

N°Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**La sécurité alimentaire en Algérie : Perspectives
d'amélioration des céréales par voie biotechnologique**

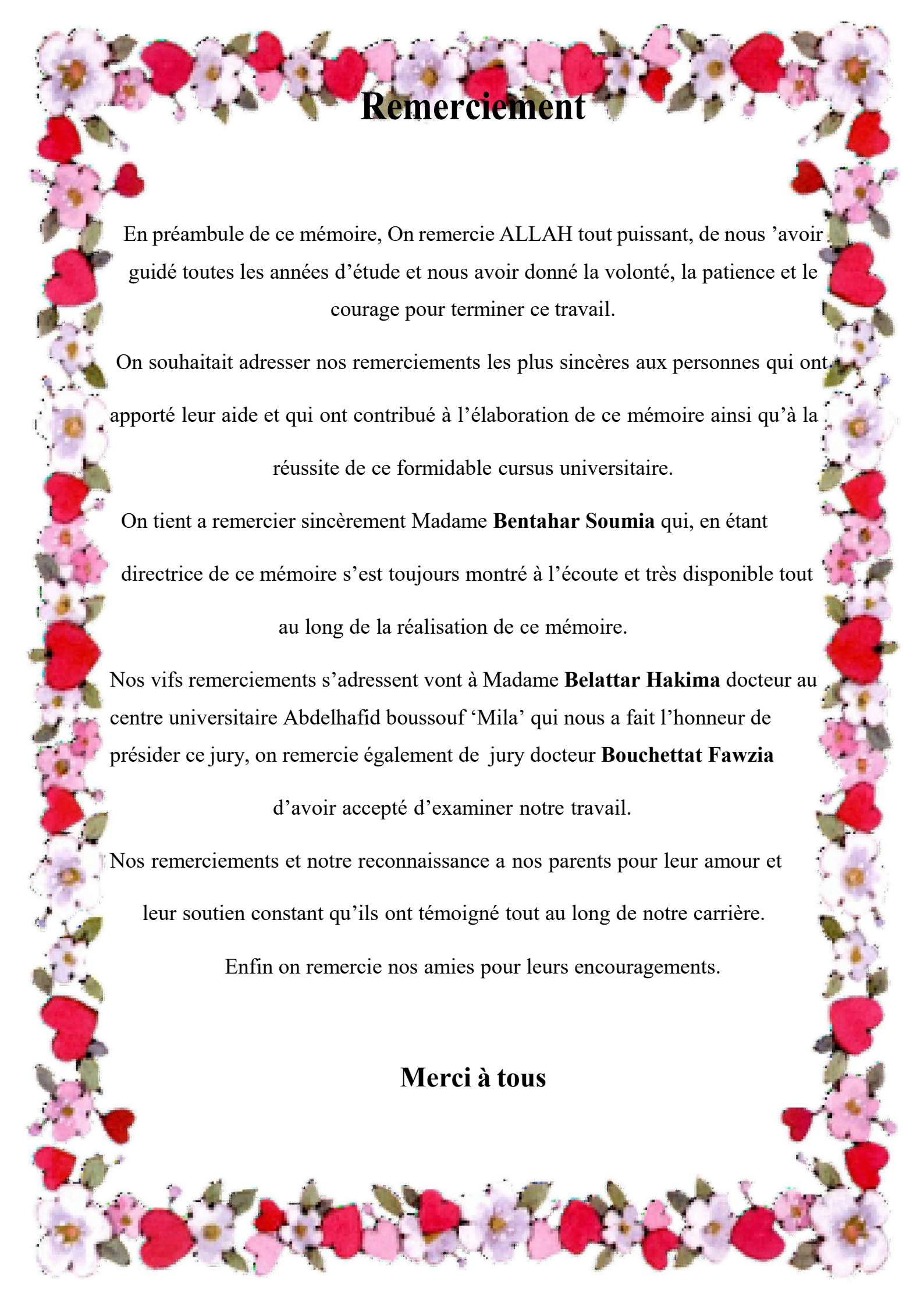
Présenté par :

- HOUFANI Nesrine
- LARGUET Rania
- SAHNOUN Chadiya

Devant le jury:

Président : Dr. BELATTAR Hakima
Examinatrice : Dr. BOUCHETTAT Fawzia
Promotrice : Dr. BENTAHAR Soumia

Année Universitaire : 2020/2021



Remerciement

En préambule de ce mémoire, On remercie ALLAH tout puissant, de nous 'avoir guidé toutes les années d'étude et nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

On souhaitait adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce formidable cursus universitaire.

On tient a remercier sincèrement Madame **Bentahar Soumia** qui, en étant directrice de ce mémoire s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos vifs remerciements s'adressent vont à Madame **Belattar Hakima** docteur au centre universitaire Abdelhafid boussouf 'Mila' qui nous a fait l'honneur de présider ce jury, on remercie également de jury docteur **Bouchettat Fawzia** d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements et notre reconnaissance a nos parents pour leur amour et leur soutien constant qu'ils ont témoigné tout au long de notre carrière.

Enfin on remercie nos amies pour leurs encouragements.

Merci à tous

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Maman Rbiha, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

J'offre mes plus sincères condoléances à **Papa Mokhtar décédé**.

A ma chère sœur : **Imene** pour leur encouragements permanent, et leur soutien moral.

A mon frère **Mouad** qu'était toujours pour moi et toujours me guider.

A mon petit frère **Ibrahime** gâté avec un beau rire.

A mon future marié **Fares** que m'a toujours encouragé et me soutenu.

Mon grand-père, ma grande mère maternelle adorée, pour tout l'amour et l'affection dont vous m'avez toujours entouré.

Mes oncles maternelles **AbdElmalak**, **Rachide** et **Rabah** et leurs femmes qui sont toujours près de moi, m'encouragent, me conseillent, avec tous les moyens.

Mes tantes **fatiha**, **Ahleme**, **Hanane**, **Sihame** et **Nasima** leurs maris qui ne sont pas de ce monde mais qui reste toujours dans mon cœurs.

A mon oncle **Belramoul Lazhar** et leur famille.

A mes trinômes **Ranya** et **Chadiya**.

A tout membre de ma famille et mes amis.

A mes collègues de promotion de biotechnologie végétale 2020-2021.

Nesrine

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Je dédie cet humble travail à la prunelle de mes yeux, mes parents. **Maman Sassia** tu es une Femme comme on en fait peu, tu es ma force et mon refuge. **Papa Azouz**, tu es mon héros et mon pilier.

A mes frères **TaquiElldin, Hamza, Abdelkahar et Ibrahim**.

A mes sœurs **Amina et Souhayla**.

A mon fiancé **Abdelssatar Khellaf** pour son attention et son assistance morale permanente.

A me **grand-père de ma mère** bien aimée pour ses prières son amour et son attention

A Les enfants de mes frères et mes sœurs **Ranime, Abdelghafour, HadilJoud , Abdelrahman, Abdelrahim et Abdelbasat**.

A mes amies **Amina, Kholoude, Romaysa, Yorame, Samah et Nesrine** .

A mes trinômes **Nesrine et Chadiya**.

A tout membre de ma famille et mes amis.

A mes collègues de promotion de biotechnologie végétale 2020-2021.

Rania

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

La prunelle de mes yeux, mes parents. **Maman Fatima**, tu es une Femme comme on en fait peu, tu es ma force et mon refuge. **Papa Omar**, tu es mon héros et mon pilier.

A mes frères **Karim** et **Aokba** et leurs femmes **Soulaf** et **Souade**.

A mes sœurs **Wafaet Nouzha** et leurs maris **Rabeh** et **Nasser**.

Un salut spécial à ma petite sœur fugueuse et coquine **Chaima**.

A Les enfants de mes frères et mes sœurs **Abderahmane**, **Raid**, **Adem**, **Israa**, **Ishak**, et **Beylassene**.

A mon oncle parentèle, sa femme et ses enfants.

Mes tantes parentèle, leurs maris et leurs enfants. Sur toute ma grand-tante **Zhiraqui** est toujours fier de moi.

Mes oncles maternels, leurs femmes et leurs enfants.

Mes tantes maternelles **Zahra** et **Akila**.

Mon grand-père maternel **Ibrahime** et **Massaoda**.

Mon grand-père parentèle, que Dieu leur fasse miséricorde.

A mes amies **Djanet**, **Besma**, **Nesrine**, **Dounia** et **Imane**.

A mes trinômes **Nesrine** et **Ranya**.

A mes collègues de promotion de biotechnologie végétale.

Chadya

Résumé

L'agriculture est un secteur de production important pour l'économie. Sa participation au développement est majeure, car en plus d'assurer la sécurité alimentaire elle crée des revenus et des emplois de travail. Elle participe également à l'équilibre de la balance commerciale.

La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, en tout temps, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active

La biotechnologie est une science multidisciplinaire qui associe les potentialités d'une entité vivante ou une partie de cette entité à différentes techniques et procédés dans un but économique.

Actuellement la biotechnologie est considérée parmi les technologies les plus émergentes, en raison des grands progrès de la biologie moléculaire ces dernières années.

Ce travail est un recueil bibliographique sur la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale et en Algérie en mettant l'accent sur les méthodes d'amélioration de la culture céréalière (classiques et modernes) notamment les nouvelles techniques de biotechnologie végétale utilisées pour contribuer au développement d'une production durable et d'une consommation responsable.

Mots clés : sécurité alimentaire, biotechnologie, culture céréalière, méthodes d'amélioration

Abstract

Agriculture is an important production sector for the economy, it participate in the economy development, food security ensuring and the equilibrium of the trade balance.

Food security exists when all human beings have, at all times, physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their energy needs and food preferences to lead a healthy and active life.

Biotechnology is a multidisciplinary science which combines the potentialities of a living entity or part of this entity with different techniques and processes for economic purposes. Currently biotechnology is considered among the most emerging technologies, due to the great advances in molecular biology in recent years.

This work is a bibliographic synthesis on food security on a global scale and in Algeria with an emphasis on methods of improving cereal cultivation (classic and modern), in particular the new techniques of plant biotechnology used to contribute to the development of sustainable production and responsible consumption.

Keywords: food security, biotechnology, cereal cultivation, improving cereal methods.

الملخص

الزراعة قطاع إنتاجي مهم للاقتصاد ومشاركتها في التنمية كبيرة ، لأنها بالإضافة إلى ضمان الأمن الغذائي فإنها تخلق الدخل والوظائف العاملة. كما أنها تشارك في توازن الميزان التجاري

يتحقق الأمن الغذائي عندما يكون لدى جميع البشر ، في جميع الأوقات ، إمكانية الحصول المادي والاقتصادي على أغذية كافية وصحية ومغذية لتلبية احتياجاتهم من الطاقة وتفضيلاتهم الغذائية ليعيشوا حياة صحية ونشيطة

التكنولوجيا الحيوية هي علم متعدد التخصصات يجمع بين إمكانيات كيان حي أو جزء من هذا الكيان مع تقنيات وعملیات مختلفة للأغراض الاقتصادية

تعتبر التكنولوجيا الحيوية حاليًا من بين أكثر التقنيات الناشئة ، نظرًا للتقدم الكبير في علم الأحياء الجزيئي في السنوات الأخيرة هذا العمل عبارة عن مجموعة بيبليوغرافية عن الأمن الغذائي على نطاق عالمي وفي الجزائر مع التركيز على طرق تحسين زراعة الحبوب (الكلاسيكية والحديثة) ، ولا سيما التقنيات الجديدة للتكنولوجيا الحيوية النباتية المستخدمة للمساهمة في التنمية. الإنتاج المستدام والاستهلاك المسؤول .

الكلمات المفتاحية: الأمن الغذائي ، التكنولوجيا الحيوية ، زراعة الحبوب ، طرق التربية

Table des matières

Résumé	
Abstract	
الملخص	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	

Chapitre I: La sécurité alimentaire: Etat de l'art et définition des concepts.

I.	Définitions.....	4
II.	Les dimensions de la sécurité alimentaire	4
III.	L'insécurité alimentaire.....	5
	Durée et sévérité de l'insécurité alimentaire	5
	La sévérité de l'insécurité alimentaire.....	7
	La vulnérabilité.....	8
	La faim, la malnutrition et la pauvreté	8
	Limites et biais des stratégies de lutte contre l'insécurité alimentaire	10
	La part idéologique et politique des stratégies d'intervention.....	10
	Le marché de la pauvreté alimentaire.....	11
	L'aide alimentaire à des fins électorales	11
IV.	La situation de sécurité alimentaire.....	12
	La situation de sécurité alimentaire dans le monde.....	12
	La situation de la sécurité alimentaire en Algérie	13
V.	Une stratégie pour assurer la sécurité alimentaire en Algérie	14

Chapitre II: Définition, concepts et histoire de la biotechnologie.

I.	Définitions de biotechnologie	17
----	-------------------------------------	----

II. L'évolution de la biotechnologie.....	17
Ancienne biotechnologie (avant 1800).....	17
Biotechnologie classique	18
Biotechnologie moderne	20
III. Les types de biotechnologie	21
La biotechnologie blanche.....	21
La biotechnologie bleue.....	22
La biotechnologie jaune.....	23
La biotechnologie rouge	23
La biotechnologie verte	24
IV. Les applications de la biotechnologie	26

Chapitre III: Amélioration des céréales: Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

I. Généralité sur les céréales.....	29
Définition	29
Origine et historique de la céréaliculture	30
Les types des céréales.....	30
Le blé	30
Le maïs	32
Le riz.....	33
L'orge	33
Le sorgho	34
Le seigle.....	35
Le millet.....	35
Composition des grains de céréales.....	36
Situation de la céréaliculture	37
Dans le monde	37
La situation de la céréaliculture en Algérie	38
Importance des céréales	40

II. Amélioration des céréales.....	41
Définition	41
Historique.....	42
Objectifs de l'amélioration des plantes.	44
Les méthodes d'amélioration des plantes	45
Les méthodes classiques.....	45
Domestication.....	45
Sélection classique.....	46
Hybridation des plantes.	50
Les méthodes modernes	51
L'amélioration génétique des plantes	51
Les types de l'amélioration génétique	51

Chapitre IV: Situation de la sécurité alimentaire pendant la pandémie de la COVID-19.

I. Généralité sur la COVID-19	66
II. Comment la COVID-19 touche la sécurité alimentaire et la nutrition	66
III. La situation de la sécurité alimentaire pendant le covid -19	68
Dans le monde	68
Dans Algérie	71
IV. Les dynamiques provoquées par la pandémie ont des répercussions sur la sécurité alimentaire et la nutrition	73
V. L'impact de la covid-19 sur les systèmes alimentaires au fil du temps.....	74
VI. La production agricole : étape de la chaîne d'approvisionnement la production mondiale des produits agricoles de base devrait rester stable	75
VII. La composition des importations des produits alimentaires	76
VIII. COVID-19 et évolution de l'indice des prix de la FAO dans le monde	77
IX. Demande, augmentation des prix et insécurité alimentaire.....	78
Conclusion.....	82
Références bibliographiques	84

Liste des tableaux

Tableau I : Comparaison entre les types l'insécurité alimentaire	6
Tableau II : Les applications de biotechnologie	27
Tableau III : Composition biochimique des grains de céréale.	37
Tableau IV : Techniques de culture in vitro et leurs principales applications	52
Tableau V : Comparaisons entre les marqueurs RFLP, AFLP et SSR	59
Tableau VI : Exemples de gènes majeurs de résistance aux maladies et aux insectes cartographiés au cours des cinq dernières années, au moyen des marqueurs moléculaires chez le blé tendre.	62
Tableau VII : L'impact de la COVID-19 sur les systèmes alimentaires au fil du temps.	74

Liste des figures

Figure 1 : Les quatre composantes de la sécurité alimentaire.....	5
Figure 2 : Les types de l'insécurité alimentaire.	6
Figure 3 : Cercle vicieux insécurité alimentaire et pauvreté.....	10
Figure 4 : Graphique : Indice des prix alimentaires de la Banque mondiale	13
Figure 5 : L'échelle de temps d'évolution de biotechnologie	21
Figure 6 : Les secteurs de biotechnologie.	21
Figure 7 : La biotechnologie blanche.....	22
Figure 8 : La biotechnologie bleue	22
Figure 9 : La biotechnologie jaune	23
Figure 10 : La biotechnologie rouge.	23
Figure 11 : La biotechnologie verte	24
Figure 12 : La taxonomie des céréales.....	29
Figure 13 : Le blé tendre	31
Figure 14 : Le blé dur.....	32
Figure 15 : Le maïs	32
Figure 16 : Le riz.....	33
Figure 17 : L'orge	34
Figure 18 : Le sorgho	35
Figure 19 : Le seigle.....	35
Figure 20 : Le millet.....	36
Figure 21 : L'évolution de la production mondiale des principales céréales	38
Figure 22 : L'évolutions de la production des céréales en Algérie	40
Figure 23 : L'échèle de temps de l'origine de l'amélioration des plantes.....	44
Figure 24 : Les étapes de domestication	46
Figure 25 : La sélection massale	47

Figure 26 : La sélection par méthode de Bulk.....	48
Figure 27 : Rétrocroisement ou back cross dans d'un gène de résistance dominant.....	49
Figure 28 : L'hybridation.....	50
Figure 29 : Les différentes stratégies de transgénèse	53
Figure 30 : Une technique d'obtention du maïs Bt	54
Figure 31 : La méthode de Maxam et Gilbert	57
Figure 32 : La méthode de Sanger et Nicklen	58
Figure 33 : Impact de la crise COVID-19 sur la sécurité alimentaire	67
Figure 34 : Implications pour les six dimensions de la sécurité alimentaire	68
Figure 35 : Une triple menace en Afrique de l'Est : COVID-19, criquets et fortes pluies	69
Figure 36 : Les dynamiques de la covid-19 qui menacent la sécurité alimentaire et la nutrition.	73
Figure 37 : La production agricole mondiale	75
Figure 38 : La structure des importations des produits alimentaires.....	76
Figure 39 : L'évolution de l'indice des prix de la FAO	77
Figure 40 : L'évolution des indices des prix de la FAO des principaux produits alimentaires	78
Figure 41 : Répartition par pays des variations en pourcentage des prix à la consommation sur trois mois (du 14 février au 18 mai 2020 pour des produits donnés)	81

Liste des abréviations

Abréviation	Explication
ADN	Acide Désoxyribo Nucléique
AFLP	Polymorphisme de longueur des fragments amplifiés
ARNm	Acide Ribonucléique
Bt	Bacillus thuringiensis
CEE	Central and Eastern Europe
CIC	Conseil International des Céréales
CNV	Variabilité du nombre de copies
D-ATP	Deoxy Adénosine Triphosphate
D- CTP	Deoxy Cytidine Triphosphate
D-GTP	Deoxy Guanosine Triphosphate
D-TTP	Deoxy Thymidine Triphosphate
EST	Marqueur de Séquence Exprimé
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
FFPI	Fédération Français des Pétroliers Indépendants
FMI	Fonds Monétaire International
IPC	Indice Des Prix à la Consommation
NGS	Next Generation Sequencing
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
OGM	Organisme Génétiquement Modifié
ONU	Organisation des Nations Unies
PAM	Programme Alimentaire Mondiale
PME	Petites et Moyennes Entreprises
QTL	Quantitative Trait Locus
RAPD	Amplification Aléatoire d'ADN Polymorphe
RFLP	Polymorphisme de Longueur de Fragments de Restriction
SAM	Sélection Assistée par Marqueurs
SAU	Surface Agricole Utile

Liste des abréviations

SNP	Polymorphisme Nucléotidique
SSCP	Polymorphisme de Conformation des Simples Brins
SSD	Single Seed Décent
SSLP	Simple Séquence Length Polymorphisme
SSR	Simple Séquence Repeat ou Polymorphisme de Microsatellite
Vir	Virulence
VNTR	Séquence répétée

Introduction



Introduction

Contribuer à la sécurité alimentaire du pays, c'est valoriser toutes ses ressources à des fins d'utilisation rationnelle, directe et indirecte, pour couvrir au maximum les besoins alimentaires d'une population sans cesse croissante. **(Nedjraoui et al ., 2008 ; Aidoud ,1991).**

La réalisation de la sécurité alimentaire dans sa totalité (disponibilité alimentaire, accès économique et physique à la nourriture, l'utilisation des aliments et la stabilité au fil du temps) continue d'être un défi non seulement pour les pays en développement, mais aussi pour le monde développé. La différence réside dans l'ampleur du problème en termes de gravité et de proportion de la population touchée. **(Daba Bengaly ., 2017).**

Pour garantir la sécurité alimentaire de la Nation, l'Algérie bénéficie d'atouts qui peuvent être exploitées à cette fin. Mais, la concrétisation d'un tel objectif pour l'Algérie se heurte également à l'existence de quatre contraintes majeures avec lesquelles il faudra composer. **(Kaced et Ibzain ., 2018).**

La capacité de la biotechnologie à éliminer la malnutrition et la faim dans les pays en développement grâce à la production de cultures résistantes aux ravageurs et aux maladies, Ayant plus longtemps durées de conservation, des textures et des arômes raffinés, des rendements plus élevés par unité de terres et de temps, tolérantes aux conditions météorologiques et au sol, etc., a été examiné par plusieurs auteurs. Si la biotechnologie en soi n'est pas une panacée pour les problèmes de la faim et de la pauvreté dans le monde, elle offre des potentiels exceptionnels pour accroître l'efficacité de l'amélioration des cultures, afin d'améliorer la production et la disponibilité alimentaires mondiales de manière durable. Une idée fausse très répandue étant la pensée que la biotechnologie est relativement nouvelle et ne comprend que l'ADN et le génie génétique. La biotechnologie agricole est donc particulièrement controversée dans le monde entier et en Algérie, et le débat public comporte des vues et des opinions polarisées. **(Lepoivre ., 1999).**

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal. De plus la majeure partie de l'alimentation est fournie par les aliments en grain, dont 96% sont produit par les cultures céréalières tels que le blé, l'orge, le seigle, le riz, le maïs et le triticales...etc. Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. **(Cherfia ., 2010).**

L'Algérie a été attirée par l'application des biotechnologies afin de moderniser les systèmes de recherche agronomique. **(Himour ., 2009).**

Les biotechnologies doivent être complémentées par les procédés d'amélioration et de physiologie classique (**Gupta et al ., 2014**). Il existe une forte connexion entre les modifications se produisant au niveau moléculaire et cellulaire et celles se produisant au niveau physiologique. Ces modifications sont régies par tout un assortiment de gènes, dont l'expression résulte en des changements dans les programmes transrationnels, conduisant à la synthèse de nouvelles protéines, incluant les déhydrines. (**Bhargava et Sawant ., 2013**).

L'objectif d'amélioration fixé est une combinaison entre le potentiel de production, d'adaptation aux différentes zones agro-écologiques et de tolérance aux principales maladies. (**Cherfia ., 2010**).

La pandémie de COVID-19 qui s'est propagée rapidement et à grande échelle à travers le monde depuis la fin 2019 a eu de profondes répercussions sur la sécurité alimentaire et la nutrition. La crise actuelle a perturbé les systèmes alimentaires¹ et menacé l'accès des populations à la nourriture en raison de multiples dynamiques. (**FAO., 2020**).

Le mémoire est structuré en quatre grands chapitres.

Le chapitre1 : consiste en une synthèse bibliographique se focalisant sur la sécurité alimentaire.

Le chapitre 2 : Ce chapitre a été consacré à une étude approfondie sur les biotechnologies qui représentent une composante potentiellement importante de croissance pour l'agriculture, l'industrie mais aussi elle est considérée comme un outil pour améliorer la sécurité alimentaire.

Le chapitre 3 : cette partie a fait l'objet d'une synthèse bibliographique sur les céréales et leur amélioration par voie biotechnologique.

Le chapitre 4 : ce chapitre riche a mis l'accent sur la situation actuelle de la pandémie de la Covid 19 et ses conséquences sur la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale en se focalisant sur la situation en Algérie.

L'objectif de ce travail est de répondre aux questions suivantes :

- **La biotechnologie peut-elle assurer la sécurité alimentaire à l'avenir ?**
- **Comment prévenir les risques et réduire la vulnérabilité alimentaire ?**
- **Comment faire face à la pandémie de la COVID-19 la sécurité alimentaire enternes de la culture céréalière ?**

CHAPITRE I:

La sécurité alimentaire:

État de l'art et définition des concepts.



I. Définitions

Le concept de la sécurité alimentaire à évoluer à travers le temps, en fonction du développement scientifique et en parallèle à l'évolution de la pensée politique.

- **Selon le ONU 1975** : Capacité de tout temps d'approvisionner le monde en produits de base, pour soutenir une croissance de la consommation alimentaire, tout en maîtrisant les fluctuations et les prix. (Paturel ., 2017).
- **Selon la FAO 1983** : La sécurité alimentaire consiste à assurer à toute personne et à tout moment un accès physique et économique aux denrées alimentaires dont elle a besoin.

Les études entamées par la FAO se sont basées sur l'équilibre entre la demande de la nourriture et l'offre.

- **Selon la Banque mondiale 1986** : La révision de la définition a pu rajouter le concept de la sécurité alimentaire au niveau individuel. Le rapport publié par la banque mondiale après de longues études a permis l'apparition de la notion de l'insécurité alimentaire et la distinction entre insécurité alimentaire chronique et transitoire. Cette nouvelle définition a été complétée par la notion de la famine.

II. Les dimensions de la sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active.

Il existe quatre composantes de la sécurité alimentaire sont :

- 1. Disponibilité physique des aliments** : d'aliments en quantité suffisante et d'une qualité appropriée, dont l'approvisionnement est assuré par la production nationale ou les importations (y compris l'aide alimentaire)
- 2. Accès économique et physique des aliments** : de tous à des ressources adéquates (droits) leur permettant d'acquérir une nourriture adéquate et nutritive.
- 3. Utilisation des aliments** : de la nourriture dans le cadre d'une diète adéquate, d'eau potable, d'assainissement et des soins de santé de façon à obtenir un état de bien-être nutritionnel qui permette de satisfaire tous les besoins physiologiques.(IPC ., 2017).
- 4. La stabilité des trois autres dimensions le temps** : Même si votre apport alimentaire est adéquat aujourd'hui, vous êtes toujours considéré à risque de souffrir d'insécurité

alimentaire si sur une base régulière, vous avez un accès inadéquat aux aliments, et vous risquez une détérioration de votre état nutritionnel. Les conditions climatiques défavorables (sécheresses, inondations), l'instabilité politique (troubles sociaux), ou les facteurs économiques (chômage, augmentation du prix des aliments) pourraient avoir un impact sur votre état de sécurité alimentaire. (FAO.CSAO/OCDE., 2008).

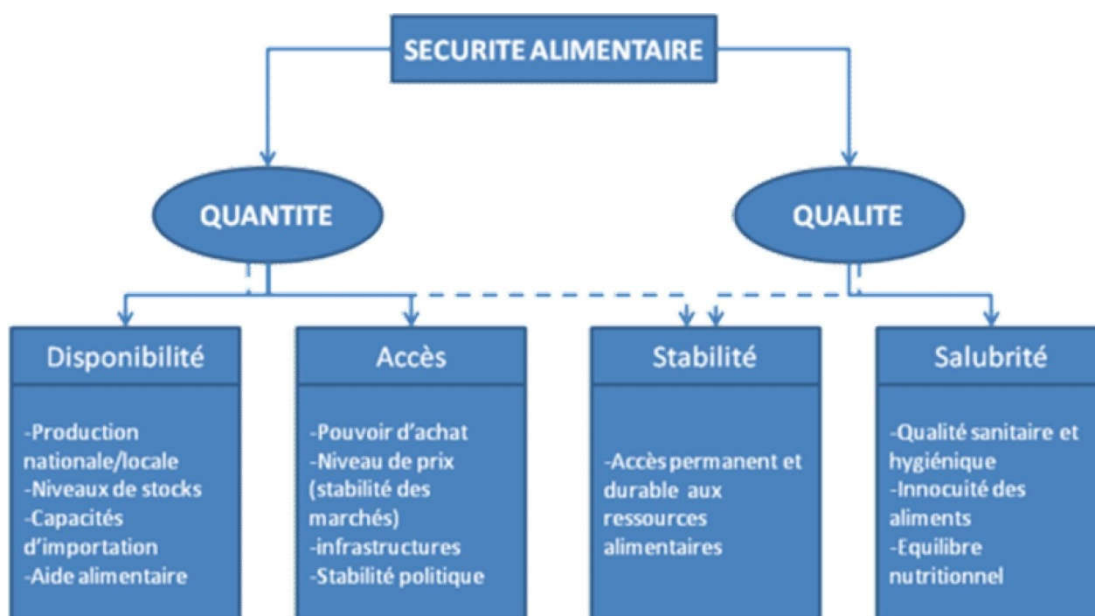


Figure 1 : Les quatre composantes de la sécurité alimentaire. (Paul-florent ., 2005).

III. L'insécurité alimentaire

La résolution du problème de l'insécurité alimentaire a constitué pour tous les pays, sans exception, une composante principale des politiques de développement. Les politiques agricoles et agroalimentaires suivies avaient pour objectif d'assurer un volume suffisant d'aliments pour la population et des approvisionnements stables sur les marchés nationaux, tout en garantissant des prix accessibles pour la masse populaire la plus vulnérable (surtout dans les centres urbains). Ces politiques ont été accompagnés par plusieurs mesures étatiques d'incitation et de soutien des productions locales de denrées de première nécessité (subventions aux intrants, garantie des prix et des débouchés) et par une gestion directe de l'approvisionnement des marchés d'importation des produits de base, notamment pour les céréales. (Kaced et Ibzain ., 2017).

Durée et sévérité de l'insécurité alimentaire

Les analystes de la sécurité alimentaire ont trouvé qu'il était utile de définir en général deux types d'insécurité alimentaire : l'insécurité alimentaire chronique et l'insécurité alimentaire transitoire.

Chapitre I : La sécurité alimentaire: État de l'art et définition des concepts.

Ce schéma représente la définition de chaque type et le tableau représente une comparaison entre les types l'insécurité alimentaire.

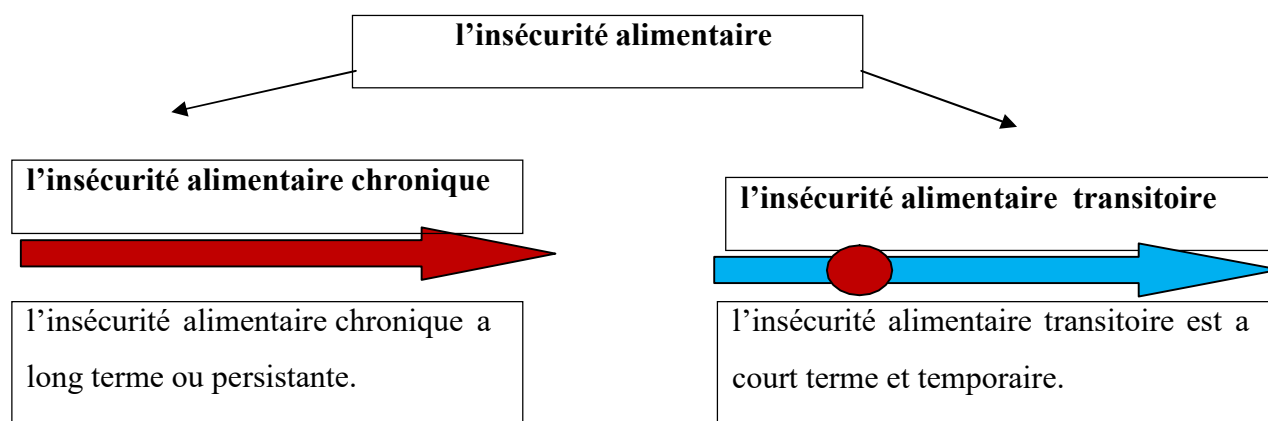


Figure 2 : Les types de l'insécurité alimentaire.

Tableau I : Comparaison entre les types l'insécurité alimentaire. (FAO ., 2008).

	l'insécurité alimentaire chronique	l'insécurité alimentaire transitoire
a lieu quand...	les personnes ne sont pas capables de satisfaire leurs besoins nutritionnels sur une longue période de temps.	il y a une diminution soudaine de la capacité de produire des aliments ou d'avoir accès à suffisamment d'aliments pour maintenir un bon état nutritionnel.
résulte de...	périodes prolongées de pauvreté, d'absence de biens, et d'accès inadéquat aux ressources productives ou financières.	chocs et des fluctuations à court terme dans la disponibilité et l'accès aux aliments, et qui comprennent les variations annuelles des productions alimentaires internes, du prix des aliments et dure venu des ménages.
peut être surmontée...	grâce à des mesures typiques de développement à long	Cette imprévisibilité rend la planification et la

	terme, qui sont aussi utilisées pour traiter des problèmes de pauvreté, tel que l'éducation ou l'accès aux ressources productives comme le crédit. Les populations qui souffrent d'insécurité alimentaire chronique pourraient avoir besoin d'un accès plus direct aux aliments pour leur permettre d'augmenter leur capacité de production.	programmation plus difficiles et nécessite différentes aptitudes et types d'interventions, y compris les capacités d'alerte précoce et les programmes de filets de protection
--	--	---

La sévérité de l'insécurité alimentaire

Selon **FAO., 2008**. Dans l'analyse de l'insécurité alimentaire, il n'est pas suffisant de connaître la durée du problème auquel les populations font face. Il faut aussi connaître l'intensité et la sévérité de l'impact des problèmes identifiés sur la sécurité alimentaire et sur l'état nutritionnel global. Ces connaissances influenceront la nature, l'étendue, et l'urgence de l'aide nécessaire aux populations affectées.

Différentes « échelles » ou « phases » pour « classer » et « catégoriser » la sécurité alimentaire ont été développées par des analystes en sécurité alimentaire, en utilisant une variété d'indicateurs et de seuils ou « points de référence ».

Lorsque nous parlons de personnes qui sont vulnérables ce sont des personnes qui sont capables de maintenir un niveau acceptable de sécurité alimentaire dans le présent, mais qui pourraient être à risque de souffrir d'insécurité alimentaire dans le futur. La vulnérabilité comprend trois dimensions critiques suivantes:

- la vulnérabilité par rapport à un résultat.
- à partir d'une variété de facteurs de risque.
- à cause d'une incapacité à gérer ces risques.

Effectivement, une personne peut être vulnérable à la faim, même si elle n'est pas réellement affamée à un moment déterminé. L'analyse de la vulnérabilité suggère donc deux options d'interventions :

- diminuer le niveau d'exposition au danger.
- augmenter les capacités des populations de faire face au problème.

En prenant en considération la vulnérabilité, les programmes et les politiques de sécurité alimentaire ne couvrent plus uniquement les contraintes liées à la consommation alimentaire mais considèrent aussi les actions nécessaires pour limiter les menaces futures à la sécurité alimentaire.

La vulnérabilité

Lorsque nous parlons de personnes qui sont vulnérables ce sont des personnes qui sont capables de maintenir un niveau acceptable de sécurité alimentaire dans le présent, mais qui pourraient être à risque de souffrir d'insécurité alimentaire dans le futur. La vulnérabilité comprend trois dimensions critiques suivantes:

- la vulnérabilité par rapport à un résultat.
- à partir d'une variété de facteurs de risque.
- à cause d'une incapacité à gérer ces risques.

Effectivement, une personne peut être vulnérable à la faim, même si elle n'est pas réellement affamée à un moment déterminé. L'analyse de la vulnérabilité -suggère donc deux options d'interventions :

- diminuer le niveau d'exposition au danger; ou
- augmenter les capacités des populations de faire face au problème. (FAO., 2008).

La faim, la malnutrition et la pauvreté

Il est important de comprendre comment ces concepts sont liés à l'insécurité alimentaire.

La faim peut être décrite comme une sensation douloureuse causée par une consommation insuffisante d'énergie alimentaire, en d'autres termes, la faim est une privation alimentaire.

Tout individu qui a faim souffre d'insécurité alimentaire, mais pas tous les individus qui souffrent d'insécurité alimentaire ont faim, car il existe d'autres causes d'insécurité alimentaire, dont celles liées à une consommation inadéquate de micronutriments.

Chapitre I : La sécurité alimentaire: État de l'art et définition des concepts.

La malnutrition est le résultat de carences, d'excès, ou de déséquilibres d'énergie, de protéines et d'autres, nutriments. La malnutrition pourrait être le résultat de l'insécurité alimentaire, ou bien, elle pourrait être liée à des facteurs non alimentaires, tel que:

- les pratiques inadéquates de soins aux enfants.
- l'insuffisance des services sanitaires.
- un environnement malsain.

Alors que la pauvreté est sans aucun doute l'une des causes de la faim, l'absence d'un bon état nutritionnel est en soi l'une des causes sous-jacentes de la pauvreté.

Une des définitions de la pauvreté couramment utilisée est la suivante :

« La pauvreté comprend différentes dimensions liées à l'incapacité de satisfaire des besoins humains tels que consommer et assurer sa sécurité alimentaire, être en bonne santé, pouvoir apprendre, pouvoir faire valoir ses droits et entendre sa voix, vivre en sécurité et dans la dignité, et exercer un travail décent. La pauvreté doit également être combattue en vertu de considérations liées à la protection de l'environnement et à l'instauration d'un développement durable ».

Il est donc préférable d'intégrer les stratégies de lutte contre la pauvreté aux politiques de sécurité alimentaire, afin de réduire la pauvreté et la faim qui sont étroitement liées. La croissance économique à elle seule ne peut donc pas résoudre le problème de sécurité alimentaire.

La sécurité alimentaire ne peut être atteinte qu'à travers la combinaison de nombreux facteurs tels que :

- l'augmentation du revenu; appuyée par
- des interventions directes en nutrition; et
- des investissements en santé, en eau et en éducation. **(FAO., 2008).**

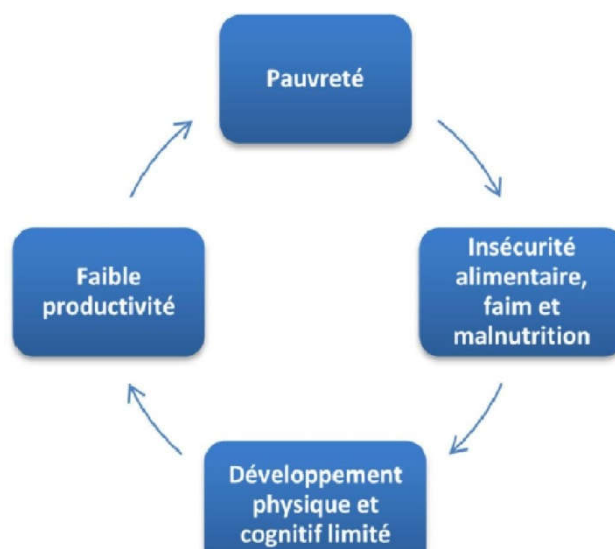


Figure 3 : Cercle vicieux insécurité alimentaire et pauvreté. (FAO., 2008).

Limites et biais des stratégies de lutte contre l'insécurité alimentaire

Les stratégies de lutte contre l'insécurité alimentaire évoluent peu et lentement, même si l'appareillage technique qu'elles mobilisent est de plus en plus diversifié et sophistiqué.

La part idéologique et politique des stratégies d'intervention

De façon générale, il est possible de distinguer les actions anticipatrices (éducation nutritionnelle, activités génératrices de revenu...), préventives (banque de céréales, contrôle des prix, agriculture irriguée...) et curatives (aide alimentaire, ventes subventionnées, compléments nutritionnels). Faute de moyens suffisants, ces actions sont imperméables les unes les autres, limitées dans le temps et circonscrites dans l'espace.

Selon les pays et les époques et les priorités changeantes des agences et des gouvernants, des actions prioritaires redondantes, aux finalités normatives et ambiguës à la fois, sont établies en direction de groupes-cibles déterminés. Elles partent souvent du présupposé que les individus concernés sont faute de moyens économiques et de connaissances suffisantes dans l'incapacité de « bien se nourrir ». Ces actions proposent ainsi d'agir auprès de diverses catégories de personnes vulnérables : femmes seules, mères d'enfant de moins de deux ans, veuves, migrants récents, malades, vieillards, paysans sans terre. Ces catégories sociales sont considérées comme les seules responsables de l'alimentation, de la santé et du bien-être des enfants et des familles.

Quel que soit le type de stratégie adoptée, les interventions méconnaissent généralement le fonctionnement des sociétés locales, leurs modèles alimentaires, les « besoins réels » des groupes sociaux et des individus dont elles souhaitent pourtant améliorer le sort. Les institutions et les

acteurs, engagés dans la lutte contre l'insécurité alimentaire, possèdent leur lot d'idées reçues par rapport à la capacité d'action des groupes-cibles. En plus de diagnostics incomplets, les « opérationnels de la faim » admettent qu'ils se heurtent à une série de facteurs, peu quantifiables et hiérarchisables, les quels renverraient plus ou moins explicitement à l'ignorance. **(Janin et Suremain ., 2012).**

Le marché de la pauvreté alimentaire

Les groupes agroalimentaires qui dominent le marché mondial de certains aliments vitaux et stratégiques (eaux, lait, farine...) ont à la fois l'ambition de « faire mieux manger les pauvres pour moins cher » et de leur vendre d'avantage de « bons produits ». Pour ce faire, ils raisonnent en termes de « niveau de pouvoir d'achat » et de « niches de marché ». De fait, si les produits dorénavant commercialisés sont moins sucrés, moins gras et moins onéreux, ils auraient les mêmes qualités nutritionnelles (apport protéinique et calorique) pour compléter une alimentation qualitativement et quantitativement déficiente.

Au-delà des présupposés idéologiques et éthiques sur les régimes alimentaires des pauvres, cette stratégie marketing méconnaît la plupart du temps les modèles alimentaires locaux, d'où de nombreux malentendus. Au Mexique ou en Asie, par exemple, la multiplicité des prises alimentaires et le grignotage au cours de la journée sont vécus comme une norme sociale, y compris chez les plus pauvres, pour parvenir à la sensation de satiété. Autre malentendu, baisser les prix d'un produit laitier, par exemple, n'implique pas nécessairement une hausse de sa consommation. Bien au contraire, un produit au prix peu élevé en devient parfois « suspect », celui-ci étant considéré comme un « sous-produit ».

L'aide alimentaire à des fins électorales

L'idée politique sous-jacente est que les indigents, une fois rassasiés, puissent participer pleinement au marché du travail et à la vie économique de leur pays. Indispensables dans certaines régions touchées par des famines récurrentes (Nord-Est du Brésil, Est du Guatemala), les distributions permettent d'améliorer le sort quotidien de milliers d'individus, au moins tant que ces mécanismes fonctionnent. Au demeurant, les évaluations ne montrent pas si l'argent octroyé est véritablement utilisé, par les bénéficiaires, pour diversifier et améliorer leur régime alimentaire. **(Whiteford et Ferguson., 1991).**

IV. La situation de sécurité alimentaire

La situation de sécurité alimentaire dans le monde

Une grave crise alimentaire mondiale sévit depuis 2007 à cause de la flambée des prix des denrées alimentaires : le prix du riz, du blé, du maïs...a doublé ces dernières années.

Les pays en voie de développement rencontrent de graves difficultés¹⁶. Le FMI et la banque mondiale considère que 33 pays sont menacés de crise alimentaire.

Beaucoup de facteurs sont regroupés pour engendrer cette crise alimentaire :

- La crise financière mondiale : contribue à la hausse des prix des denrées alimentaires, alors qu'ils étaient stables depuis 2000.
- La démographie : en augmentation continue donne de plus en plus de bouches à nourrir, selon les statistiques elles seront 9 milliards en 2050.
- La désertification des sols et leurs appauvrissements à cause de pratiques agricoles intensives et du réchauffement climatique.
- Les subventions agricoles octroyées aux agriculteurs des pays riches desservent les agriculteurs des pays pauvres les produits subventionnés des pays riches étant inaccessibles et insurmontables pour les pays en voie de développements.
- Les biocarburants consacrant 100 millions de tonnes de denrées alimentaires de base aux pleins des automobiles, et les retirent du marché alimentaire mondiale.

Les solutions pour résoudre cette crise alimentaire existent, mais une forte volonté politique et économique est nécessaire, et de changement de pratiques agricoles sont indispensables, ce qui semble très loin de la réalité aujourd'hui.

Malgré les efforts de la FAO pour trouver une issue à cette crise, les différents pays sont très frileux sur la mise en œuvre des actions qui mettraient un terme, et de façon durable, à cette crise.

Le programme alimentaire mondial (PAM) a demandé des dons à hauteur de 755 millions de dollars pour faire face à la crise, qui permettraient d'assurer seulement 60 % des besoins.

La FAO nécessite 1.7 milliards de dollars pour aider les agriculteurs qui ne réussissent pas à produire suffisamment.

La relance des cultures vivrières et locales, l'augmentation des productions avec des méthodes durables et modernes, l'arrêt des subventions agricoles pour les pays développés, les désengagements des produits alimentaires de base de la spéculation boursière, la limitation de

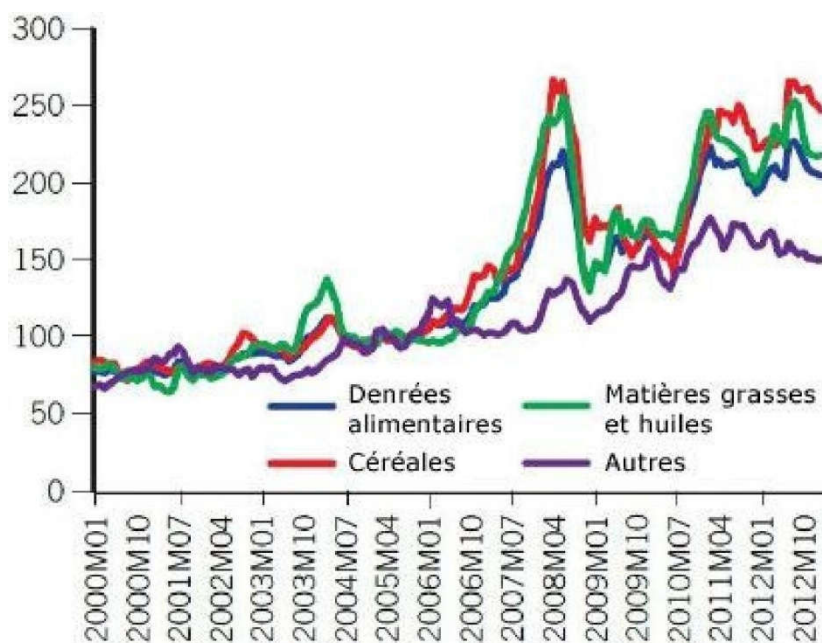


Figure 4 : Graphique : Indice des prix alimentaires de la Banque mondiale. (Banque mondiale, 2012).

La situation de la sécurité alimentaire en Algérie

Au cours de la décennie 1990, suite à l'application du programme d'ajustement structurel, les ménages ont sévèrement ressenti le choc de l'augmentation des prix. La réduction du pouvoir d'achat, inhérente à la crise, s'est traduite par des modifications du comportement des ménages en matière de consommation selon une enquête réalisée en 1998, pourtant sur un échantillon de 2000 ménages, 56 % des ménages auraient, depuis 1993, restreint voire abandonné la consommation de certains produits alimentaires tels que la viande, les fruits et l'huile.

De 1988 à 1998 les prix des produits ont été multipliés par 5 et ce, dans tous les secteurs alors que les salaires n'ont pas connu ce rythme d'augmentation. Ainsi, durant la période 1993-1996 les prix ont connu un accroissement moyen annuel de 25%, alors que les salaires dans le secteur public n'ont enregistré qu'un accroissement annuel de 19 % en moyen. De plus, l'incidence sur les prix a concerné particulièrement les produits de première nécessité durant la période 1993-1997.

Cependant, après 1998, l'inflation a chuté (5% en 1998 à moins de 1% en 2000). La part de dépenses consacrées à l'alimentation est passée de 53% des ménages en 1998 à 45% en

2000/2001), d'après les données de l'enquête sur les dépenses des ménages. (Kaced et Ibzain ., 2018).

En 2011 l'Algérie compte 5,1 % de sa population en état de sous-alimentation, que 32 % des enfants de moins de cinq ans présentent une anémie à la même date, que 15,9% de ces mêmes enfants présentent un retard de croissance, 15,7 % une carence en vitamine A alors que 17,5 % des adultes sont en surpoids. (FAO., 2012).

V. Une stratégie pour assurer la sécurité alimentaire en Algérie

La découverte de l'agriculture algérienne et de ses capacités de croissance et devenue un sujet d'une importance majeure pour les spécialistes du domaine, même s'ils savent bien que l'état actuelle de cette agriculture n'est qu'un résultat des fausses décisions prises par le gouvernement.

L'agriculture représente un secteur important pour l'économie algérienne, grâce à sa contribution à la couverture des besoins alimentaires du pays (70 % en moyenne), taux demeuré stable au cours de la période récente et qui reflète les impacts des efforts réalisés pour faire face à l'accroissement et à la diversification de la demande, qu'à celui de protection des ressources naturelles.

En termes de productivité physique, des résultats importants ont été réalisés depuis la rénovation des politiques agricoles et rurales, en termes de rattrapage des rendements relativement aux pays de la zone méditerranéenne Sud.

Les systèmes de cultures enregistrent des transformations de grande ampleur, grâce à la relance des investissements publics offrant notamment des facilités de transport et de désenclavement, et un accès considérablement accru aux ressources en eau.

L'industrie agroalimentaire, qui représente en 2012, 23555 PME, 140000 employés et 33 % de la valeur ajoutée hors hydrocarbures, a connu un très net développement et modernisation au cours de la décennie 2000. Des PME du secteur privé très dynamiques ont pu redonner sa place à ce sous- secteur, après la crise des entreprises publiques, conséquence des politiques suivies et de l'application des mesures d'ajustement structurel. De plus, un processus de ré-articulation avec l'amont agricole des filières pour leur approvisionnement en matières premières est amorcé qui va permettre de rétablir l'intégration intersectorielle

Des débats entamés autour de la sécurité alimentaire auront pu créer une bonne occasion pour la construction de l'agriculture algérienne. Malheureusement plusieurs facteurs s'opposent à la modernisation et l'activation de l'agriculture.

Chapitre I : La sécurité alimentaire: État de l'art et définition des concepts.

L'amélioration de la sécurité alimentaire en Algérie n'est que le résultat des efforts fournis par tous ceux : cadres, économistes, agriculteurs, techniciens, chercheurs... bien sur ces réflexions collectifs devraient avoir un appui qui ne peut qu'être le plan national du développement agricole et rural qui représente la volonté politique.(**Frioua ., 2013**).

CHAPITRE II:

Définition, concept et histoire de la biotechnologie



I. Définitions de biotechnologie

□ Selon des Nations Unies

La biotechnologie est définie comme : « toute application technologique utilisant des systèmes biologiques, organismes vivants, ou leurs dérivés, pour fabriquer ou modifier des produits ou des procédés spécifiques ».

La définition de biotechnologie tient compte de deux aspects distincts :

- La biotechnologie comme « l'application des acides nucléiques et des techniques in vitro, y compris l'acide désoxyribonucléique recombinant (ADN) et l'injection directe d'acides nucléiques dans les cellules ou les organelles.
- la fusion de cellules de familles taxonomiques différentes, pour surmonter les barrières physiologiques de reproduction ou recombinantes. Ces fusions sont différentes des techniques utilisées dans sélection et élevage traditionnels.

□ Selon la FAO

Cette organisation donne deux définitions complémentaires de la biotechnologie :

« L'utilisation de procédés biologiques ou d'organismes vivants pour la production de matières et de services bénéfiques à l'humanité. La biotechnologie implique l'utilisation de techniques qui augmentent la valeur économique des végétaux et des animaux et développent des microorganismes afin d'agir dans l'environnement ».

« La biotechnologie implique la manipulation, sur des bases scientifiques, d'organismes vivants, particulièrement à l'échelle génétique, afin de produire des nouveaux produits tels que les hormones, les vaccins, les anticorps monoclonaux, etc. ». (Bud., 1989).

II. L'évolution de la biotechnologie

Ancienne biotechnologie (avant 1800)

La plupart des développements dans la période ancienne, c'est-à-dire avant l'année 1800, peuvent être appelés « découvertes » ou « Développements ». Si nous étudions tous ces développements, nous pouvons conclure que toutes ces inventions étaient basées sur des observations communes de la nature, qui pourraient être testées pour l'amélioration de la vie humaine à ce moment-là. La nourriture, les vêtements et les abris sont les besoins fondamentaux les plus importants des êtres humains, que ce soit dans l'époque ancienne ou dans la période moderne. Le seul facteur qui a changé est leurs types et leurs origines. La nourriture a été un besoin fondamental depuis l'existence de l'homme ainsi que pour l'existence continue d'êtres

humains. L'homme primitif mangeait de la viande crue, chaque fois qu'il trouvait un animal mort. Cependant, pendant les conditions météorologiques difficiles, il y avait une pénurie de nourriture, par conséquent, selon le mot, « la nécessité est la mère de toutes les inventions », ce qui a conduit à la domestication des produits alimentaires, qui s'appelle « agriculture ». **Selon Bengaly ., 2017** .Dans les temps anciens, les humains ont exploré les possibilités de mettre à disposition des aliments en le cultivant près de leurs abris, de sorte que les besoins fondamentaux en nourriture puissent être facilement satisfaits. Ils ont apporté des semences de plantes (principalement des graines) et les ont semées près de leurs abris. Ils ont compris l'importance de l'eau, de la lumière et d'autres exigences pour la croissance optimale des plantes alimentaires. Des principes et des besoins semblables les ont également amenés à commencer la domestication de différents animaux sauvages, ce qui les a aidés à améliorer leurs conditions de vie et à satisfaire leur faim. Certes, on peut dire que c'était la période initiale d'évolution de l'agriculture, ce qui a conduit à d'autres besoins comme le développement de méthodes de conservation et de stockage des aliments. La levure est l'un des plus anciens microbes exploités par les humains pour leur bénéfice. La levure a été largement utilisée pour produire du pain, du vinaigre et d'autres produits de fermentation, y compris la production de boissons alcoolisées comme le whisky, le vin, la bière, etc. Le vinaigre a une importance capitale en raison de son faible pH.

Le vinaigre est capable de prévenir la croissance de certains microbes et, par conséquent, le vinaigre peut être utilisé avec succès pour la conservation des aliments. Les découvertes et les avantages de ces observations ont amené les gens à travailler sur l'amélioration du processus.

La fermentation était un outil puissant pour améliorer leurs conditions de vie, même s'ils ignoraient le principe qui l'étayait. **(Soraya ., 2020)** .

Biotechnologie classique

La deuxième phase de l'évolution et du développement de la biotechnologie peut s'appeler « Biotechnologie classique ». Cette phase existait de 1800 à presque au milieu du vingtième siècle. Au cours de cette période, diverses observations ont commencé à se répandre, avec des preuves scientifiques. Ils ont tous été très utiles pour résoudre les énigmes de la biotechnologie. Chaque contribution de différents individus a aidé à résoudre le casse-tête et à ouvrir la voie à de nouvelles découvertes. Les bases du transfert d'informations génétiques sont au cœur de la biotechnologie. Ce fut, pour la première fois, déchiffré dans les plantes, c'est-à-dire *Pisum sativum*, communément connu sous le nom de plante de pois. Ces observations ont été décodées par Gregor John Mendel (1822-1884), moine augustinien autrichien. Mendel a cette époque présenté "Les lois de l'hérédité" à la

Société des sciences naturelles à Brunn, en Autriche. Mendel a proposé que des unités internes invisibles d'information expliquent les traits observables, et que ces « facteurs » -appelés plus tard comme gènes, passent d'une génération à l'autre. Cependant, la partie triste de l'histoire est que Mendel a échoué à obtenir la reconnaissance due pour sa découverte pendant presque 34 ans après sa mort lorsque d'autres scientifiques comme Hugo de Vries, Erich von

Tschermak et Carl Correns ont validé le travail de Mendel en 1900. Presque au même moment, Robert Brown avait découvert le noyau dans les cellules, tandis qu'en 1868, Friedrich Miescher, un biologiste suisse signalait une nucléine, un composé qui consistait en un acide nucléique qu'il a extrait des cellules de plus, c'est-à-dire des globules blancs (GB). **Selon Soraya** **et al., 2020** les deux découvertes sont à la base de la biologie moléculaire moderne, de la découverte de l'ADN comme matériau génétique et du rôle de l'ADN dans le transfert de l'information génétique.

En 1881, Robert Koch, un médecin allemand, a décrit les colonies bactériennes qui poussent sur des tranches de pommes de terre (premier milieu solide). Walter Hesse, l'un des collègues du laboratoire de Koch, a découvert de l'agar. En 1888, Heinrich Wilhelm Gottfried von Waldeyer-Hartz, un scientifique allemand a inventé le terme « Chromosome », qui est considéré comme une structure organisée d'ADN et de protéines présentes dans des cellules ou d'une seule pièce d'ADN enroulée contenant de nombreux gènes, éléments régulateurs et d'autres séquences nucléotidiques. D'autres découvertes importantes au cours de cette période ont été la vaccination contre la variole et la rage développée par Edward Jenner, un médecin britannique et Louis Pasteur, un biologiste français. A cette époque, le développement et la croissance des sciences biologiques semblaient atteindre la phase exponentielle. Le principe de la génétique en hérédité a été redéfini par T H Morgan, qui a montré l'hérédité et le rôle des chromosomes dans l'hérédité en utilisant des mouches de fruits, à savoir *Drosophila melanogaster*. Ce travail historique de TH Morgan a été nommé « La théorie du gène » en 1926. Avant la publication du travail de Morgan, en 1909, le terme « Gene » avait déjà été inventé par Wilhelm Johannsen (1857-1927), qui a décrit 'le gène' comme le porteur de l'hérédité. Johannsen a inventé les termes « génotype » et « phénotype ». Le « génotype » était destiné à décrire la constitution génétique d'un organisme, tandis que le « phénotype » était destiné à décrire l'organisme réel. A cette époque, la génétique a commencé à gagner son importance, Presque au même moment, en Grande-Bretagne, Alexander Fleming, un médecin, a découvert des antibiotiques, lorsqu'il a observé qu'un microorganisme peut être utilisé pour tuer un autre microorganisme, une véritable représentation de la politique de "diviser et gouverner" les humains. Fleming a noté que toutes les bactéries (*Staphylococcus*) sont mortes lorsqu'une moisissure poussait dans une boîte à pétri.

Plus tard il a découvert 'la pénicilline' la toxine antibactérienne de la moisissure *Penicillium notatum*, qui pourrait être utilisée contre de nombreuses maladies infectieuses. (Bengaly., 2017).

Biotechnologie moderne

Selon (Soraya ., 2020). Après la fin de la seconde guerre mondiale, des découvertes très cruciales ont été mentionnées, ce qui a ouvert la voie à la biotechnologie moderne et à son statut actuel. En 1953, JD Watson et FHC Crick ont dégagé pour la première fois les mystères autour de l'ADN en tant que matériau génétique, en donnant un modèle structural d'ADN, connu sous le nom de « Modèle Double Hélice de l'ADN ». Ce modèle a permis d'expliquer divers phénomènes liés à la réplication de l'ADN et son rôle dans l'hérédité. Plus tard, Jacob et Monod ont donné le concept d'Opéron en 1961, tandis que Kohler et Milstein en 1975, ont proposé le concept d'hybridation cytoplasmique et ont produit les premiers anticorps monoclonaux, qui ont révolutionné les diagnostics. À cette époque, il semblait que la communauté scientifique mondiale disposait de presque tous les outils de base pour leurs applications, de même que la majorité des concepts de base avaient été élucidés, ce qui a rapidement ouvert le chemin vers d'importantes découvertes scientifiques. Le Dr Hargobind Khorana a pu synthétiser l'ADN dans un tube à essai, tandis que Karl Mullis a ajouté de la valeur à la découverte de Khorana en amplifiant l'ADN dans un tube à essai, mille fois plus que la quantité d'ADN originale. À l'aide de ce progrès technologique, d'autres scientifiques ont pu insérer un ADN étranger dans un autre hôte et ont même été en mesure de surveiller le transfert d'un ADN étranger dans la prochaine génération. Craig Venter, en 2000, a pu séquencer le génome humain; le premier génome publiquement disponible provient de JD Watson et Craig Venter lui-même. Ces découvertes ont des implications et des applications illimitées.

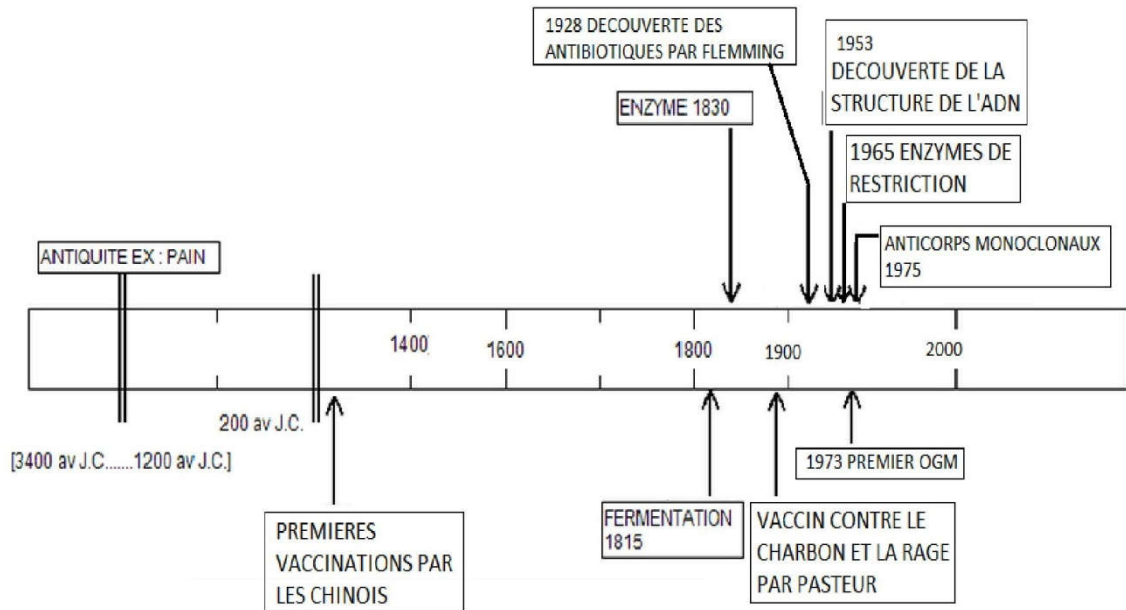


Figure 5 : L'échelle de temps d'évolution de biotechnologie.

(Anonyme ., 2018).

III. Les types de biotechnologie

Les biotechnologie peuvent classer en 5 types: blanche, bleue, jaune, rouge et verte.

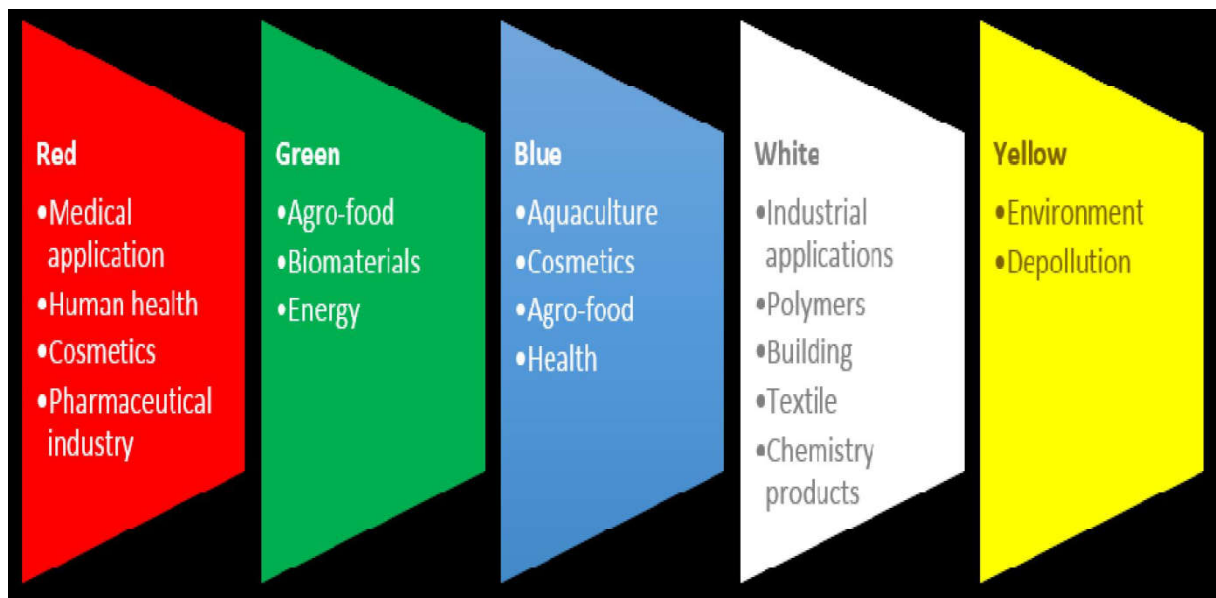


Figure 6 : Les secteurs de biotechnologie. (Daba Bengaly., 2017).

La biotechnologie blanche

C'est la biotechnologie industrielle, l'utilisation industrielle des procédés biotechnologiques pour la bio-rémediation du sol, de l'eau et de produire une grande variété de composés (des enzymes, des antibiotiques, des vitamines, des produits de chimie pure, des

biocarburants, etc.) qui aident à réduire le coût des produits, préserver les ressources et de réduire la pollution. (Akhmanova et Antropyanskaya ., 2014).



Figure 7 : La biotechnologie blanche. (Agrocarb., 2016).

La biotechnologie bleue

C'est la biotechnologie associée à la production des produits maritimes et fluviaux, de temps en temps visés à la biotechnologie en bleu, visant à améliorer l'environnement. Un exemple de la biotechnologie bleue peut servir de bio ré médiation. (Akhmanova et Antropyanskaya ., 2014).



Figure 8 : La biotechnologie bleue. (Bayre ., 2021).

La biotechnologie jaune

Elle regroupe tout ce qui se réfère à la protection de l'environnement et au traitement de la pollution. Les différentes applications relèvent de la dépollution, du traitement des déchets, de la purification des eaux ou du recyclage. (Van Keirblick ., 2017).



Figure 9 : La biotechnologie jaune. (Tricot ., 2012).

La biotechnologie rouge

Concerne les procédés utilisés dans le domaine de ma santé (humaine et vétérinaire), en particulier l'industrie pharmaceutique .La biotechnologie rouge a pour objectif : La prévention, le diagnostic ou le traitement des maladies (exemple : Vaccins, Les Anticorps monoclonaux, Les protéines recombinantes, Anticancéreux.). (Bentahar ., 2021).



Figure 10 : La biotechnologie rouge. (Djazouli ., 2019).

La biotechnologie verte

Les biotechnologies vertes reposent sur un vaste ensemble de techniques de recherche en biologie végétale, techniques de culture ou techniques moléculaires telles que mutation, transgénèse, etc. (Bentahar ., 2021).

Par exemple, la création des plantes génétiquement modifiées transgéniques avec des propriétés agricoles améliorées. (Akhmanova et Antropyanskaya ., 2014).



Figure 11 : La biotechnologie verte. (Longour ., 2014).

- **Selon Boussard et al ., 2017.** Les biotechnologies vertes regroupent un grand nombre de méthodes et de techniques qui accompagnent le perfectionnement et la multiplication des plantes cultivées.
- ✚ **Culture in vitro :** méthode qui permet de multiplier des végétaux en grand nombre. Ainsi, grâce à elle, par exemple, un seul bourgeon de rosier fournira 300 000 plants en une année contre seulement 300 par greffage.
- ✚ **La guérison des maladies virales des végétaux** s'effectue également par culture in vitro des méristèmes. Les plants de fraisier ont ainsi été guéris du virus de la jaunisse du fraisier.
- ✚ **Génomique :** domaine de la génétique qui étudie la structure et le fonctionnement des génomes. Elle permet de préciser la position des gènes sur les chromosomes, leur fonction et la régulation de leur expression. Elle s'appuie largement sur les techniques de séquençage de l'ADN et de traitements bioinformatiques des données.
- ✚ **Génotypage :** constitution des cartes d'identité génétique des plantes (identification de certaines zones du génome, voire des gènes) de façon à repérer les différences entre elles. C'est une des applications de la génomique.

- ✚ **Haplométhode ou haplodiploïdisation** : obtention de plantes entières directement à partir des cellules reproductrices. L'utilisation de cette méthode diminue au moins de moitié le temps nécessaire à la création d'une variété qui selon l'espèce varie habituellement de 8 à 30 ans. Elle est couramment utilisée pour la sélection du maïs, du colza, du riz, etc. (**Richard-Molard et al., 2017**).
- ✚ **Hybridation** : croisement contrôlé par le mode de reproduction naturel de l'espèce entre deux types de plantes appartenant à la même espèce ou à deux espèces différentes.
- ✚ **Hybridation somatique par fusion de protoplastes** : obtention d'une plante entière à partir de la fusion in vitro de deux cellules. Elle permet la création de plantes hybrides entre espèces qui ne se croisent pas. Elle a permis par exemple le transfert à la pomme de terre de la résistance à la maladie du mildiou.
- ✚ **Mutagenèse aléatoire** : ensemble des méthodes qui permettent d'augmenter la fréquence de certaines mutations. Par exemple, une exposition à certains traitements physiques (rayonnements ionisants) ou chimiques permet de multiplier par 1 000 environ cette fréquence. Le sélectionneur doit alors observer un nombre réduit de plantes dans la même proportion pour repérer et trier les nouveaux caractères intéressants apparus aléatoirement. C'est ainsi que des milliers de variétés cultivées dans le monde dérivent de mutagenèse, comme par exemple des tournesols enrichis en acide oléique, des variétés de pomme ou de raisin plus colorées, des pamplemousses sans pépins, etc. (**Dattée et al., 2017**).
- ✚ **Mutagenèse dirigée, ou édition de gènes** : l'utilisation d'enzymes (nucléases) découvertes récemment, permet d'induire au niveau du génome, une coupure de la chaîne d'ADN en un point précis ; les mécanismes de réparation de l'ADN en recollant les deux parties de la chaîne vont entraîner la perte d'un ou deux nucléotides, ce qui se traduit par une mutation ponctuelle. CRISPRCas9 ou Cpf1 est la technique la plus récente et la plus facile de ce type à utiliser.
- ✚ **Mutation** : changement réalisé dans la séquence de l'ADN qui peut se traduire par une substitution, une addition ou une élimination d'éléments (nucléotides) de l'ADN. Ce changement peut être ponctuel, un seul nucléotide, ou plus important portant sur un segment d'ADN jusqu'à des milliers, voire des millions de nucléotides. Les mutations sont à la base de la diversité des êtres vivants, notamment des plantes sauvages et cultivées (la domestication des plantes a débuté en sélectionnant des mutations).

- ✚ **Mutation spontanée** : mutation provoquée par différents facteurs naturels tels que des défauts survenus lors de la copie de l'ADN, les rayons ultraviolets, des stress environnementaux et des attaques parasitaires. Leur fréquence est de l'ordre d'une mutation pour 8 à 10 millions de nucléotides à chaque génération. On récolte donc, sans le savoir, environ 150 millions de mutations quand on récolte un hectare de blé. (Serpelloni et al., 2017).
- ✚ **Sauvetage d'embryons par culture in vitro** : qui autrement auraient disparu sur la plante mère, en particulier dans le cas de croisements entre espèces. Ceci a permis par exemple l'obtention des triticales, obtenus par croisement du blé et du seigle, largement cultivés aujourd'hui notamment en agriculture biologique, ou encore l'introduction de résistances à des maladies chez la tomate à partir d'espèces sauvages.
- ✚ **Sélection assistée par marqueurs (SAM)** : sélection des plantes utilisant leur carte d'identité génétique, après avoir établi la relation entre des marqueurs moléculaires de l'ADN et les caractères recherchés.
- ✚ **Sélection génomique** : forme de sélection assistée par marqueurs qui vise à cumuler au cours des générations le maximum de gènes favorables, même à effets faibles, grâce à de très nombreux marqueurs moléculaires répartis sur l'ensemble du génome. (Ricruch et al., 2017).
- ✚ **Séquençage** : détermination de l'enchaînement des éléments (nucléotides A, T, G, C) de l'ADN du génome d'une plante. La séquence complète d'un maïs, par exemple, comprend environ 2,5 milliards de lettres (nucléotides) soit un livre d'un million de pages. On a ainsi découvert qu'il y a le même nombre de gènes chez une plante que chez un homme : entre 20 000 et 30 000 gènes. Plus de 60 espèces parmi les plantes les plus cultivées ont été séquencées.
- ✚ **Transgénèse** : introduction dans le génome d'une plante d'une séquence d'ADN contenant un gène issu d'une espèce différente ou non afin d'apporter un nouveau caractère recherché. Ce gène est en général préalablement reconstruit in vitro pour le rendre actif dans la plante. (Gallais et al., 2017).

IV. Les applications de la biotechnologie

Les applications de la biotechnologie sont très diverses, et concernent notre quotidien. De nombreux auteurs classent ces applications selon des domaines aux quels ils donnent des couleurs (Tableau 02).

Tableau II : Les applications des biotechnologies. (Dalichaouche ., 2019).

Domaine	Application
Biotechnologie rouge (médecine)	-Production des vaccins et l'antibiotique -technique de diagnostic moléculaire -industrie pharmaceutique et cosmétique
Biotechnologie vert (agriculture)	-production de variété végétale modifiée -production de race animale modifiée -production de bio fertilisation et bio pesticide -agroalimentaire
Biotechnologie jaune (environnement)	-entretien de la biodiversité -dépollution
Biotechnologie blanche (industrie)	-procédé industriels -développement de nouvelles sources d'énergie durable
Biotechnologie bleu (mère)	-exploitation des ressources marines pour créer des nouveaux produits

CHAPITRE III:

Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique)



I. Généralité sur les céréales

Définition

La céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains utilisés pour l'alimentation humaine et animale domestiques. (Bénédicté ., 2016).

La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine, seigle; les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho, millet.

Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des Poly-gonacées. (Moule ., 1971).

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires de l'humanité, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines. Principalement destinés à l'alimentation des humains (à hauteur de 75% de la production), les céréales assurent 15% des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et à des usages non alimentaires (Feillet ., 2000).

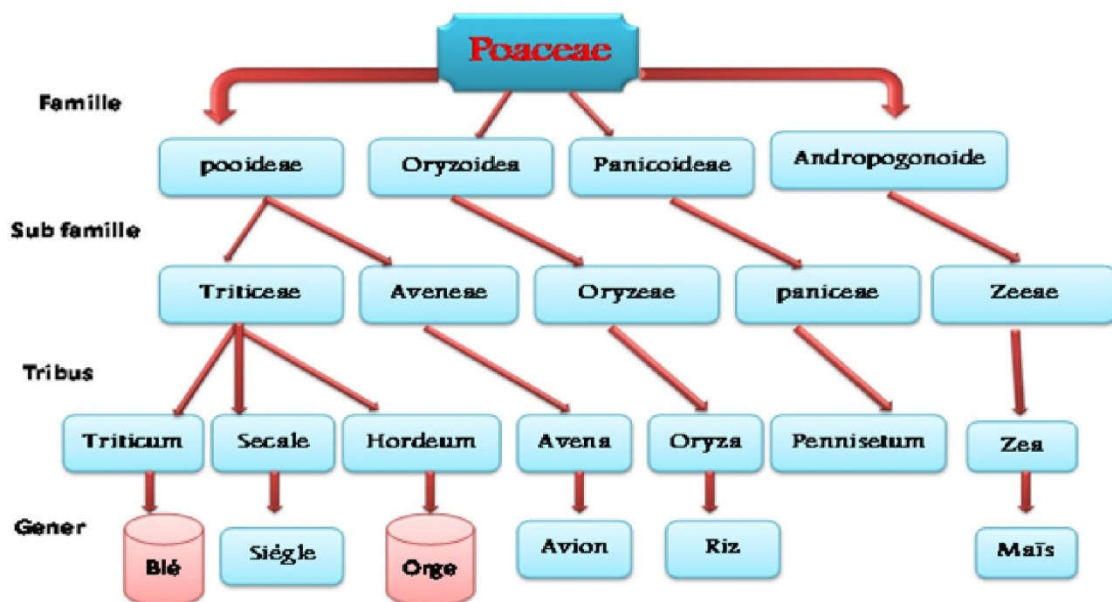


Figure 12: La taxonomie des céréales. (Zibouche ., 2016).

Origine et historique de la céréaliculture

Les céréales, Cérès est le nom de la déesse romaine des champs qui a donné l'origine du mot céréales apparu au 19ème siècle, pour désigner ce que nos ancêtres appelaient jusqu'alors «les blés ». Cérès est la transposition, chez les Romains, de la déesse grecque Déméter.

Dans la mythologie, on raconte que sa fille Coré, est enlevée par Hadès, dieu du monde ou terrain. Déméter est obligée de passer un accord avec Hadès : chaque année, Coré passe trois mois sous terre avec Hadès et le reste avec sa mère. Tant que Déméter est séparée de sa fille, la déesse des champs en signe de deuil, s'abstient de faire pousser quoique ce soit. Cette période correspond à l'hiver. (Mesrane ., 2018).

La culture des céréales est très ancienne, on trouve des traces de blé, de seigle, d'avoine, d'orge à 6 rangs dès le Néolithique. Le riz, le millet, le sorgho, le blé étaient cultivés 2 700 ans avant notre ère en Chine; les Égyptiens de l'ancienne Égypte connaissaient le blé et le sorgho.

Les céréales ont d'autre part joué un rôle capital dans le développement de l'humanité : la plupart des civilisations se sont développées autour d'une céréale :

- Les civilisations asiatiques, autour de la culture du riz.
- Les civilisations précolombiennes, autour du maïs.
- Les civilisations babyloniennes et égyptiennes, autour du blé. (Moule., 1971).

Les types des céréales

Le blé

Est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le blé est une monocotylédone, fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*). Le blé dur est une espèce connue depuis la plus haute antiquité. Elle appartient au groupe tétraploïde, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces. On distingue essentiellement le blé tendre et blé dur. (Bousba ., 2012).

Le blé tendre

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés. Les botanistes classe le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ($2n= 42$). Le blé hexaploïde *Triticum aestivum* a génome (BBAADD) est très

vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes. (Belagrouz ., 2013).



Figure 13: Le blé tendre. (Abecassis ., 2015).

Le blé dur

Le blé dur (*T. turgidum*ssp *Durum* Desf) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 28$, AABB) qui a pour origine l'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum Urartu* (génome AA) et une espèce voisine d'*Aegilops speltoides*(génome BB) (Huang et al ., 2002).

Le blé dur (*Triticum turgidum*ss *durum*) est une plante annuelle de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. Les blés durs, caractérisés par des grains très durs mais un faible taux en gluten et une teneur élevée en amidon, ne sont pas panifiables. Ils sont utilisés pour la production de pâtes alimentaires. Comme ils sont spécialement adaptés aux pays chauds, on n'en parlera pas ici en termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum*aprèsle blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces. (Mouellef ., 2010).

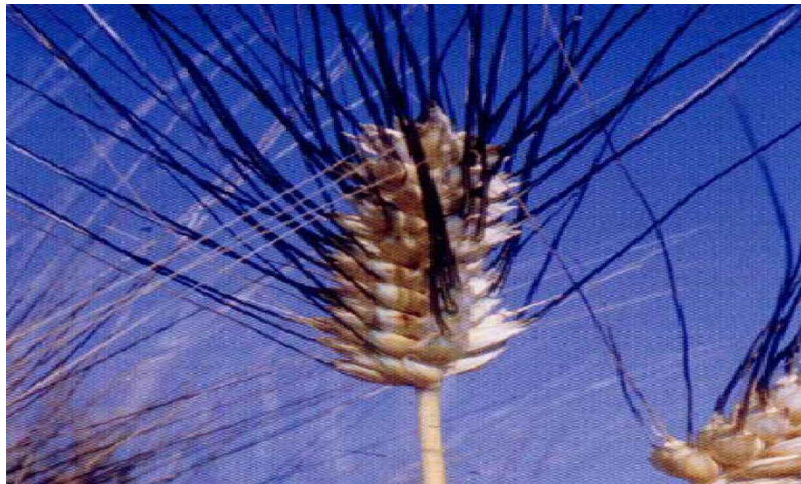


Figure 14: Le blé dur. (Abecassis ., 2015).

Le maïs

Le maïs appartient à la famille des Poaceae, sous-famille des Andropogonoideae, tribu des Maydeae dont les genres sont caractérisés par des épillets unisexués, soit dans des inflorescences différentes, soit réunis dans une même inflorescence. Cette tribu comprend 8 genres, 5 d'Asie (Coix, Polytoca, Sclerachne, Chionachne, Trilobachne) de faible importance et 3 américaines (Zea, Tripsacum, Euclaena) (**Baudoin et al ., 2002**).

Le genre Zea comprend 5 espèces, dont l'espèce cultivée Zea mays et 4 parents sauvages, tous originaires d'Amérique tropicale et appelés téosintes. (**Brink et Belay ., 2006**).

Le maïs, *Zea mays* ssp. *mays* ($2n=20$), est une plante herbacée cultivée comme une plante annuelle mais pouvant se comporter comme une plante bisannuelle. Elle se reproduit par fécondation croisée (allogamie) contrairement à la plupart des céréales (**Belalia ., 2010**).

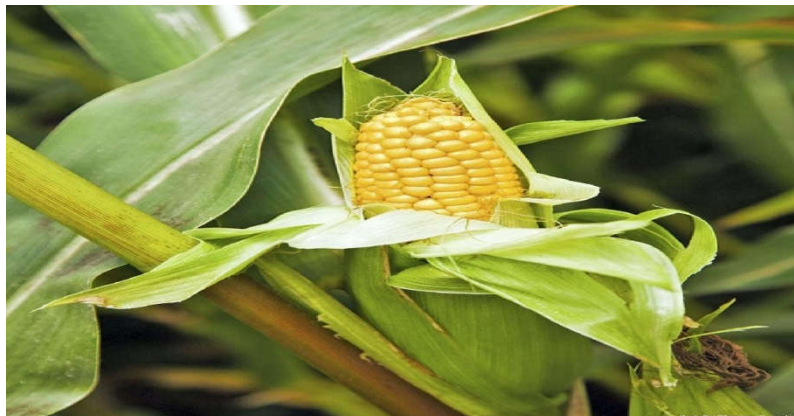


Figure 15: Le maïs. (Delvaux ., 2014).

Le riz

Le riz cultivé d'origine asiatique, *Oryza sativa* L., constitue la première céréale de consommation humaine et la nourriture de base de plus de la moitié de l'humanité. C'est aussi une plante présentant une grande diversité morpho-physiologique, héritage de deux domestications indépendantes et reflet de l'adaptation des cultivars à des écosystèmes variés (irrigué, inondé, pluvial, flottant ou de mangrove). Deux sous espèces, japonica et indica ont été créées à partir de formes annuelles d'*Oryza rufipogon* au travers de ces deux domestications parties respectivement du nord et du sud de l'Himalaya il y a plus de 10 000 ans. (Guiderdoni et al., 2006).

Le riz récolté, ou riz décortiqué pour éliminer l'enveloppe qui entoure les grains et le rendre comestible. On obtient ainsi du riz complet, aussi appelé riz cargo. Ce riz de couleur marron, est très nourrissant mais nécessite une cuisson longue (40-45 minutes).

Pour obtenir du riz blanc, les grains sont passés dans une meule, qui élimine le son et le germe, avant d'être polis. Les grains peuvent également être précuits (étuvés) pour les rendre incollables. Ces transformations lui font perdre des vitamines mais il cuit plus rapidement (10-15 minutes). En fonction des caractéristiques morphologiques du grain (longueur/épaisseur), on distingue 4 types de riz : les riz ronds, les riz moyens, les riz longs et les riz très longs. (Julien et al., 2014).



Figure 16:Le riz. (Clémentine., 2018).

L'orge

L'orge est l'une des plus anciennes céréales cultivées sur terre. Les études génétiques, incluant les analyses récentes en Biologie moléculaire confirment que l'orge cultivée actuellement a évolué à partir de *Hordeum spontaneum* L. Espèce d'orge spontanée présente encore au Proche et Moyen-Orient qui porte des épis à deux ou six rangs. (Boungab., 2013).



Figure 17: L'orge. (Cinzia ., 2009).

Le sorgho

Le sorgho (*Sorghum bicolor*) appartient à la famille des poacées (graminées) et la tribu des Antropogonacées.

Le sorgho est diploïde avec $2n=20$. Le sorgho bien qu'il soit autogame, a un faible taux d'allogamie (5 à 15 %).

Les variétés de sorghos africains sont caractérisées par une grande taille, ce qui les rend sensible à la verse, avec des feuilles espacées ne favorisant pas le développement des maladies cryptogamiques. Une particularité des sorghos africains est leur forte sensibilité à la photopériode. Ainsi, la durée de leur cycle varie avec la date de semis. Une même variété de sorgho peut voir son cycle passé de 90 à 170 jours selon la date de semis. **(Gaoussou ., 2003).**

Plante rustique, probablement originaire d'Afrique, le sorgho est la cinquième céréale produite dans le monde.

Principalement cultivé dans les régions subsahariennes, aux États-Unis et en Inde, le sorgho était, dans les années 1960, essentiellement consommé par les hommes.

Aujourd'hui, il sert avant tout à nourrir le bétail. Riche en protéines et en amidon, il est consommé dans de nombreux pays africains, sa farine permettant la confection de galettes, de semoule, de bouillie ou de pains. Dans les pays occidentaux, il entre également dans la composition de biscuits. **(Julien et al ., 2014).**



Figure 18: Le sorgho. (Fannie ., 2019).

Le seigle

Le seigle est une plante bisannuelle qui convient bien aux sols pauvres et aux climats rigoureux. Bien qu'on en fasse de l'excellent pain, elle est assez marginale chez nous. En effet, comme elle contient peu de gluten, elle est habituellement utilisée en conjonction avec des farines de blé à haute teneur en gluten. La plus haute de toutes et la plus rustique. (Bénédictte ., 2016).



Figure 19: Le seigle. (Konig ., 2020).

Le millet

Cultivé depuis des millénaires en Asie et en Afrique où il constitue une céréale incontournable, le millet se compose d'une grande panicule lâche, penchée d'un côté. Très consommé en Europe au Moyen Âge sous forme de galettes et de bouillies, il a été progressivement remplacé par le maïs et la pomme de terre. Il est aujourd'hui essentiellement destiné à l'alimentation des animaux. (Audrey ., 2014).



Figure 20: Le millet. (olivianadre., 2019).

Composition des grains de céréales

Chaque grain de céréale est composé de trois parties distinctes :

- l'enveloppe du grain, appelée « son », riche en fibre,
- l'amande (riche en protéines et en amidon)
- le germe (embryon de la plante, contient des matières grasses). (Bénédicté ., 2016).

Amidon :

- Le granule d'amidon et son organisation.
- Composition chimique.
- Gélatinisation et rétrogradation.
- Amidons modifiés.
- Conversion des amidons en sucres.

Autres polysaccharides :

- Cellulose.
- Pentosanes (arabinoxylanes).

Protéines :

- Teneurs en protéines des grains de céréales.
- Classification des protéines des céréales : protéines solubles, protéines de réserve, protéines du gluten.
- Compositions en acides aminés.

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

-Hétérogénéité et polymorphisme génétique.

-Structure et propriétés fonctionnelles : interactions dans la pâte.

Constituants mineurs :

-Lipides, enzymes.

-Vitamines, matières minérales. (Claude ., 2017).

Tableau III : Composition biochimique des grains de céréale. (Claude ., 2017).

Céréale	Protéines %N X 5,7	Lipides%	Amidon%	Cellulose %	Minéraux%
Blé (USA)	16,0	2,9	74,1	2,6	1,8
Blé Europe)	10,5	2,6	78,6	2,5	1,8
Seigle	13,8	1,4	79,7	2,6	2,2
Orge	11,8	1,8	78,1	5,3	3,1
Avoine	11,6	5,2	69,8	10,4	2,9
Riz (paddy)	9, 1	2,2	71,2	10,2	7,2
Riz (cargo)	11,0	2,7	83,2	1,2	1,8
Riz (blanchi)	9,8	0,5	88 ,9	0,3	0,6
Maïs (corné)	11, 1	4,9	80,2	2,1	1,7
Maïs (denté)	10,6	4,6	81,0	2,2	1,6
Sorgho	12,4	3,6	79,7	2,7	1,7

Situation de la céréaliculture

Dans le monde

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. Ils collaborent avec les organisations internationales, en particulier le Conseil International des Céréales (CIC), dont le siège est à Londres. (Belagrouz ., 2013).

Selon **FAO., 2012**. La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements des céréales obtenus. Le classement de l'année 2012 des dix premiers producteurs indique que la Chine vient en première position. Par

contre les Etats unis se situent en troisième position. Sept pays assurent les 3/4 des exportations mondiales et ce sont dans l'ordre les Etats-Unis (20%), l'Australie (12.1%), la France (11.3%), le Canada (10.1%), l'Argentine, la Russie et l'Ukraine.

La production mondiale des trois principales céréales a connu une fluctuation de production. L'année la plus prédictive est 2008/2009 avec une production totale de 863.77Millions de Tonnes répartie en 683,19 MT de blé (79,09%), 51.55 d'Orge (17,91%) et d'avoine (2.99%)

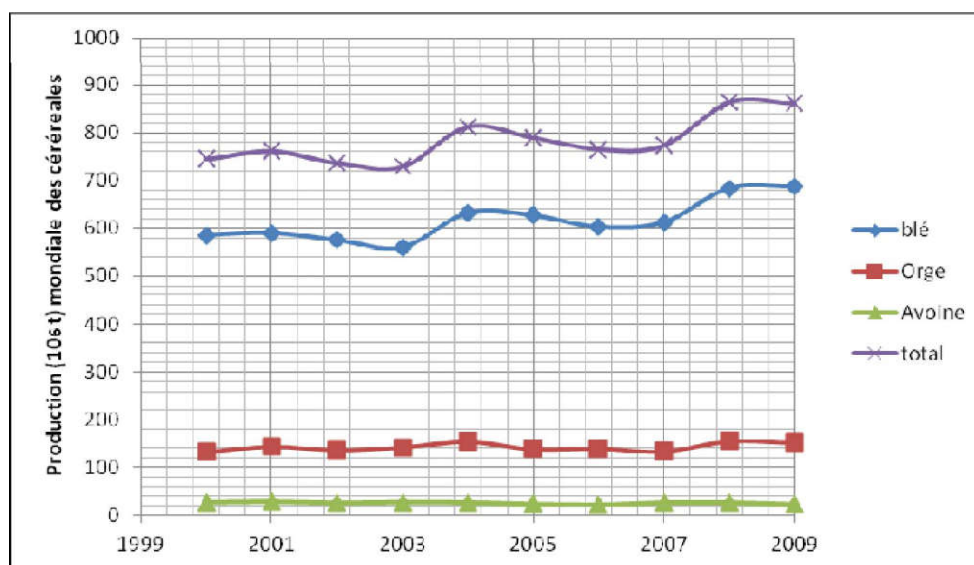


Figure 21: L'évolution de la production mondiale des principales céréales. (FAO., 2012).

La situation de la céréaliculture en Algérie

La superficie totale de l'Algérie est de 238 millions d'hectares dont 191 millions sont occupés par le Sahara. La superficie agricole représente 3% de ce total, la surface agricole utile (SAU) est de 7,14 millions d'hectares, dont près de la moitié est laissée en jachère chaque campagne agricole.

Les cultures herbacées couvrent 3,8 millions d'hectares. La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées. (Belagrouz ., 2013).

Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne.

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

Elles constituent la consommation de base qui est estimée à 228 kg par habitant et par an pour les céréales comparativement à l'Egypte dont la moyenne est de 131 kg/hab/an et à la France dont la moyenne est de 98 kg/hab/an. (FAO., 2011).

La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier le manque d'eau. La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante atteignant 6.5 MT.

En Algérie la céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. Le blé dur est une ancienne culture dont l'origine remonte à la venue des arabes. La superficie occupée par le blé dur est en moyenne de 1.3 millions d'hectares durant la période 2000-2010 (Madr., 2012).

L'importance des superficies occupée par cette espèce, comparativement à la superficie occupée par l'orge, est influencée par le prix à la production garanti par l'état. Ces prix sont de 4500, 3500 et 2500 DA respectivement pour le blé dur, le blé tendre et l'orge.

La croissance démographique, le changement de modèle de consommation et les soutiens des prix des produits de base, font que le volume des céréales consommées est en constante augmentation.

Ainsi au cours de l'année 2011, les importations à partir de l'union européenne sont passées de 3.98 à 5.5 millions de tonnes pour le blé tendre et de 1.24 à 1.85 millions de tonnes pour le blé dur, ces volumes sont les plus élevés depuis l'indépendance.

La production du blé dur, comme celle du blé tendre, est très fluctuante. Pour la période 2000 -2010, la production de blé dur a varié de 9 à 23 millions de quintaux. (FAO., 2011).

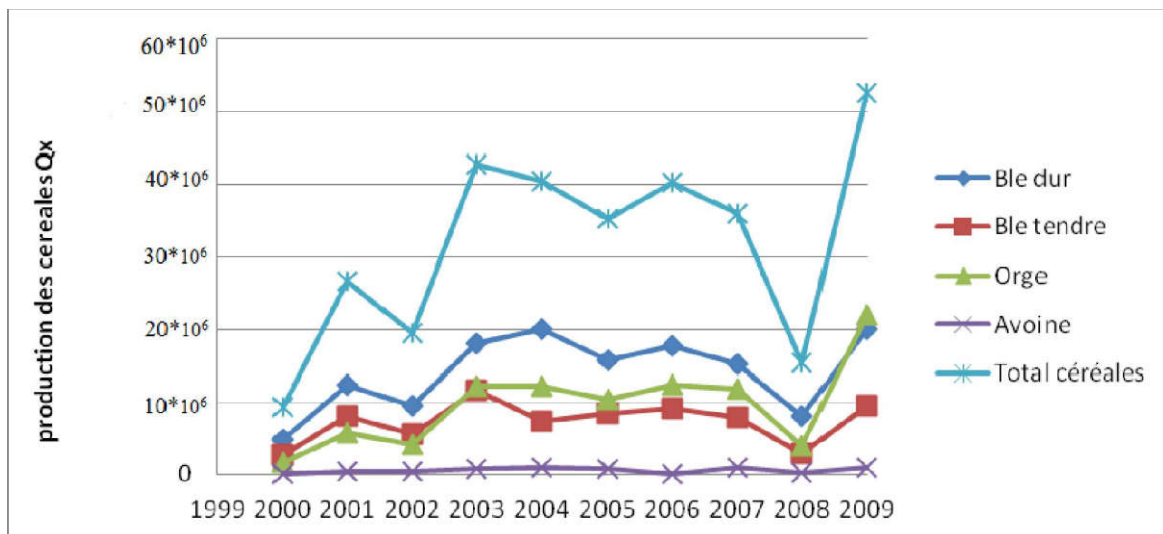


Figure 22: L'évolution de la production des céréales en Algérie. (Belagrouz ., 2013).

Importance des céréales

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière.

• La production céréalière

-La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante.

-Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations (60% de l'effectif global), associé à la jachère dans la majorité des exploitations.

-Spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques, y compris dans les zones sahariennes.

-En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier.

• Les industries de transformations

-L'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires, en raison des capacités importantes de triturations dont elle dispose ; (+230%)

par rapport à la taille du marché domestique, réparties entre les moulins publics (95%) et privés (135%), soit respectivement une capacité de trituration de l'ordre de 19000 et de 27000 T/jour.

-L'industrie céréalière privée compte actuellement 253 PME privés qui contrôlent 80% du marché domestique en 2005.

-Chiffre d'affaire des ERIAD en 1998 est évalué à 86 milliards de DA soit 1,03 milliard de dollars. (Chehat ., 2007).

▪ La consommation

Selon Chehat ., 2007. La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an.

Selon Djermou ., 2009. Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5.

▪ Les importations

-En relations avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréaliers occupent le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%).

- De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur, soit 2990265 tonnes représentant une valeur de 858 millions de dollars, dont 60,36% de blé dur, soit 578 millions. (Djermou ., 2009).

II. Amélioration des céréales

Définition

L'amélioration des plantes est définie comme étant l'art et la science de la création de variétés. Du point de vue génétique, elle peut être considérée comme l'ensemble des processus qui, à partir d'un groupe d'individus (population, écotype) n'ayant pas certains caractères au niveau recherché, permet d'obtenir un autre groupe d'individu –variété apportant un progrès (Gallais ., 1990).

La sélection végétale définie comme étant l'évolution des plantes dirigée par la volonté de l'homme. (Vavilov., 1935 cité par Zahour ., 1992).

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

Sélectionner, c'est choisir à l'intérieur d'une espèce constituée d'un mélange de plantes parfois très différentes. On repère les phénotypes intéressants et on récolte leurs semences. (Herve ., 1989).

Historique

Depuis les débuts de l'agriculture, les êtres humains sélectionnent les meilleures semences pour les replanter ; c'est ce que l'on peut appeler l'amélioration des plantes. Cela nous a permis de devenir sédentaires et de nous nourrir pendant des milliers d'années.

Puis, dans les années 1900, on observe un tournant : l'amélioration des plantes devient une science appliquée et se déplace de la ferme aux laboratoires.

Après la Seconde Guerre mondiale, une accélération de l'industrialisation de l'agriculture en général se met en route, on la qualifiera plus tard de Révolution verte. Les semences n'y font pas exception. L'Europe, affaiblie par la guerre, doit trouver un moyen de nourrir sa population, la recherche se concentre sur l'amélioration des plantes et la génétique.

Les années passent et on ne cesse d'innover. Progressivement, ce qui était du ressort du secteur public devient le travail de sélectionneurs privés. Les semences créées dans les stations de recherche sont désormais enregistrées dans un catalogue et appartiennent à leur créateur. Comme pour toute invention, on leur applique des brevets et des droits de propriété intellectuelle.

Puis, dans les années 1990, ce qui répondait tout d'abord au besoin de nourrir le monde est devenu une façon pour les grandes multinationales de faire du profit. La circulation des semences, reconnues par la FAO comme un « patrimoine commun de l'humanité » en 1983 est paradoxalement de plus en plus restreinte. (Bouchet ., 2018).

Chronologie de l'amélioration des plantes

- **2,5 millions d'années** : apparition du genre Homo.
- **100.000 ans** : apparition de l'espèce Homo sapiens sapiens.
- **10.000 ans sédentarisation** : débuts de l'agriculture.
- **19ème siècle** : sélection phénotypique des variétés.
- **1901** : redécouverte des lois de Mendel.
- **Début 20ème siècle** : sélection généalogique.

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

- **1908** : découverte de la vigueur hybride.
- **1930** : génération de variétés par traitements mutagènes.
- **1960-1980** : révolution verte. (**Van Helden ., 1980**).
- **1676** : Découverte du rôle des organes sexuels chez les végétaux par Millington-Grew.
- **1880** : Visualisation des chromosomes par Strasburger Boveri, et mise en évidence de leur implication dans la division cellulaire.
- **1900** : Mise en application des lois de Mendel sur l'hérédité. Ses travaux sur le croisement de deux variétés de petits pois définissent les règles de base de la génétique. C'est la naissance de la sélection des plantes.
- **1902** : Découverte de la totipotence des cellules végétales par Haberland. Un tissu végétal capable de régénérer une plante.
- **1908** : Découverte de l'intérêt des hybrides par Shull sur le maïs. Le croisement de deux lignées permet d'obtenir un hybride qui exploite l'hétérosis.
- **1911** : Notion de liaison génétique par Morgan. Il démontre que les gènes sont disposés de façon linéaire sur les chromosomes et que de plus, lorsqu'ils sont situés sur le même chromosome, ils sont transmis à la descendance comme une unité. On dit qu'ils sont liés. (**Baaziz, 2017**).
- **1930** : génération de variété par traitements mutagènes (rayons X).
- **1935** : Première carte génétique partielle du maïs par Emerson.
- **1950** : Premières techniques de culture in vitro. Ils'agit de la technique de multiplication végétative, développée par Morelet Martin, sur la pomme de terre.
- **1953** : Description de la structure en double hélice de l'ADN par Watson et Crick.
- **1960** : Découverte du code génétique par Crick, Nirenberg, Mathaeri et Ochoa, début de la révolution verte.
- **1961** : Illustration des principes d'analyse des locus implique dans la variation des caractères quantitatifs, par Thoday.
- **1975** : Description de la méthode de Southern, du nom de son inventeur. Le principe de la technique repose sur l'hybridation de l'ADN avec une sonde d'ADN marquée.

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

- **1977** : Découverte du transfert de gènes par des agrobactéries, bactéries du sol pathogènes de nombreuses espèces végétales, par Schell. Il a montré que la virulence de ces bactéries est due à un transfert de gènes de la bactérie vers les cellules végétales.
- **1978** : Premières fusions de protoplastes, par Melchers. Elles permettent de franchir partiellement de la barrière entre espèces.
- **1983** : Développement de la PCR par Kary Mullis et premiers tabacs transgéniques obtenus en même temps par une équipe belge et une équipe américaine.
- **1985** : Première variété de blé issue de la technique d'haplodiploïdation.
- **2000** : Séquençage du génome sur une brassicacée (*Arabidopsis thaliana*).
- **2005** : Séquençage du génome du riz. (Baaziz., 2017).

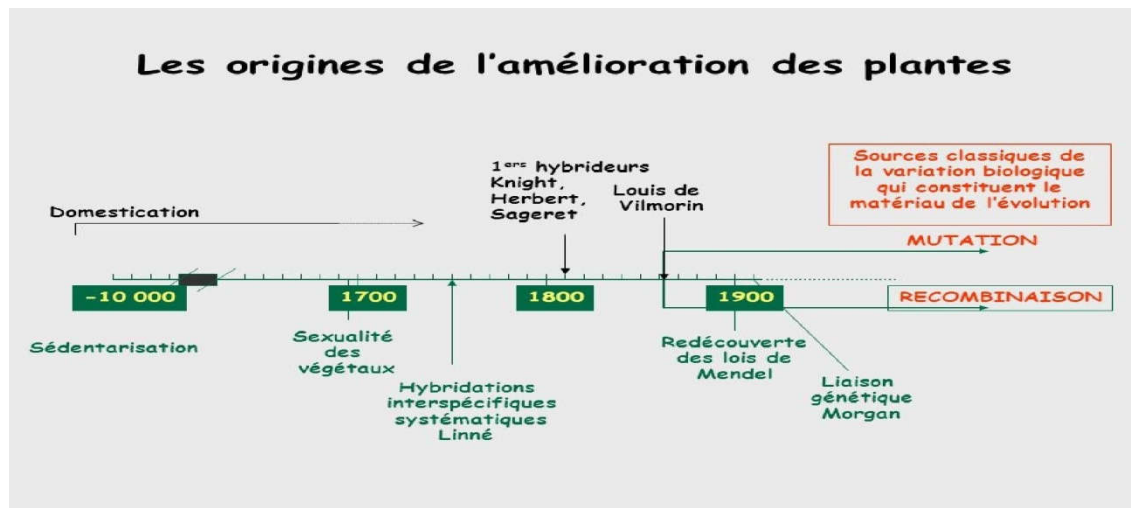


Figure 23: L'échelle de temps de l'origine de l'amélioration des plantes. (Baaziz., 2017).

Objectifs de l'amélioration des plantes

🚦 L'amélioration de la productivité

Le potentiel de production peut être amélioré par la sélection. Un rendement supérieur peut être obtenu par une accumulation des gènes favorables pour ce caractère dans une plante et/ou par une modification de l'architecture de la plante pour lui permettre de mieux utiliser les ressources du milieu dans lequel elle se développe (lumière, eau, minéraux du sol etc.).

L'adaptation des plantes au milieu

La sélection a permis d'étendre la zone de culture des espèces en les adaptant à des conditions climatiques nouvelles comme le froid et la sécheresse ou d'autres stress climatiques comme la verse due au vent et l'inondation.

La résistance aux maladies aux insectes et à d'autres ravageurs permet d'augmenter et de stabiliser la production. Cette résistance peut nous économiser les frais de traitements par des pesticides et réduire les risques de pollution chimique.

La qualité

Le matériel végétal utilisé pour créer de nouvelles variétés est assujetti à des tests rigoureux de qualité. La qualité boulangère est une nécessité pour les variétés de blé. La couleur, la texture, la forme et la taille du fruit, le goût etc. Sont des caractères importants que les sélectionneurs doivent prendre en considération. (Salmi ., 2020).

Les méthodes d'amélioration des plantes

Il y a deux types de méthodes d'amélioration des plantes :les méthodes classiques et les méthodes modernes chaque méthode a plusieurs techniques.

Les méthodes classiques

Domestication

Définition

Le terme de domestication des céréales désigne un processus évolutif résultant d'une sélection systématique, consciente, effectuée par l'homme pour transformer l'organisation de la production des graines des Graminées. Les stratégies adaptatives des formes spontanées reposent sur l'imbrication d'hétérogénéités temporelles variées (libération des graines caduques au fur et à mesure) alors que les céréales sont récoltées en une fois (les graines mûres ne tombent pas), stockées (la germination est bloquée pendant les premiers stades de conservation), la germination des semences est rapide et simultanée (libération totale des dormances), réduction des obstacles mécaniques (enveloppes réduites, perméables).

(Pernès ., 1986).

Les étapes de domestication

La domestication des plantes, commencée il y a plus de 10000 ans était le résultat d'une sélection qui a pris la forme d'un choix d'espèces, puis d'un choix de plantes.

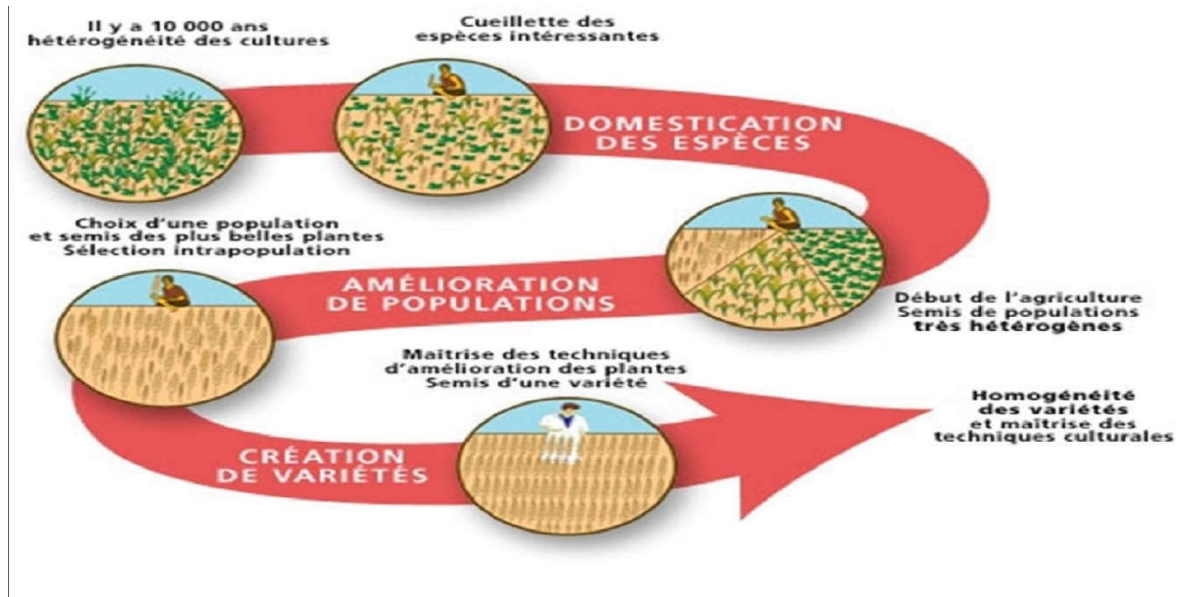


Figure 24: Les étapes de domestication. (Pernès ., 1986).

Sélection classique

+ Définition

En premier lieu, il faut définir les critères de ce choix, ensuite, il faut disposer d'un éventail de choix assez large, c'est-à-dire de plantes suffisamment différentes entre elles c'est ce qu'on appelle la variabilité de départ. Plus cette variabilité est importante, plus on a de chances de trouver les plantes correspondantes à nos exigences et enfin utiliser la méthode de sélection la mieux adaptée à l'espèce. (Chetmi ., 2009).

+ Objectif de sélection

L'objectif est de créer de nouvelles populations cultivables (variétés lignées) présentant des caractéristiques supérieures, tout en conservant le potentiel génétique des plantes de départ, en vue d'autres progrès. (Hanifi ., 1983).

+ Les types de sélection

a. La sélection massale

Parmi les méthodes de sélection les plus anciennes, la sélection massale est probablement à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Elle est simple et très peu coûteuse. C'est une méthode qui consiste à choisir des individus d'après leurs propres performances (choix phénotypique) et de mélanger leur semence. Cette dernière est alors semée en vrac. Après un croisement, la descendance hétérozygote est cultivée en masse pendant plusieurs générations (sept à huit) avant qu'on ne choisisse les plants qui apparaissent comme étant les meilleures de

point de vue agronomique. Les agriculteurs qui utilisent leurs propres semences pratiquent une forme autre de sélection massale par le choix de meilleures plantes, de meilleurs épis ou de meilleures graines. (Zahour .,1992).

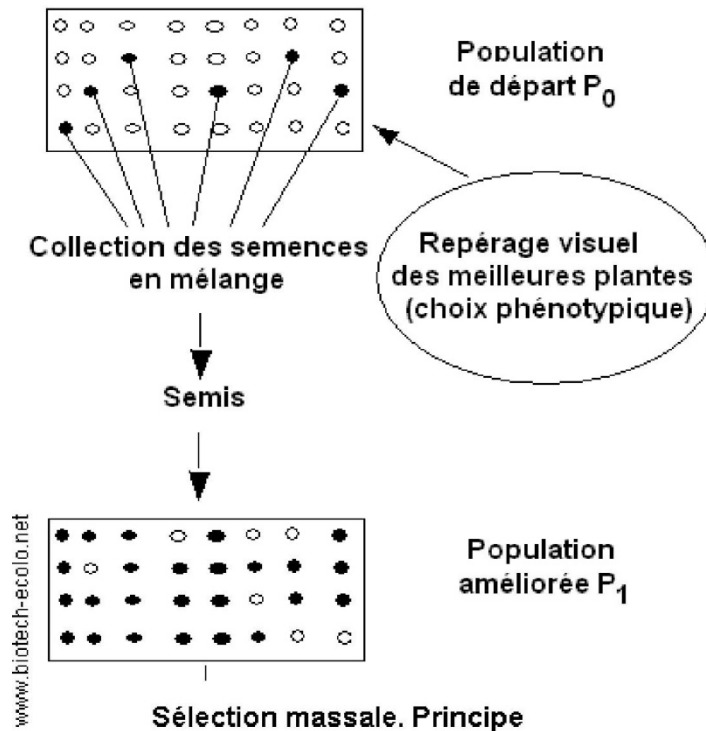


Figure 25: La sélection massale. (Boaziz ., 2017).

b. Sélection généalogique

Cette méthode consiste à choisir les individus d'après les caractéristiques de leur descendance. En partant d'une F2 très homogène, des autofécondations successives et des éliminations importantes aboutissent à la création d'une lignée très fortement homozygote pour ses caractères. Vu que le sélectionneur se base uniquement sur l'aspect phénologique, il court le risque de ne remarquer si un caractère intéressant se manifeste à l'état récessif hétérozygote, c'est pourquoi, au départ sont réunis des géniteurs très semblables. (Vespa ., 1984).

Cette méthode a conduit à la création de plus de 90% des variétés des céréales à paille, inscrites aux catalogues des pays de la C.E.E et des autres pays céréaliers. (Bonjean et Picard ., 1990).

c. Sélection par méthode de Bulk

C'est une sélection après une phase d'autofécondation sans sélection. Le passage d'une génération à l'autre est réalisé par récolte en mélange (bulk) de l'ensemble des grains d'une génération et prélèvement aléatoire des grains pour constituer la génération suivante.

Ce processus se poursuit jusqu'en F5 ou F6. La sortie se fait alors par sélection généalogique (Gallais ., 1990).

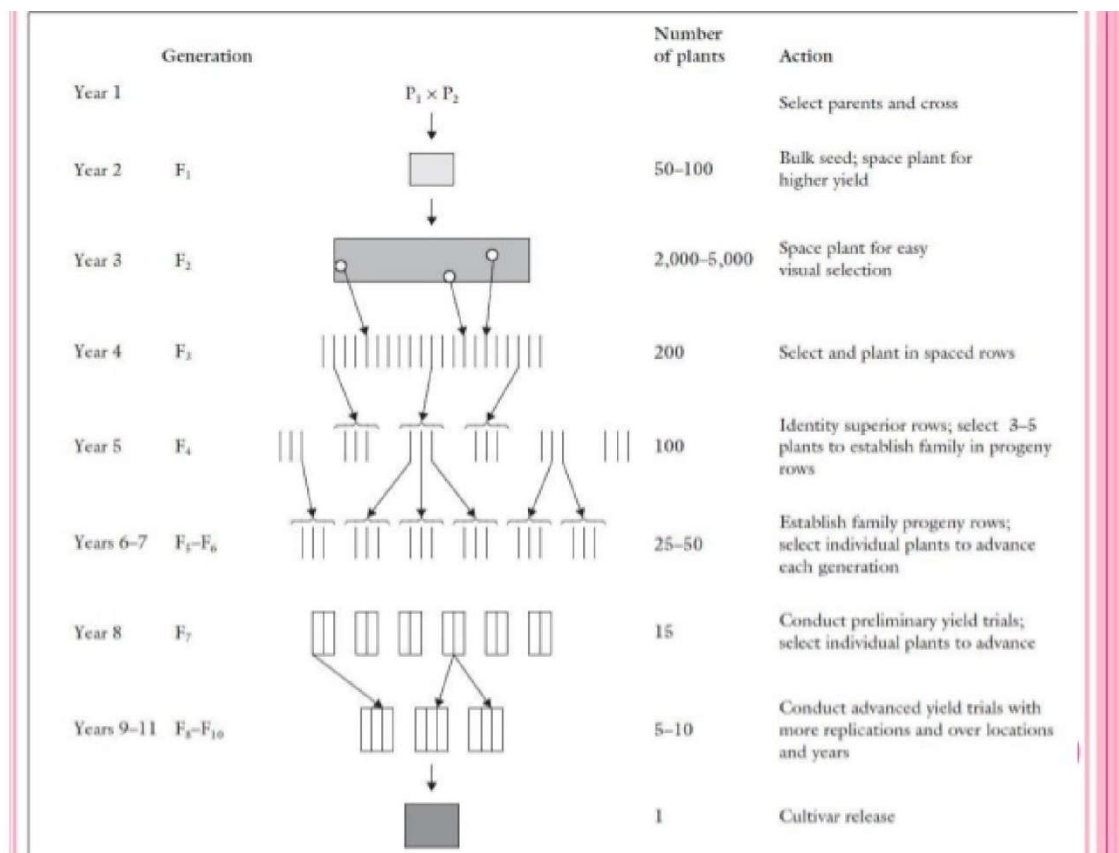


Figure 26: La sélection par méthode de Bulk. (Boaziz ., 2017).

d. Sélection par méthode SSD (Single Seed Décent)

C'est une méthode inventée récemment par BRIM en 1966 pour le soja. Elle consiste à accélérer les premières générations d'autofécondation en ne pratiquant aucune sélection, en semant un ou deux graines par plante F2 puis plante F3, F4 de telle sorte que l'effectif des plantes reste constant de la F2 à la F4, de niveau d'homozygotie ayant augmenté. Cette méthode ne fait agir que le hasard pendant la première phase. Comme pour la « Bulk », chaque F5 sera constituée d'un certain nombre d'épis ligne (2 à 3 épis ligne) provenant de la plante F précédente et l'on retombe donc dans un semblant de sélection généalogique.

C'est une méthode rapide « légère », son désavantage principal est la part importante du hasard qui risque de conserver beaucoup de matériel inintéressant. (Boubekeur ., 2005).

e. Rétrocroisement ou back cross

Cette méthode de sélection, également appelée le Back-cross ou croisement de retour, est une forme d'hybridation récurrente. On introduit les caractères recherchés, tels que résistance

aux maladies et types de plantes et de grains, dans une variété de haute qualité en croisant celle-ci avec une autre variété qui possède déjà ces caractères intéressant le sélectionneur. La descendance est ensuite rétro croisée avec le parent original de qualité supérieure. Après chaque rétrocroisement, les plants contenant les caractères recherchés du parent de moindre qualité sont sélectionnés avant que l'on procède au rétrocroisement suivant. Après que ce processus a été répété six à sept fois, la nouvelle lignée possède la qualité technologique du parent de haute qualité sélectionnée, ainsi que le caractère recherché (en général un seul caractère est transféré à la fois) provenant de l'autre parent.

Généralement, le Back-cross est utilisé lorsqu'une variété possédant des caractéristiques désirables présente une faiblesse qui peut être corrigée par l'introduction d'un ou de quelques gènes. L'objectif de Back-cross est de restituer au parent récurrent (variété adaptée) tous ses gènes, sauf le ou les gènes qui contrôle (ent) la caractéristique à transférer. (Zahour ., 1992).

C'est une forme d'hybridation récurrente, durant laquelle une caractéristique désirable est transférée à une variété adaptée et productive. L'hybride F1 est recroisé avec le parent récurrent. C'est le back cross 1. Le produit de ce croisement servira de partenaire pour le back cross 2. Au 5ème ou 6ème back cross une autofécondation à lieu. (Chetmi ., 2009).

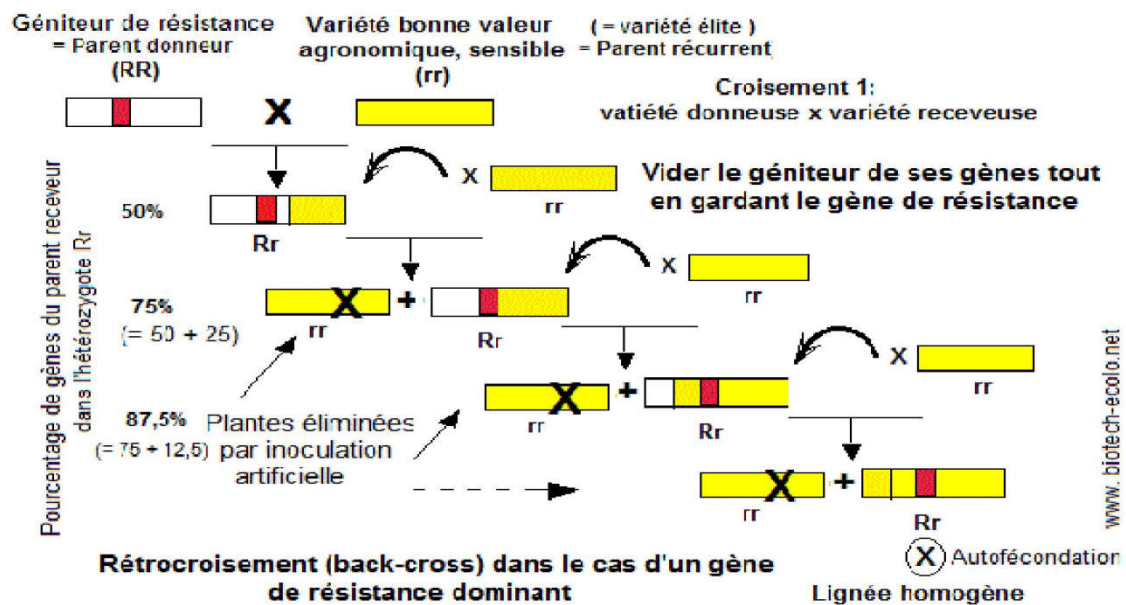


Figure 27:Rétrocroisement ou back cross dans d'un gène de résistance dominant. (Boaziz ., 2017).

f. Sélection conservatrice

Elle consiste à produire des semences en quantité suffisante tout en conservant les caractères génétiques originaux : La sélection conservatrice valorise la sélection créatrice et assure la diffusion de variétés nouvelles ou cultivées. C'est ainsi qu'elle élimine à chaque génération les variations pouvant apparaître, quelques soient d'origine génétique ou d'origine accidentelle. (Simon et al ., 1989).

Hybridation des plantes

+ Définition

L'hybridation consiste à croiser deux plantes ayant des caractères différents et complémentaires. On crée ainsi la descendance de nouvelles combinaisons qui seront des parents de sélection. On cherchera là où les plantes qui regroupe un maximum de caractères intéressants, provenant de chacun des parents. (Simon et al ., 1989).

L'hybridation

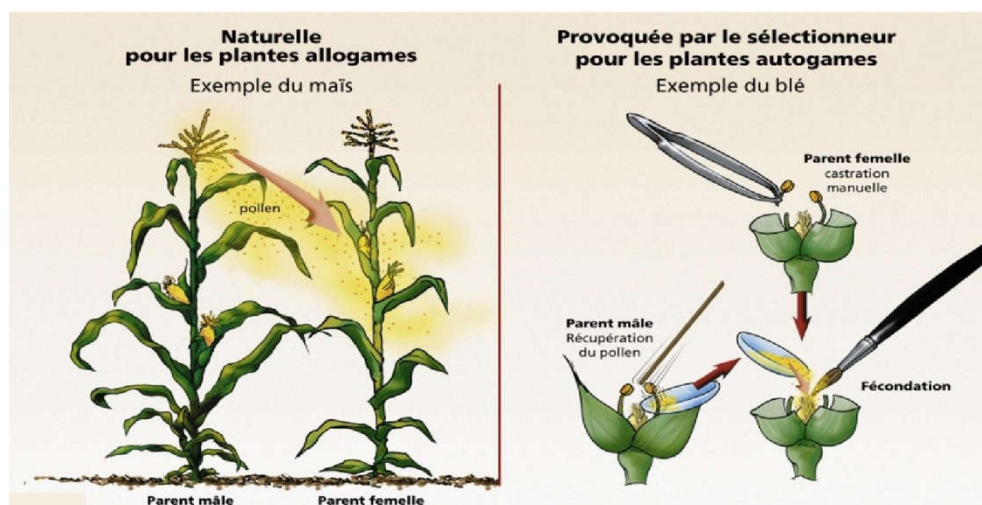


Figure 28: L'hybridation. (Becquet et al ., 2011).

+ Les types d'hybridation

a. Hybridations intra spécifiques

Selon Demarly et Sibi ., 1989. Hybridations intra spécifiques est la plus courante, elle consiste à un croisement de deux lignées pures de la même espèce. Elle est facile à réaliser et ne pose pas de problèmes d'ordre génétique.

Les génotypes sont croisés à l'intérieur d'une même espèce avec un ou plusieurs partenaires qui apportent des qualités complémentaires ou qui intensifient, par l'effet cumulatif,

les performances de chaque génotype, lorsqu'on veut complimenter entre deux parents tout un ensemble de caractéristiques.

b. Hybridations interspécifiques

On pratique cette méthode lorsque les caractères recherchés n'existent pas au sein de l'espèce, par exemple la rusticité. Dans ce cas, on utilise souvent les plantes issues d'espèces voisines, généralement sauvages. (Demarly et Sibi ., 1989).

Les méthodes modernes

L'amélioration génétique des plantes

L'amélioration des plantes peut être définie comme la modification des caractères des plantes par l'homme pour mieux les adapter à ses besoins. De point de vue génétique, elle correspond à l'ensemble des opérations qui permettent de passer d'un groupe d'individus n'ayant pas certaines caractéristiques à un nouveau groupe, plus reproductible, apportant un progrès. Il s'agit de réunir dans un même individu le maximum de gènes favorables. (Salmi ., 2020).

Les types de l'amélioration génétique

L'amélioration variétale est un mécanisme très délicat et long qui tient compte de divers facteurs ; génétiques, physiologiques et pédoclimatiques. Cette amélioration peut utiliser les techniques de la génétique, du génie génétique, de la biochimie, de la physiologie et de la biotechnologie.

L'objectif final de cette amélioration est d'obtenir un matériel végétal performant haut producteur, tolérant aux stress environnementaux. (Chalbi et Demarly ., 1991), donnant satisfaction à l'utilisateur et au consommateur, parfaitement homogène pour l'inscription au catalogue officiel des nouvelles variétés (Daaloul et al cités par Bensalem et Monneveux ., 1993).

a) Culture in vitro

La culture in vitro permet de cultiver des tissus ou des fragments d'organes isolés d'une plante tels que des apex, des bourgeons, des nœuds pouvant régénérer des pousses. Mais aussi des racines ayant une croissance de type infini, ou encore des feuilles maintenues en survie.

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

Cette technique permet également de cultiver des cellules isolées voire même des protoplastes capables de se diviser, de former des cals, des tissus organisés et même de régénérer une plante entière. La culture in vitro permet donc d'utiliser toutes les potentialités régénératrices d'une plante. (Lachachi ., 2010).

Tableau IV : Les techniques de culture in vitro et leurs principales applications. (Lachachi ., 2010).

Techniques de culture in vitro	Application
- Culture d'embryons zygotiques. - Embryogenèse somatique. - Culture de nœuds et de bourgeons. - Culture d'apex. - Micro greffage. - Micro propagation. - Androgenèse et gynogenèse. - Culture de cellules isolées. - Culture de tissus, de cals.	- Sauvegarde de génotypes. - Production et transformation génétique. - Rajeunissement et micro boutures. - État sanitaire et rajeunissement. - État sanitaire et rajeunissement. - Rajeunissement et production. - Amélioration (haploïdes). - Modèle d'études et de recherches. - Substances pharmacologiques.

b) La transgénèse

Définition

La transgénèse est un outil du génie génétique, qui complète les méthodes traditionnelles d'amélioration des plantes quand ces dernières se heurtent à des impossibilités. Il s'agit en fait du transfert par transformation génétique d'une version « construite » d'un gène. De nos jours, de nombreux génomes ont été intégralement séquencés dont le génome humain. Il est donc désormais possible d'isoler une séquence d'ADN codant une protéine d'intérêt. (Benabdoun ., 2020).

Les différentes stratégies de transgénèse

Introduire un nouveau caractère

C'est un cas où le transfert de gènes s'accompagne d'un transfert de caractère. Une copie du gène d'intérêt est introduite dans la plante. Son expression, par l'intermédiaire d'un ARN messager, entraîne la production d'une protéine, responsable du nouveau caractère. Les exemples dans ce domaine sont nombreux : introduction d'un gène de résistance à des insectes, à des

pathogènes, à des herbicides, modification de la composition des graines, production de molécules d'intérêt industriel ou pharmaceutique. (Khater ., 2020).

Inactiver un caractère

Dans ce cas, il n'y a plus à proprement parler de transfert de gènes, on agit sur l'expression d'un gène déjà présent dans la plante. La stratégie anti sens est la voie la plus couramment utilisée. Elle consiste à bloquer l'expression d'un gène cible. Une copie «inversée » de ce gène est introduite, d'où le nom de la technique. Les ARN messagers (ARNm) produits par la copie originelle du gène et par celle introduite sont complémentaires. Ils s'hybrident donc et forment une molécule d'ARN double brin. Cette molécule aberrante est dégradée. Ainsi l'expression du gène est bloquée et le caractère ne s'exprime plus. Cette technique a permis d'obtenir des espèces végétales à teneur en lignine réduite, des tomates et des melons à maturation retardée. (Belattar ., 2021).

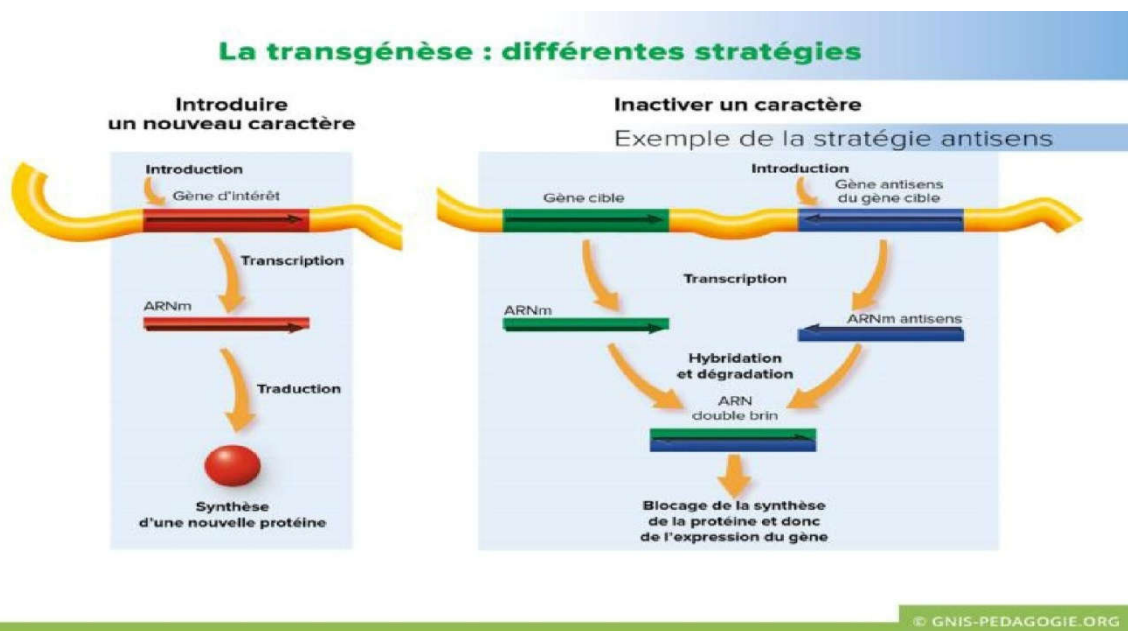


Figure 29: Les différentes stratégies de transgénèse. (Belattar ., 2021).

✚ Les méthodes de la transgénèse

□ Les méthodes dites directes comme la biolistique

Consiste à bombardier les cellules de la plante par des particules de tungstène ou d'or, de diamètre micrométrique, elles-mêmes enrobées d'ADN ; ou par introduction d'ADN dans des protoplastes (cellule végétale sans paroi pecto cellulosique) par action d'un agent chimique ou d'un champ électrique (électroporation). Il faut ensuite parvenir à régénérer une plante entière à partir de cette cellule végétale transformée.

□ Les méthodes dites indirectes

Utilisent des agents bactériens, le vecteur le plus souvent utilisé est la forme désarmée d'*Agrobacterium tumefaciens*. Cette bactérie pathogène à l'état sauvage cause, chez les plantes infectées, la formation de tumeurs principalement au niveau du collet (zone de transition entre le système racinaire et la tige feuillée). Cette maladie appelée galle du collet ou « crown-gall » résulte du transfert d'une partie d'un ADN plasmidique de la bactérie (ADN-T) dans le génome de la plante. C'est l'expression des gènes de virulence (vir) dans les agrobactéries qui permet le transfert de l'ADN-T dans les cellules végétales. (Benabdoun ., 2020).

+ Exemple : le Maïs Bt résistant aux insectes

Les maïs Bt sont des variétés de maïs qui ont été modifiées génétiquement par l'ajout du gène leur conférant une résistance aux principaux insectes nuisibles du maïs, entre autre une pyrale: la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*. Le terme Bt fait référence au *Bacillus thuringiensis* dont on a extrait le gène codant la toxine Cry1Ab. En 2003, la surface de maïs transgénique Bt plus tolérante à un herbicide, occupe 12,3 millions d'hectares, correspondant à 18 % de la surface d'OGM totale cultivés dans le monde

La pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis*, est un papillon redouté des agriculteurs : ses larves se développent dans les plants de maïs, faisant chuter les rendements quand l'infestation est massive. Pour contrer ce ravageur, un maïs Bt résistant aux attaques de la pyrale a été mis sur le marché en 1996. Un laboratoire désire produire du maïs Bt par génie génétique afin de le commercialiser auprès des semenciers. (Anonyme ., 2012).

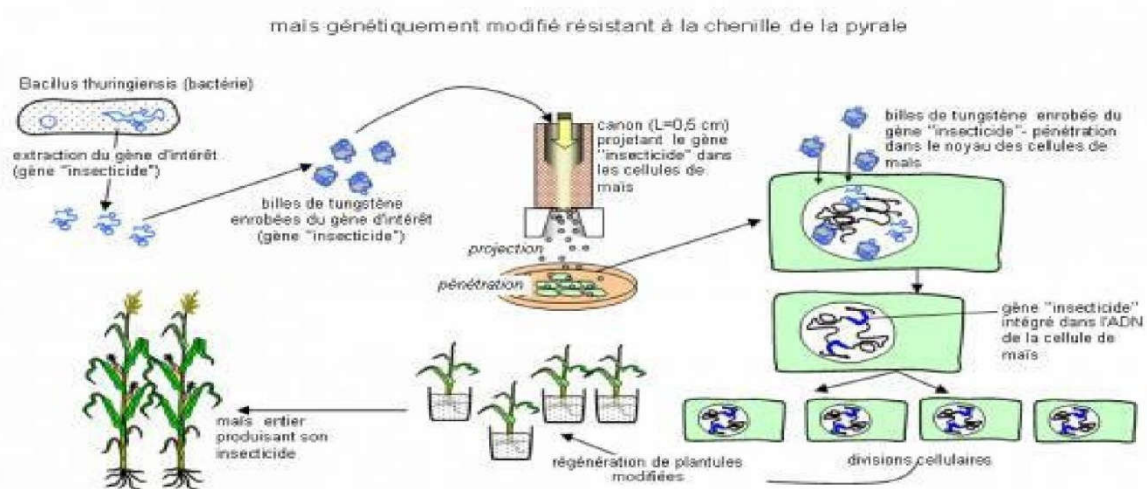


Figure 30: Une technique d'obtention du maïs Bt. (Diverna ., 2012).

c) La mutagenèse

Définition

La mutagenèse est un acte technique employé par les biologistes et les sélectionneurs pour créer de la diversité génétique à des fins de recherche ou de création variétale. Les mutations obtenues sont alors qualifiées de mutations provoquées ou de mutations induites. Diverses techniques ont été employées depuis le début du XXe siècle. Elles ont participé à l'amélioration des connaissances et donné naissance à de nombreuses variétés.

Ces techniques, dites conventionnelles utilisant des méthodes physiques (rayons, particules) ou chimiques, sont encore largement exploitées même si elles sont progressivement remplacées par d'autres dans une recherche de meilleure efficacité. (Alain ., 2014).

Les types de mutagenèse

Mutagenèse est une méthode de création de variabilité génétique induisant des mutations par l'emploi d'agents chimiques, physiques ou biologiques de manière aléatoire ou ciblée. (Alain ., 2014).

- **La mutagenèse aléatoire** : consiste à soumettre des cellules végétales à des agents mutagènes (agents chimiques ou physiques (rayons X ou ultraviolets)). Ces agents vont provoquer dans le matériel génétique des lésions dont la réparation imparfaite crée les mutations. Il n'y a ici aucun contrôle sur les mutations générées (nature, lieu). (Cornu ., 2011).
- **Mutagenèse chimique** : L'emploi des méthodes de mutagenèse chimique a une histoire quelque peu différente. Elle est liée à celle des gaz de combat (ypérite) utilisés pendant la première guerre mondiale. L'analyse de l'effet des substances chimiques sur les organismes vivants a longtemps été couverte par le secret militaire, retardant ainsi les applications au domaine civil. Au cours des années 40, la connaissance des effets des agents mutagènes chimiques progresse et le mode d'action sur la cellule et l'ADN est rapidement caractérisé. (Alain ., 2014).

d) Hybridation somatique

Lorsque, partant de tissu somatique, on dissocie les cellules et qu'on attaque leurs parois cellulodiques avec les enzymes appropriées, la lyse dénude la cellule qui ne possède plus que sa membrane plasmique et apparaît sous la forme dite «protoplaste». Ces protoplastes ont un état épi génique très perturbé et leur probabilité de régénérer l'intégrité cellulaire, puis la plante, est

faible et nécessite des soins nombreux. En revanche, à ce stade de dépersonnalisation des réseaux de repérage, le protoplaste est apte à recevoir tout élément étranger sans l'identifier comme un «non-soi». On peut donc agglomérer deux protoplastes appartenant à des espèces, à des genres... et même à des règnes biologiques différents. On appelle cette opération fusion somatique. La cellule d'addition et de recombinaison résultante peut, avec certaines restrictions, régénérer un individu dit «hybride somatique». (Demarly et Sibi ., 1996).

e) Séquençage

Suite à la découverte de la structure de l'ADN en 1953 par Jim Watson et Francis Crick, différentes méthodes de séquençage de l'ADN se sont développées à partir de la fin des années 1970. Le séquençage de l'ADN consiste à déterminer l'ordre d'enchaînements des nucléotides d'un fragment d'ADN. Il permet ainsi d'obtenir, à partir du génome d'un individu, l'ensemble des informations issues des séquences d'ADN qui composent son matériel génétique.

Toutes les techniques de séquençages existantes ont un point commun : elles se basent sur les connaissances qui ont été acquises depuis une trentaine d'années sur les mécanismes de réplication de l'ADN avec l'utilisation de l'ADN polymérase. Cette enzyme est capable de synthétiser un brin complémentaire d'ADN à partir d'un brin matrice. Elle a l'avantage d'avoir une activité correctrice, c'est à dire qu'à chaque incorporation d'une nouvelle base, la polymérase vérifie que cette base est la bonne, ce qui limite le taux d'erreurs. On peut estimer ce dernier à une erreur toutes les 3 milliards de bases. Depuis une dizaine d'années, des nouvelles technologies dites de séquençage « haut débit » ou « nouvelle génération » (Next-Generation Sequencing : NGS) ont été développées et commercialisées. Ces nouvelles technologies améliorent considérablement la rapidité et le coût du séquençage entraînant une augmentation exponentielle du nombre de séquences produites. (Vannier ., 2017).

Les techniques de séquençage

• La méthode de Maxam et Gilbert (1977)

Cette méthode utilise des échantillons d'ADN double brin et ne nécessite donc pas le clonage de l'ADN dans un vecteur pour produire de l'ADN simple brin comme c'est le cas pour la méthode de Sanger. Cette méthode est basée sur une dégradation chimique de l'ADN et utilise les réactivités différentes des quatre bases A, T, G et C, pour réaliser des coupures sélectives. Les réactifs sont résumés dans le tableau 1. En reconstituant l'ordre des coupures, on peut remonter à la séquence des nucléotides de l'ADN correspondant.

Maxam & Gilbert's method (chemical cleavage)

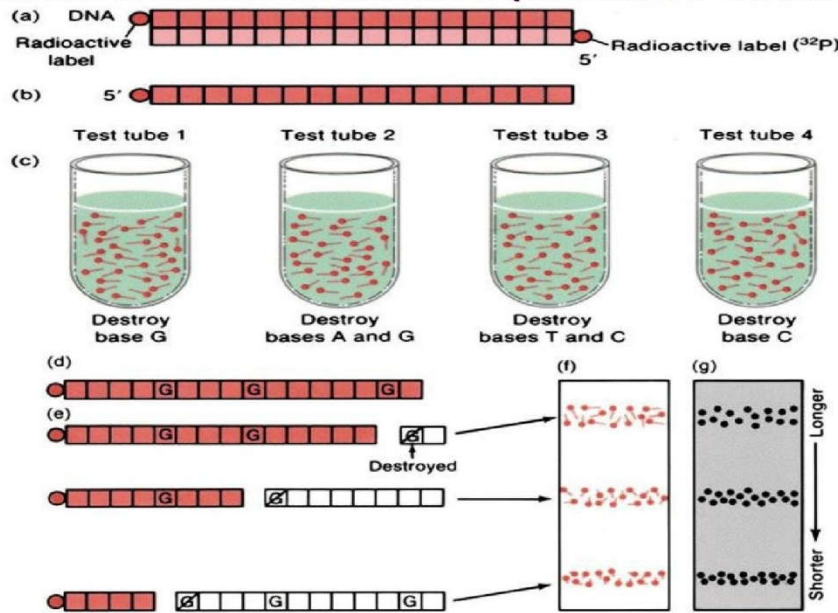


Figure 31: La méthode de Maxam et Gilbert. (Hoshika et al ., 2019).

• La méthode de Sanger et Nicklen 1977

Cette méthode est basée sur l'interruption de la synthèse enzymatique d'un brin d'ADN complémentaire (arrêt d'élongation). L'ADN à séquencer est cloné et de nombreuses molécules d'ADN simple brin sont produites. Une courte amorce d'oligo nucléotides (généralement synthétisée chimiquement et éventuellement marquée) est ajoutée à l'ADN. Le point de fixation de l'amorce sert de point de départ pour la synthèse du brin complémentaire. La polymérase est alors ajoutée avec :

- les 4 nucléotides normaux : d-ATP, d-CTP, d-GTP et d-TTP (au moins un d'entre eux est marqué au phosphore 32, au soufre 35 ou au Phosphore 33) ;
- une faible concentration de 4 nucléotides analogues dans des incubations séparées. Les analogues sont des didésoxy nucléotides (ddNTP) qui sont identiques aux nucléotides normaux sauf que les groupes hydroxyles (OH) des riboses sont remplacés par des hydrogènes (H). La polymérase ne peut pas distinguer ce substrat des nucléotides normaux. (El fahime et Ennajimly ., 2007).

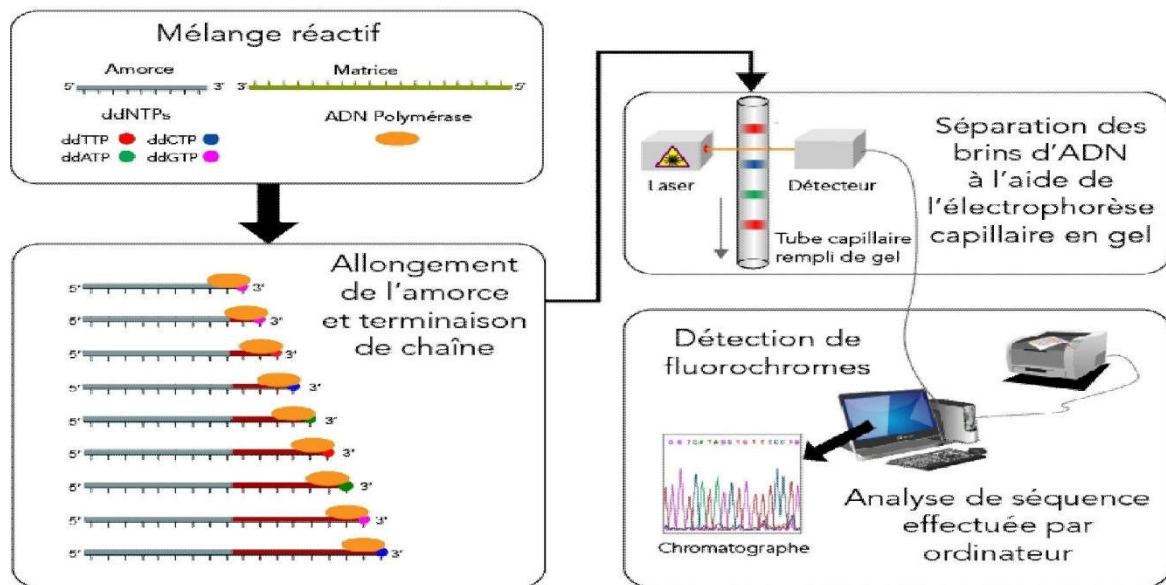


Figure 32: La méthode de Sanger et Nicklen. (Hoshika et al., 2019).

f) Sélection par les marqueurs moléculaire

✚ Principes de la SAM

La SAM repose sur l'utilisation de marqueurs moléculaires pour marquer des régions chromosomiques et suivre leur transmission dans la population. Cela permet donc de distinguer les descendants entre eux selon qu'ils ont reçu des copies plus ou moins favorables de l'information génétique de leurs parents. En effet, pour chaque région chromosomique

(QTL), il existe plusieurs versions (allèles) de l'information génétique dans la population. Le but est donc de mesurer l'effet de différents allèles au QTL dans la population en connectant au maximum les parents entre eux et en suivant la transmission des allèles d'une génération à l'autre.

La SAM repose donc sur deux principes essentiels :

L'utilisation de variété résistantes constitue une composante essentielle pour la majorité des programmes de sélection et un moyen de contrôle efficace qui prend en considération l'aspect écologique aussi bien qu'économique favorise le développement de nouveaux biotypes capables de contourner cette résistance, ce qui nécessite la recherche continue et rapide de nouvelles sources de résistance. Cette recherche a été largement facilitée par l'avènement des techniques de marquage moléculaire durant ces dernières années. (Grin., 2015).

Types de marqueurs

Il existe différents types de moléculaires

- **RFLP** : Polymorphisme de longueur de fragments de restriction
- **AFLP** : Polymorphisme de longueur des fragments amplifiés
- **SSLP** : Simple séquence length polymorphisme
- **RAPD** : Amplification aléatoire d'ADN polymorphe
- **SNP** : Polymorphisme nucléotidique
- **SSCP** : Polymorphisme de conformation des simples brins
- **EST** : Marqueur de séquence exprimé
- **CNV** : Variabilité du nombre de copies
- **VNTR** : Séquence répétée
- **SSR** : Simple séquence repeat ou polymorphisme de microsatellite Les

plus utilisés sont les marqueurs RFLP, RAPD, AFLP. (Anonyme ., 2021).

Tableau V : Comparaisons entre les marqueurs RFLP, AFLP et SSR. (Bousba ., 2012).

Marqueurs	Avantages	Inconvénients
RFLP	• La RFLP est une méthode fiable et facilement transférable entre laboratoires. • Il s'agit d'un marqueur Co dominant. • Aucune information sur la séquence n'est requise • La technique est principalement basée sur des homologies de séquences, elle peut être utilisée pour des analyses phylogénétique entre espèces. • Elle est utilisée pour faire des cartes génétiques de liaisons. • Il s'agit d'un marqueur locus spécifique qui peut également permettre l'étude de synthésies. • La RFLP est une technique simple ne nécessitant pas de sondes particulières.	• La RFLP nécessite une grande quantité d'ADN. • Elle n'est pas automatisable vu les étapes de transfert et d'hybridation. • Certaines espèces possèdent un taux peu élevé de polymorphisme. • Un faible nombre de locus sont détectés par expérience. • Cette technique nécessite d'avoir recours à une banque de sondes. • La méthode est peu rapide. • Son coût est élevé. • Il est possible de transmettre les sondes entre laboratoires.
AFLP	• L'AFLP permet un survol rapide de	• La génération d'une grande

	l'ensemble du polymorphisme du génome. • Elle est hautement reproductible. • Il n'ya pas besoin de connaître une séquence et de créer des sondes spécifiques. • Elle permet la création facile et rapide de cartes génétique. • L'AFLP permet la création d'un profil de transcrits qui reflète l'expression et la répression de gènes (AFLP-ADNc). • Cette technique peut être appliquée à de nombreuses espèces (animaux, plantes et bactéries). • L'AFLP ne nécessite aucune connaissance préalable de séquences du génome de la plante étudiée, ni la construction des banques génomiques ou ADNc, à l'encontre des SSR ou des RFLP.	quantité d'information. nécessite une analyse automatisée et la technologie informatique. • Ce sont des marqueurs dominants. • Les marqueurs AFLP sont : souvent localisés aux centromères et aux télomères. • Le laboratoire doit être formé dans l'analyse de données. • L'AFLP, étant couverte par un brevet de la société néerlandaise Key gène qui a mis au point cette technique, est une méthode couteuse. • Ces différences limitent l'utilisation de l'AFLP à grande échelle pour des applications comme la sélection assistée par marqueurs.
SSR	• Les microsatellites sont des marqueurs Co dominants. • Ils sont très largement utilisés. • Il ya une grande fréquence de SSR dans le génome. • Les microsatellites sont bien répartis à travers tout le génome. • Ils sont reproductibles. • Les microsatellites sont faciles à manipuler. • On observe un polymorphisme élevé de SSR dans la population humaine.	• La préparation des microsatellites est très lourde car il faut cribler une banque génomique enrichie avec une sonde du microsatellite, séquencer les clones positifs, synthétiser les amorces oligo nucléotidiques et tester les paires d'amorces dans un échantillon d'individus.

Exemple : de gènes majeurs de résistance aux maladies et aux insectes cartographiés, au moyen des marqueurs moléculaires chez le blé tendre

Le tableau 06 rassemble les récentes publications décrivant les liaisons mises en évidence entre démarqueurs moléculaires et les principales résistances mono géniques du blé tendre, résistance à la mouche de hesse (*Mayetiola destructor* Say), au puceron russe (*Diuraphis noxi* Mordvilko), aux rouilles brune (*Puccinia recondita* Rob.), jaune (*Puccinia striiformis* West.) Et noire (*Puccinia graminis* Pers.), à l'oïdium (*Erysiphe graminis* Marchal), aux caries (*Tilletia tritici* Berk. Et T. *laeviuscula*) et à la septoriose (*Septoria tritici* ex Desm.).

On peut distinguer pour certaines maladies, comme l'oïdium et les rouilles brune et jaune, deux types de résistance: La résistance spécifique et la résistance non spécifique.

La résistance spécifique est généralement mono génique et dominante. Elle s'exprime dès le stade plantule et se caractérise par une très grande spécificité race/cultivar. Cette résistance résulte d'une interaction spécifique entre un gène de résistance de la plante hôte et un gène d'avirulence du pathogène. Elle a l'inconvénient d'être rapidement surmontée par le pathogène et donc d'être peu durable.

La résistance non spécifique (appelée encore résistance adulte) est caractérisée par la sensibilité des jeunes plantules mais la résistance des plantes adultes lorsqu'elles sont inoculées par un mélange de races actuelles du pathogène. Cette résistance s'exprime donc au stade adulte de certaines variétés et conduit à un ralentissement du développement de la maladie. Ces variétés conservent généralement un bon niveau de résistance durant plusieurs années de culture en différents lieux. Cette résistance a été détectée chez les cultivars de blé qui ne possèdent aucun gène majeur connu ou ayant des gènes majeurs devenus inefficaces. Bien que la génétique de la résistance non spécifique, soit principalement quantitative, ont rapporté que des gènes majeurs uniques peuvent être impliqués dans cette résistance. En effet, ces auteurs ont montré dans leur étude que la résistance adulte à la rouille jaune est contrôlée par un seul gène majeur *Yrns-b1* localisé sur le chromosome 3BS. Le nombre de gènes majeurs impliqués dans les résistances adultes aux maladies qui sont bien caractérisés (*Lr12*, *Lr13*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr46*, *Yr18*, *Yr28*, *Yrns-B1*, *Sr2*, *Sr22*) reste faible en comparaison avec les gènes à résistance spécifique. D'autres auteurs ont montré que la résistance adulte à l'oïdium et à la rouille brune est gouvernée par 2 à 3 gènes à effets additifs prédominants. Contrairement aux caractères à déterminisme simple, les caractères quantitatifs polygéniques sont soumis aux influences conjointes de différents facteurs génétiques (QTL) et de facteurs environnementaux. (Najimi et al., 2003).

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

Tableau VI : Exemples de gènes majeurs de résistance aux maladies et aux insectes cartographiés au cours des cinq dernières années, au moyen des marqueurs moléculaires chez le blé tendre. (Najimi et al ., 2003).

Caractère	Gènes de résistance	Membre et type de marquer	Localisation chromosomique	Type de population
Résistance à la mouche de hesse	H3	1 RAPD	5A	(Liso)
	H5	2 RAPD	1A	(Liso)
	H6	3 RAPD	5A	(Liso)
	H9	2 RAPD	5A	(Liso)
	H10	2 RAPD	5A	(Liso)
	H11	2 RAPD	1A	(Liso)
	H12	2 RAPD	5A	(Liso)
	H13	1 RAPD	6D	(Liso)
	H14	1 RAPD	5A	(Liso)
	H16	1 RAPD	5A	(Liso)
	H17	1 RAPD	5A	(Liso)
	H21	1 RAPD	2RL	(Liso)
Résistance au puceron russe	Dn1	1 SSR	7DS	(Liso) et (f2)
	Dn2	1 RFLP	7DL	F2
		4 RAPD/2SCAR	7DL	(Liso) ET (F2)
		RAPD	7DL	F2
	Dn4	1 SSR	7DS	(Liso) et (F2)
		1 SSR	7DS	F2
		1 RFLP	1DS	F2
		1 RFLP	1DS	F2
	Dn5	SSR	1DS	F2
		3 RAPD	7DS	F2
		RAPD/SCAR	7DS	(Liso) et (F2)
		PCR-RFLP	7DS	F2
	Dn6	1 SSR	7DS	(Liso) et (F2)
		SSR	7DS	F2
	Dn8	1 SSR	7DS	(Liso) et (F2)
	Dn9	1 SSR	1DL	(Liso) et (F2)
Résistance à la Rouille jaune	Yr10	RFLP	1BS	(Liso)
	Yr15	1 RFLP	1BS	(Liso)
		1 RAPD	1B	(Liso)
		1 SSR	1B	(Liso)
	Yr17	SSR/RAPD	1B	(Liso)
		1 RAPD/1 SCAR	2A	(Liso)
	Yr18(APR)	RFLP	7DS	(LR)
	Yr26	3 SSR	1BS	(F2)

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

	Yr28(APR) YrH52 Yrns-B1(APR)	RFLP SSR 1 RFLP SSR	4DS 1B 1B 3BS	(LR) (F2) (F2) (F3)
Résistance à la Rouille brune	Lr3 Lr10 Lr13(APR) Lr19 Lr21 Lr23 Lr27 Lr28 Lr31 Lr34(APR) Lr35(APR) Lr39 Lr47 LrTr	1 RFLP 1 RFLP 1 STS 3 RFLP,3SSR AFLP/1STS RFLP 2 RFLP 2 RFLP 1 RAPD/1STS 2 RFLP 1 RFLP 3 RFLP,RAPD 3 RFLP/1 STS 3 SSR 1 PCR SSR	6BL 1AS 1AS 2B 7DL 1DS 2BS 3BS 4BL 7DS 7BL,1DS 2B 2DS 7A 4BS	(F2) Cartographie (Liso) (F2) Délétion/recombinaison (Liso) (Liso) (F2) (F3) (F3) Cartographie (LR) (F2) (F2) (BC) (F2)
Résistance Durable à la Rouille noire	Sr2(APR)	1 STS 2 RFLP	3B 3BS ,6DS	Lignées en sélection (LR)
Résistance à l'oïdium	Pm Pml Pmlc Pm4a Pm4a&Pm4b Pm4b Pm6 Pm13 Pm21 Pm24 Pm26 MIRE	1 RFLP 1 RFLP 1 RAPD/STS 1 AFLP 1 AFLP 1 STS 6 AFLP 3 RFLP RFLP RAPD,RFLP,STS RAPD/2SCAR 2 AFLP,3SSR RFLP SSR	2B 7AL 7AL 7AL 2AL 2AL 2AL 2B 2BL 3B,3D 6AL/6VS 1DS 2BS 6AL	(LR) (Liso) (Liso) (Liso) (F3) (F2) (HD) (Liso) (Liso) (LR) (F2) (F2) (F2)et (LR) (F3)

Chapitre III : Amélioration des céréales : Méthodes classiques et modernes (voie biotechnologique).

Resistance aux caries(Tilletia triticietT.laevis)	Bt-10 Bt-11	1 PCR 1 RAPD		(F2) (F4,F5)
Résistance à la Septoriose (septoria Tritici)		1 AFLP	Non déterminée	(LR)

CHAPITRE IV:

État de la sécurité alimentaire pendant la COVID-19



I. Généralité sur la COVID-19

Selon (FAO ., 2020). Depuis fin 2019 début 2020, une épidémie de la COVID-19 - une maladie infectieuse causée par un coronavirus récemment découvert - s'est rapidement répandue dans le monde entier, faisant un nombre considérable de victimes et de malades et déclenchant une chaîne de mesures de confinement et d'atténuation. Ces mesures comprennent la distanciation sociale, la restriction des mouvements de personnes, et la fermeture partielle de routes, de ports, d'aéroports, d'usines, de commerces et de banques, entraînant une paralysie de l'économie mondiale.

Selon (l'OMS ., 2021). La maladie à corona virus (COVID 19) est une maladie infectieuse due à un coronavirus qui a été découvert récemment. La plupart des personnes infectées par le virus responsable de la COVID19 présenteront une maladie respiratoire d'intensité légère à modérée et se rétabliront sans avoir besoin d'un traitement particulier. Les personnes âgées et celles qui ont d'autres problèmes de santé, tels qu'une maladie cardiovasculaire, un diabète, une maladie respiratoire chronique ou un cancer, ont plus de risques de présenter une forme grave.

II. Comment la COVID-19 touche la sécurité alimentaire et la nutrition

La COVID-19 est une maladie respiratoire et rien ne prouve que la nourriture elle-même soit un vecteur de sa transmission (ICMSF., 2020).

Cependant, le virus et les mesures prises pour contenir sa propagation ont eu de profondes répercussions sur la sécurité alimentaire, la nutrition et les systèmes alimentaires. Dans le même temps, la malnutrition (y compris l'obésité) augmente la vulnérabilité à la covid-19. L'incertitude initiale et qui a subsisté concernant la nature de la propagation de la covid-19 a conduit à la mise en œuvre de politiques strictes de confinement et de distanciation physique dans un certain nombre de pays. Ces mesures ont provoqué un grave ralentissement de l'activité économique et ont perturbé les chaînes d'approvisionnement, ce qui a créé de nouvelles dynamiques avec des effets en cascade sur les systèmes alimentaires et sur la sécurité alimentaire et la nutrition des populations. (CSA ., 2020).

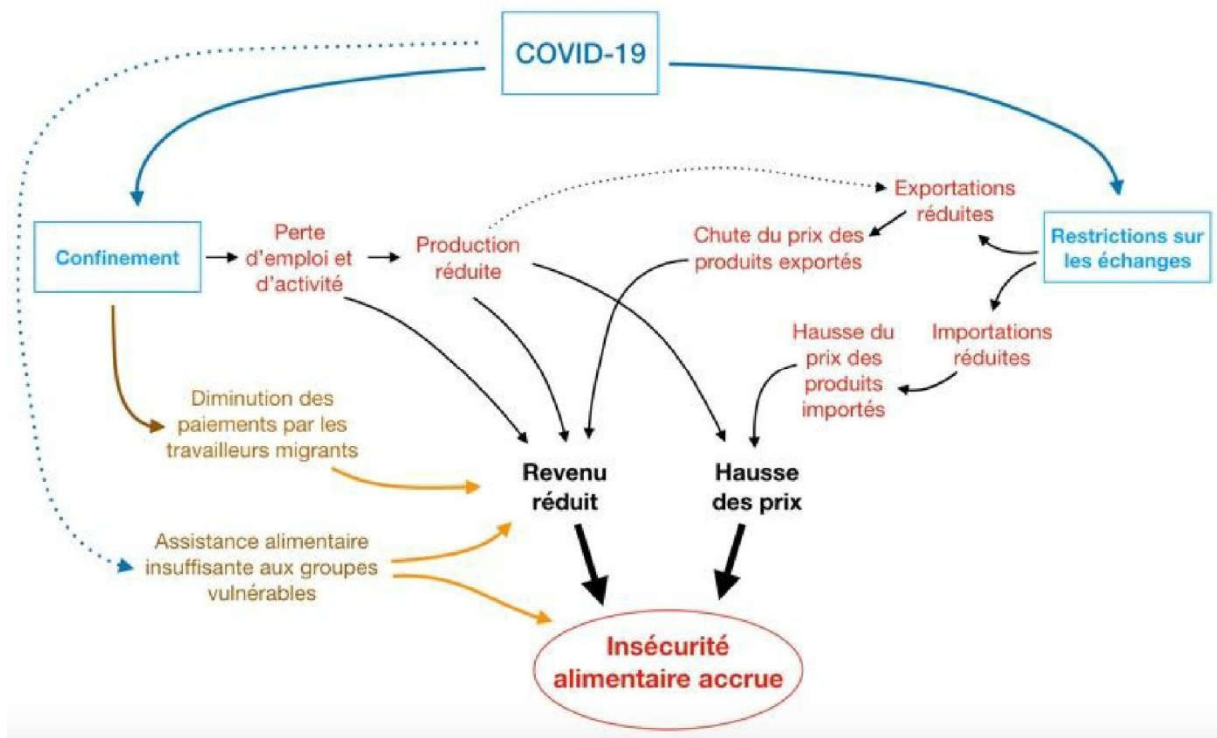


Figure 33: Impact de la crise COVID-19 sur la sécurité alimentaire. (Basquin Fané ., 2020).

📌 Implications pour les six dimensions de la sécurité alimentaire :

La pandémie COVID-19 est une crise qui menace toutes les dimensions de la sécurité alimentaire dans le monde. Ces dimensions sont : Accès, Durabilité, Agencité, Utilisation, Stabilité, et la Disponibilité.

L'impact de la pandémie sur ces dimensions est tel que montré dans la figure ci-dessous :

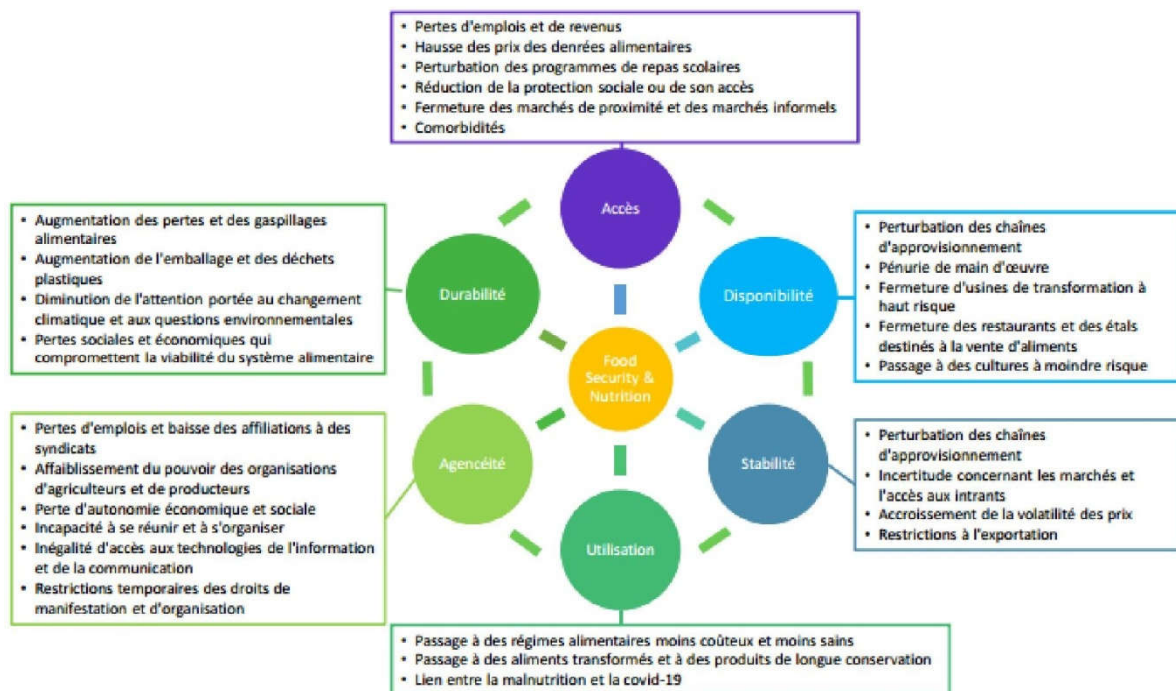


Figure 34: Implications pour les six dimensions de la sécurité alimentaire (CSA., 2020).

III. La situation de la sécurité alimentaire pendant le covid -19

Dans le monde

La pandémie COVID-19 est une crise sanitaire et humaine qui menace la sécurité alimentaire et la nutrition de millions de personnes dans le monde.

Avant le début de cette pandémie, plus de 820 millions de personnes souffraient d'insécurité alimentaire chronique. Les dernières données disponibles montrent que la sécurité alimentaire de 135 millions de personnes a atteint un seuil critique ou pire. D'ici la fin de l'année, ce nombre pourrait quasiment doubler en raison des conséquences de la COVID-19. De même, le nombre d'enfants de moins de cinq ans souffrant d'un retard de croissance s'élève aujourd'hui à 144 millions, soit plus d'un enfant sur cinq dans le monde. Quelque 47 millions d'enfants souffre d'émaciation. Tous ces chiffres pourraient augmenter rapidement. À la fin du mois de mai, 368 millions d'écoliers ne bénéficiaient plus des repas scolaires quotidiens dont ils dépendaient. La pandémie pourrait faire basculer environ 49 millions de personnes dans l'extrême pauvreté en 2020. Chaque fois que le produit intérieur brut mondial baisse d'un point de pourcentage, 700 000 nouveaux cas de retard de croissance sont à déplorer. Ces effets de revenu, combinés à d'autres chocs d'offre, pourraient entraîner une augmentation rapide du

nombre de personnes en situation d'insécurité alimentaire ou nutritionnelle aiguë dans les trois ou quatre mois à venir. (UN., 2020).

🚦 Crise alimentaire et nutritionnelle : qui est les personnes les plus vulnérables ?

Il est essentiel de reconnaître que les personnes les plus vulnérables à la crise alimentaire et nutritionnelle dans le contexte de la COVID-19 sont celles qui étaient déjà exposées à des privations alimentaires et nutritionnelles critiques avant le début de la crise. Plus de 820 millions de personnes étaient déjà classées comme étant en situation d'insécurité alimentaire avant que la crise ne commence (**L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, 2019**). Sur ce nombre, on estime que 135 millions de personnes connaissent une situation de crise, d'urgence, voire de famine, d'après le Cadre intégré de classification de la sécurité alimentaire (IPC), qui est utilisé dans le monde entier pour établir des mesures objectives concernant les risques de défaillance alimentaire et nutritionnelle et pour hiérarchiser les ressources nécessaires et les actions à mener (**Rapport mondial sur les crises alimentaires ., 2020**).

Selon le **Programme alimentaire mondial**, 130 millions de personnes supplémentaires pourraient entrer dans l'une de ces catégories d'ici la fin de l'année. Le suivi de la sécurité alimentaire des ménages en temps quasi réel et les estimations basées sur des modèles suggèrent que la détérioration des conditions d'emploi et d'autres facteurs pourraient avoir fait basculer jusqu'à 45 millions de personnes dans une insécurité alimentaire aiguë depuis février 2020, majoritairement (33 millions) en Asie du Sud et du Sud-Est, et principalement en Afrique subsaharienne pour le reste. (UN., 2020).

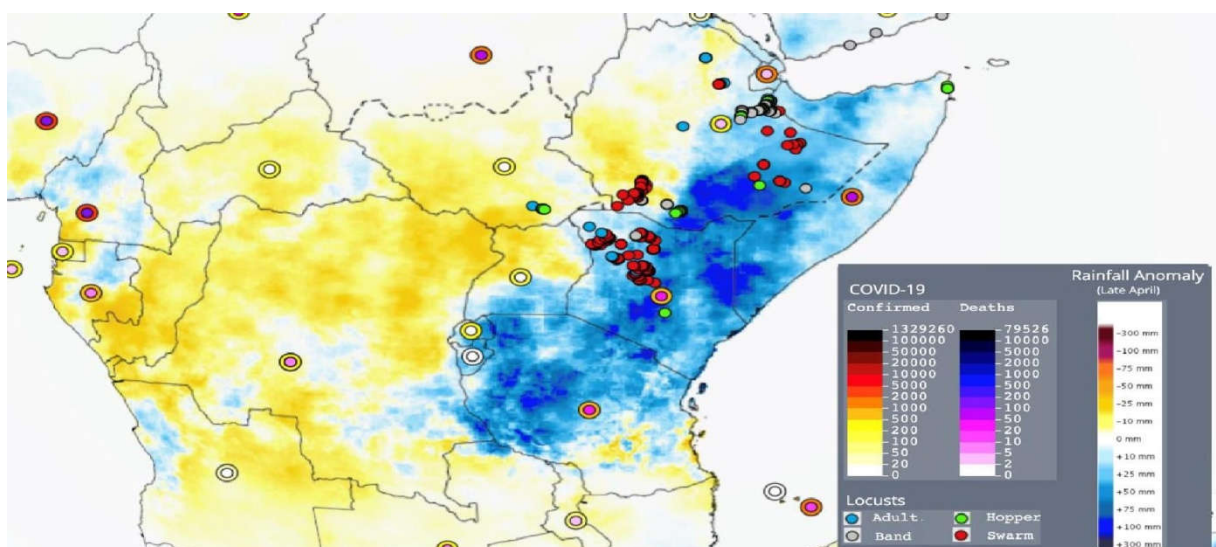


Figure 35: Une triple menace en Afrique de l'Est : COVID-19, criquets et fortes pluies. (UN., 2020).

Des réserves céréalière bondantes existent dans le monde entier malgré les effets de la covid-19

La covid-19 a provoqué des perturbations dans les chaînes d'approvisionnement alimentaire dans le monde entier et a suscité des inquiétudes relatives à la sécurité alimentaire. Toutefois, malgré ces inquiétudes, les marchés céréaliers mondiaux devraient rester bien approvisionnés et équilibrés. Si les perturbations localisées, dues en grande partie à des problèmes logistiques, posent des problèmes de fonctionnement aux chaînes d'approvisionnement alimentaire sur certains marchés, leur durée et leur ampleur prévues ne devraient pas avoir d'effet significatif sur les marchés alimentaires mondiaux, du moins à moyen terme.

L'estimation de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour la production céréalière mondiale de 2019 a été révisée à la hausse de 1,2 million de tonnes. Depuis avril, elle s'élève à 2 721 millions de tonnes, dépassant la production mondiale de 2018 de 64,6 millions de tonnes (2,4 pourcent). La production mondiale de céréales secondaires en 2019 s'élève à 1 445 millions de tonnes, soit 36,3 millions de tonnes de plus d'une année sur l'autre. La production mondiale de blé est estimée à 763 millions de tonnes, soit 30,9 millions de tonnes de plus que la production de 2018 et à peine un peu moins que le record de 765 millions de tonnes enregistré en 2016. La production mondiale de riz devrait atteindre 512 millions de tonnes (sur base usinée), soit une baisse de seulement 0,5 pourcent par rapport au niveau record de 2018 et le deuxième volume le plus important jamais enregistré.

Par conséquent, l'offre de céréales pour l'exportation est largement suffisante pour répondre à la demande mondiale et la FAO prévoit un rapport utilisation - stock de céréales confortable de 30,7 pourcent d'ici la fin de 2020. L'indice FAO des prix des céréales était en moyenne de 164,6 points en mars 2020, en baisse de 3,2 points (1,9 pourcent) par rapport à février 2020 et maintenant presque au même niveau qu'en mars 2019, malgré les inquiétudes concernant la covid-19. L'offre mondiale importante, combinée à des perspectives de récolte généralement favorables, a maintenu les prix internationaux du blé sous pression. De plus, l'indice FAO des prix des aliments (FFPI) était en moyenne de 172,2 points en mars 2020, en baisse de 7,8 points (4,3 pourcent) par rapport à février. La forte baisse enregistrée en mars est due en grande partie à la contraction de la demande de pandémie de la covid-19. Reflétant cette situation, les prix des denrées alimentaires sont restés globalement stables voire ont baissé. (FAO., 2020).

Dans Algérie

Selon **Daoudi et Bouzid ., 2020**. La sécurité alimentaire de l'Algérie est en grande partie dépendante de deux facteurs fortement impactés par la pandémie de la covid-19 : les finances publiques et le marché mondial des produits alimentaires. Le poids des importations dans la satisfaction des besoins alimentaires du pays témoigne de cette sensibilité aux perturbations du fonctionnement de ce marché mondial. A partir de ce constat, quatre points de fragilité sont susceptibles d'être directement impactés par la crise économique engendrée par la pandémie : la demande locale pour les produits alimentaires et la sécurité alimentaire des ménages économiquement vulnérables ; la production agricole et alimentaire nationale ; les chaînes logistiques locales d'approvisionnement des marchés en denrées alimentaires ; ainsi que les importations alimentaires. Chaque aspect est analysé de près pour identifier les facteurs de risques qui pourraient perturber l'accès physique et/ou économique des consommateurs à une alimentation saine et équilibrée durant les prochains mois.

Quatre composantes du système alimentaire de l'Algérie susceptibles d'être directement impactées par la crise économique engendrée par la covid-19

- ☐ la demande locale pour les produits alimentaires et la sécurité alimentaire des ménages économiquement vulnérables ;
- ☐ la production agricole et alimentaire nationale ;
- ☐ les chaînes logistiques locales et d'approvisionnement des marchés en denrées alimentaires ;
- ☐ les importations et les chaînes logistiques mondiales.

Chacune de ces quatre composantes de la sécurité alimentaire est analysée de près pour identifier les facteurs de risques qui pourraient perturber l'accès physique et/ou économique des consommateurs à une alimentation saine et équilibrée durant les prochains mois.

Les conséquences économiques de la pandémie de la covid-19 sur l'économie Algérienne

Les conséquences économiques de la pandémie de la covid-19 sur l'économie algérienne sont encore mal connues et très peu mesurées, mais elles annoncent une crise complexe et multiforme. Cette crise est le résultat de la combinaison de deux perturbations économiques distinctes qui, de par leur synchronisation, s'amplifient mutuellement. Il s'agit d'abord des

Chapitre IV : Situation de la sécurité alimentaire pendant la pandémie de la COVID-19.

conséquences économiques mondiales de la pandémie, transmises à l'économie algérienne par le reste du monde, principalement via la crise du marché pétrolier et secondairement par les autres marchés, notamment celui des produits agroalimentaires. La deuxième perturbation est interne à l'économie nationale, elle est engendrée par le net ralentissement de l'activité économique, y compris celle du secteur informel, provoqué par les mesures de confinement sanitaire. **(Daoudi et Bouzid ., 2020).**

Selon la **Banque Mondiale ., 2020.** L'Algérie connaîtra en 2020, une récession économique estimée à -6,4% de son PIB.

La crise sanitaire étant globalement maîtrisée, le temps est à la réflexion sur les conséquences des mesures de confinement sur l'économie nationale et les voies et moyens pour leur gestion. Une réflexion qui doit permettre aussi de mettre en évidence les fragilités structurelles de l'économie nationale. Ce papier met la focale sur les incidences économiques de la pandémie sur la sécurité alimentaire du pays. L'analyse de ces incidences permet d'identifier les points de fragilités de notre modèle de sécurité alimentaire. Elle s'intéresse aux incidences immédiates et de court terme (décembre 2020), même si des enseignements sur la résilience dudit modèle face à ce nouveau genre de crises multidimensionnelles sont dégagés.

La sécurité alimentaire de l'Algérie est en grande partie dépendante de deux paramètres aujourd'hui fortement impactés par la pandémie : les finances publiques et le marché mondial des produits alimentaires. L'importance du rôle de l'État dans la formation des prix des denrées alimentaires, et donc leur accessibilité, et dans l'approvisionnement des marchés en produits alimentaires importés, met en effet les finances publiques au centre des enjeux sur la sécurité alimentaire. Des finances publiques actuellement fortement impactées par la baisse de la fiscalité pétrolière (32% du budget de l'État) et de la fiscalité ordinaire suite au ralentissement de l'activité économique. Elles sont également impactées par la baisse des rentrées en devises étrangères et le risque de creusement du déficit de la balance commerciale. Le pétrole, pilier de l'économie algérienne, se trouve à l'épicentre d'une onde de choc qui va se répandre dans toute l'économie nationale. L'effondrement spectaculaire des prix du pétrole, suite à la baisse de la demande mondiale, a des conséquences lourdes sur les finances publiques, et donc sur les capacités de l'État à supporter l'énorme coût du ralentissement de l'économie nationale entraîné par les mesures de lutte contre la covid-19.

IV. Les dynamiques provoquées par la pandémie ont des répercussions sur la sécurité alimentaire et la nutrition

Un certain nombre de dynamiques qui se recoupent et se renforcent ont fait leur apparition et, jusqu'à présent, leurs effets se font sentir sur les systèmes alimentaires, la sécurité alimentaire et la nutrition. Il s'agit notamment des perturbations des chaînes d'approvisionnement alimentaire, de la perte de revenus et de moyens de subsistance, de l'aggravation des inégalités, des perturbations des programmes de protection sociale, de l'altération des environnements alimentaires et de l'inégalité des prix alimentaires au niveau local. En outre, étant donné le degré élevé d'incertitude autour du virus et de son évolution, des menaces pourraient peser à l'avenir sur la sécurité alimentaire et la nutrition, notamment la possibilité d'une baisse de la productivité et de la production alimentaires, en fonction de la gravité et de la durée de la pandémie et des mesures prises pour la contenir. Ces effets se manifestent de différentes manières au fur et à mesure que les conséquences de la pandémie à court, moyen et long terme apparaissent, comme illustré de manière succincte à la. (CSA ., 2020).

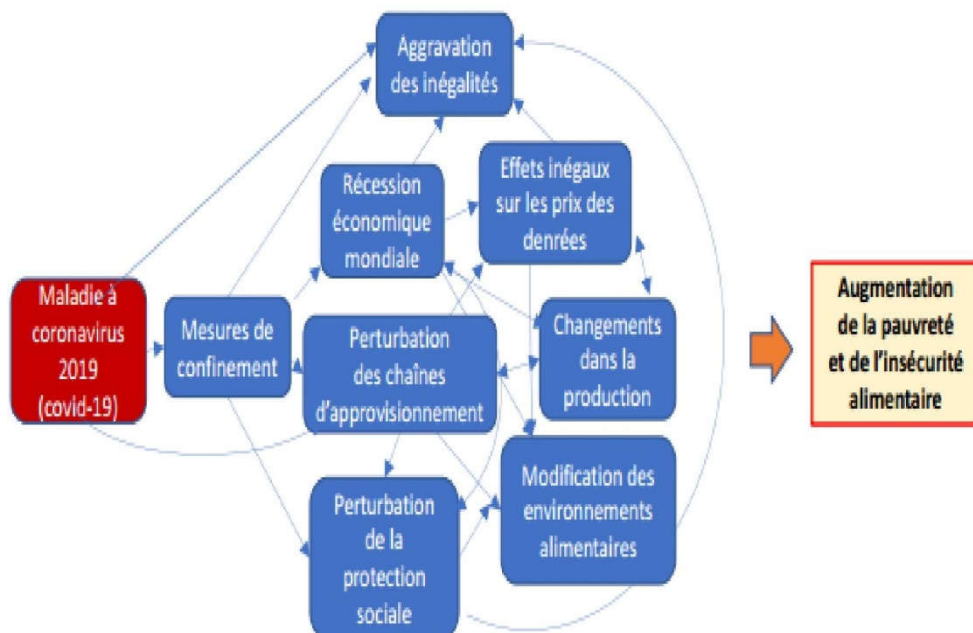


Figure 36: Les dynamiques de la covid-19 qui menacent la sécurité alimentaire et la nutrition.
(CSA ., 2020).

V. L'impact de la covid-19 sur les systèmes alimentaires au fil du temps

Au fil du temps la pandémie de la COVID-19 aura plus d'impact négatif sur les systèmes alimentaires au moyen et long terme comme ci expliquer au tableau ci-après.

**Tableau VII : L'impact de la COVID-19 sur les systèmes alimentaires au fil du temps.
(Clapp ., 2020).**

Premiers effets (1 à 2 premiers mois)	Moyen terme (après 2 à 5 mois)	Long terme (après 6 à 24 mois)
-Les perturbations mondiales et locales des chaînes d'approvisionnement alimentaire dues aux mesures de confinement entraînent des gaspillages de denrées alimentaires périssables. -Les pertes d'emplois massives et les baisses de revenus réduisent le pouvoir d'achat, ce qui affecte l'accès à la nourriture. -Les fermetures d'écoles entraînent la suppression des repas scolaires pour des millions d'enfants. -Les aliments frais (fruits, légumes, laitages, etc.) sont de moins en moins disponibles, ce qui se traduit par une dégradation de la	-Les contraintes liées à la main d'œuvre et aux intrants agricoles ont une incidence sur la production et les prix. -L'épidémie parmi les travailleurs du système alimentaire continue à perturber les chaînes d'approvisionnement. - La récession mondiale plonge des millions de personnes dans la pauvreté extrême, ce qui réduit encore leur accès à la nourriture. - Les effets inégaux sur les prix alimentaires au niveau local ont un impact sur les pays dépendants des importations alimentaires. - La modification de l'environnement alimentaire a des répercussions sur	-La perte de moyens de subsistance et de l'accès à la nourriture entraîne une aggravation massive de la faim. -La perte de moyens de subsistance dans les systèmes alimentaires menace leur stabilité et leur résilience. -L'évolution vers des régimes alimentaires moins nutritifs a des répercussions sur la santé et les moyens de subsistance. -L'incertitude persiste freine les investissements à long terme dans le secteur de l'alimentation et de l'agriculture. - La diminution de l'attention portée au climat et à la diversité biologique menace la durabilité alimentaire

qualité de l'alimentation. -Les premières restrictions à l'exportation imposées par certains pays pour certains produits alimentaires entraînent une perturbation de l'offre et des prix.	l'accès à des aliments sains et nutritifs.	
--	--	--

VI. La production agricole : étape de la chaîne d'approvisionnement la production mondiale des produits agricoles de base devrait rester stable

De fait, les dernières projections, qui tiennent compte de la COVID-19, montrent une légère augmentation de leur production mondiale en 2020/21 par rapport aux années précédentes, et les prévisions pour les céréales semblent favorables. Ce sont les conditions dans une poignée de pays qui détermineront la production mondiale. En effet, l'Union européenne et quatre pays (Argentine, Chine, Brésil et États-Unis) représentent les trois quarts de la production mondiale de maïs. (Département de l'agriculture des États-Unis., 2020).

Il sera donc particulièrement important d'y suivre la situation pour établir des prévisions.

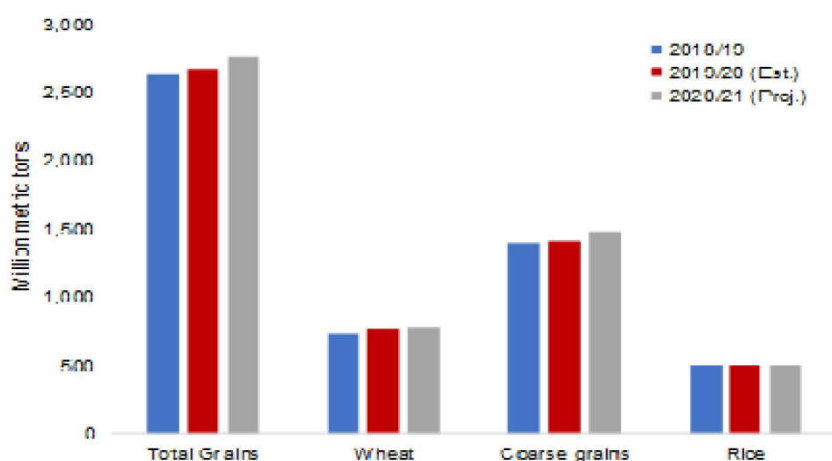


Figure 37: Production agricole mondiale. (Département de l'agriculture des États-Unis., 2020).

-La production totale de céréales correspond à la somme de la production de blé, de céréales secondaires et de riz. Les céréales secondaires comprennent le maïs, le sorgho, l'orge, l'avoine, le seigle, le millet et les mélanges de céréales. Le riz est blanchi.

VII. La composition des importations des produits alimentaires

Pour atténuer l'impact de cette pandémie du COVID-19, l'Algérie a adopté des mesures exceptionnelles.

La figure suivante, retrace la composition, en pourcentage, de l'ensemble de denrées alimentaires importées par l'Algérie. La comparaison entre les deux premiers mois des années 2019 et 2020, montre que la composition des importations de ces produits est dominée essentiellement par certaines catégories de substances alimentaires. Ainsi, trois catégories de produits peuvent être distinguées : Céréales, les produits laitiers et le sucre qui représentent près 62% du total des importations.

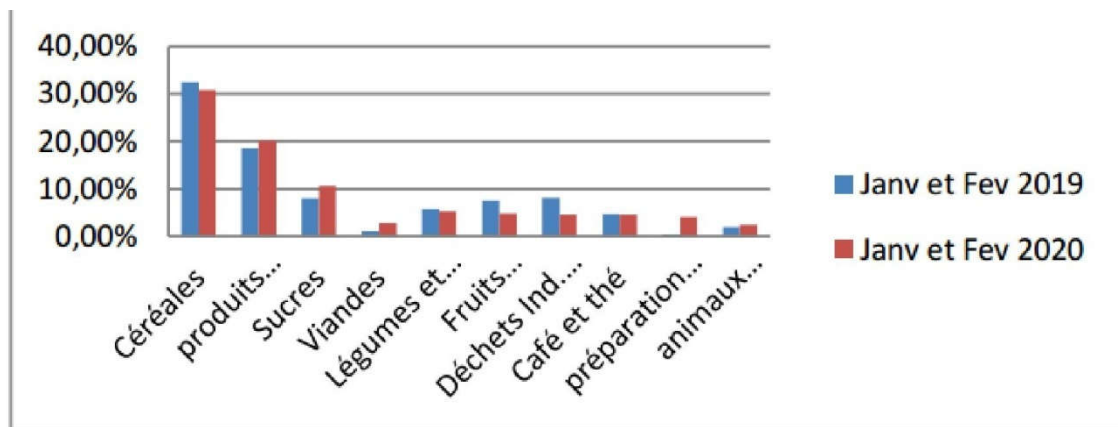


Figure 38 : La structure des importations des produits alimentaires. (GANA ., 2020).

Par ailleurs, l'analyse de la place des biens alimentaires dans le commerce extérieur, permet de dégager les variations tendanciennes de chaque produit par rapport au total des importations :

- Les variations à la hausse enregistrées au cours des deux premiers mois de l'année 2020 concernent les fruits comestibles, écorces d'agrumes ou de melons de l'ordre de 62,88%, les animaux vivants avec 40,95%, les sucres et sucreries avec un taux de 29,90 % et les viandes et abats comestibles de l'ordre de 14,43 %.

En revanche, les tendances à la baisse des importations concernent les produits alimentaires suivants: les résidus et déchets des industries alimentaires (44,53 %), les légumes, plantes, racines et tubercules alimentaires (12,20%), les céréales (8,51%) et café, thé, mate et épices avec un taux de (6,69%). (GANA ., 2020).

VIII. COVID-19 et évolution de l'indice des prix de la FAO dans le monde

Le graphique ci-dessous, représente une constitution d'un indice relatif au panier de produits alimentaires selon la formule indiquée précédemment. Ainsi, l'indice FAO des prix des produits, qui permet de suivre l'évolution mensuelle des principaux groupes de biens alimentaires, affichait une moyenne de 165,5 points pendant le mois d'avril 2020. Ces baisses de prix s'expliquent en grande partie par les facteurs relatifs à la demande et non pas à l'offre mais aussi par les effets négatifs de la pandémie du COVID-19 sur les principaux marchés alimentaires internationaux. Selon FAO, "l'indice était en régression continue depuis le début de l'année 2020, il perd 3,4 % par rapport au mois de mars et atteint son niveau le plus bas en avril 2020".

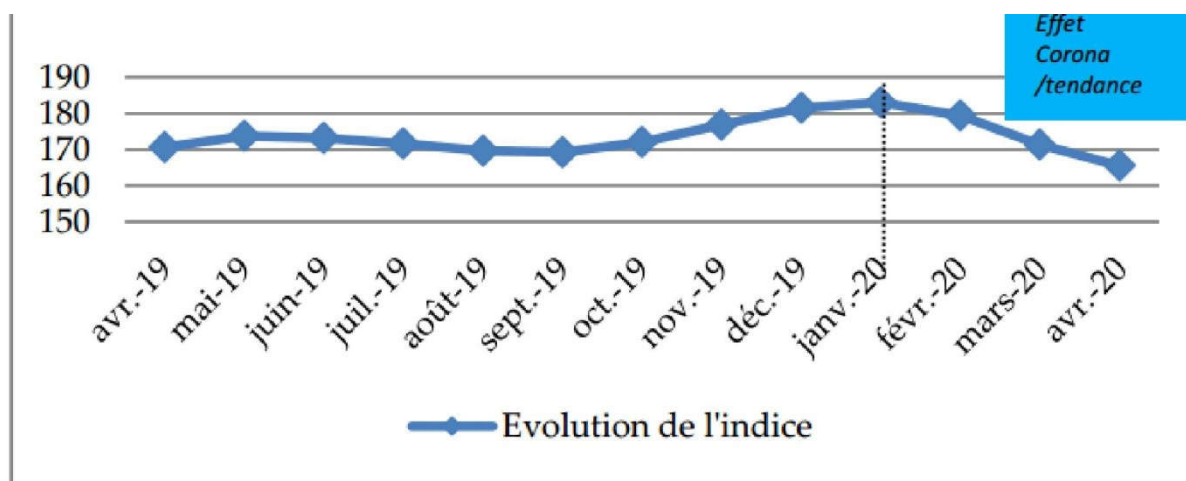


Figure 39: l'évolution de l'indice des prix de la FAO. (GANA ., 2020) .

À l'exception du sous-indice des céréales, qui n'a que légèrement diminué, les autres sous-indices, à commencer par celui du sucre, ont connu en avril d'importantes baisses par rapport au mois précédent. Ainsi, l'indice FAO du prix du sucre a enregistré la chute la plus importante en avril 2020 avec une baisse de près de 23 % par rapport au mois de mars précédent (voir le graphique suivant). Selon la même source (FAO), "cette chute est causée par une baisse de la consommation hors domicile liée aux mesures de quarantaine imposées par plusieurs pays et une baisse de la demande en provenance des producteurs d'éthanol en raison de la forte chute des prix du pétrole brut".

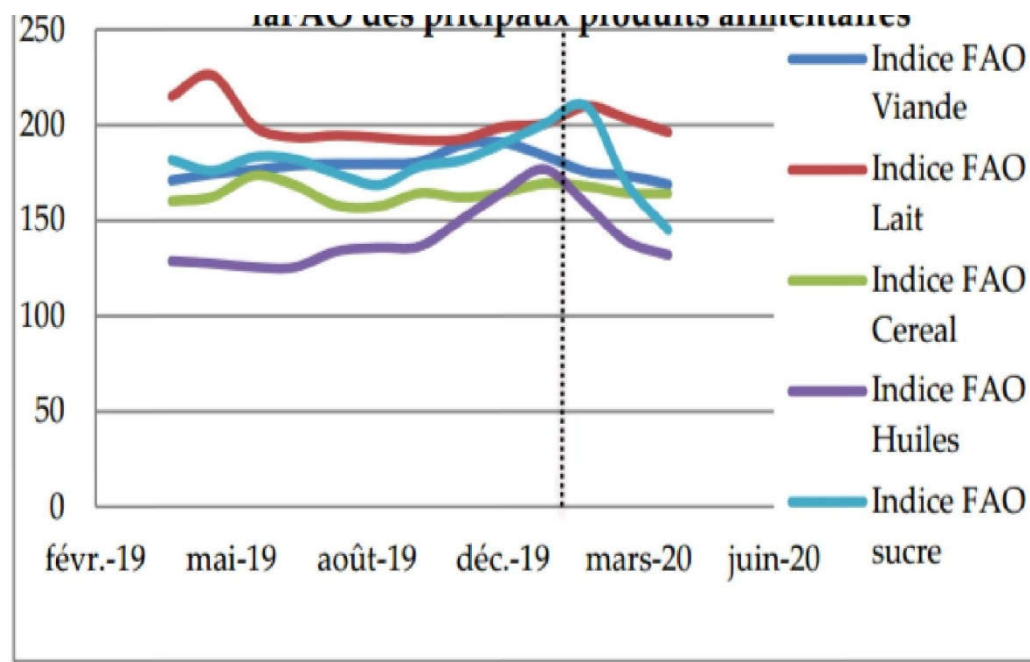


Figure 40:Évolution des indices des prix de la FAO des principaux produits alimentaires.
(GANA ., 2020).

IX. Demande, augmentation des prix et insécurité alimentaire

- **La baisse de la demande, liée à la perte de revenus en temps de COVID-19, a une incidence plus grande sur l'insécurité alimentaire que les difficultés d'approvisionnement.**

En effet, l'une des grandes menaces qui pèsent sur la demande est la potentielle perte généralisée de revenus imputable aux mesures de confinement et à la maladie, qui empêchent les personnes de se rendre au travail, ainsi que le déclin de la part de la demande extérieure dans les exportations. On estime que d'ici à la fin du mois de juin 2020, la COVID-19 sera responsable d'une diminution de 10,5 % du nombre d'heures travaillées dans le monde par rapport au début de l'année (**Organisation internationale du travail ., 2020**) L'extrême pauvreté (moins de 1,90 dollar américain par jour) devrait progresser de 20 % en 2020. (**Laborde et al ., 2020**) .

Du fait de ces pertes de revenus, dont pâtissent majoritairement les ménages urbains, le nombre de personnes susceptibles d'être touchées par l'insécurité alimentaire aiguë pourrait quasiment doubler, passant de 135 millions en 2019 à 265 millions, et plus de 30 pays pourraient connaître une famine d'ici à la fin de l'année (**Programme alimentaire mondial ., 2020**).

Les perturbations de l'approvisionnement et la constitution de réserves font monter les prix à la consommation. Cette pression à la hausse, imputable aux nombreuses difficultés rencontrées dans l'approvisionnement, se produit alors même que les prix payés aux exploitants

s'effondrent pour certains produits. Par exemple, la fermeture des usines de transformation de la viande réduit la demande de bétail auprès des éleveurs et crée des pénuries chez les revendeurs. La tendance des consommateurs finaux à faire des réserves pourrait contribuer à une envolée des prix des denrées alimentaires. (Swinen ., 2020).

Dans les pays à faible revenu et les pays émergents, les personnes qui ont les moyens économiques de faire des réserves comptent parmi les plus aisées. Ce comportement pourrait aggraver l'insécurité alimentaire, mais, selon toute vraisemblance, seulement de manière légère et temporaire, compte tenu des capacités de stockage limitées des ménages. Ces facteurs s'accompagnent d'une dépréciation des taux de change dans les pays à faible revenu, dont beaucoup sont des importateurs nets de denrées alimentaires et risquent donc de voir les prix à l'importation augmenter. Dans les pays en développement, il est probable que la hausse des prix sera quelque peu contenue par la perte de revenus car même si l'élasticité-revenu de la demande alimentaire est moindre que celle de la plupart des autres biens, dans les pays à faible revenu (où l'alimentation constitue un poste de dépense plus important dans le budget des ménages), elle reste plus grande que dans les pays avancés. (Mellor ., 1988) .

Enfin, toutes choses étant égales par ailleurs, la baisse des prix du pétrole, imputable en partie à la diminution des déplacements et de l'activité industrielle en raison de la COVID-19, ayant rendu le transport des denrées alimentaires meilleur marché, les prix de celles-ci diminueront. **Les denrées riches en nutriments sont particulièrement touchées par les chocs liés à la COVID-19, aggravant les répercussions desdits chocs sur la malnutrition.** Les ménages des pays en développement à faible revenu, qui constituent des réserves de denrées tendent à accumuler des produits, comme des céréales, des racines et des tubercules, qui peuvent être conservés durant une période prolongée (c'est à dire sans systèmes de réfrigération, qui sont rares dans ces pays). Ainsi, les hausses de prix provoquées par la constitution de réserves ont davantage de risques de concerner ces denrées de base que les produits périssables. De plus, le déclin de la demande alimentaire, lié à la perte de revenus, ne touchera pas tous les types de denrées de la même manière : les ménages auront tendance à se détourner des produits les plus chers, comme les légumes et les fruits¹⁰ Ce phénomène fait l'objet d'une brève analyse du cas de l'Éthiopie. (Tamru et al ., 2020). Dont la demande a une plus grande élasticité-revenu par rapport aux denrées de base. (Melo et al., 2015) Ceux-ci sont plus nutritifs que les produits de base et leur plus grande fragilité dans la chaîne d'approvisionnement, ainsi que les chocs dans la demande, devraient aggraver les déficiences en micronutriments.

- **Les prix à la consommation des denrées alimentaires ont augmenté de manière notable depuis mi-février, une moyenne modérée cachant des variations importantes entre les pays.**

A priori, il est difficile de dire avec certitude quels seront les effets nets des différents facteurs adverses (problèmes dans la chaîne d'approvisionnement, constitution de réserves, perte de revenus des consommateurs et baisse des prix du pétrole) sur les prix. Une analyse empirique des données récemment compilées par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) montre une augmentation nette des prix payés par les consommateurs finaux. En l'espace de trois mois environ (du 14 février au 18 mai 2020), Les prix moyens de différents types de denrées alimentaires à l'échelle mondiale ont augmenté de 2 % à 9 %, la moitié des produits analysés ayant augmenté de 7 % ou plus. Toutefois, ces moyennes cachent des variations importantes d'un pays à l'autre .Par exemple, au cours de cette période, les prix du pain ont augmenté de 80 % en Côte d'Ivoire, ceux du riz ont doublé aux Maldives et ceux des pommes de terre ont gonflé de 133 % au Guyana. De même, il semble y avoir des variations de prix importantes au sein des pays. Notre analyse d'un ensemble de données très détaillées sur les prix des denrées alimentaires dans un échantillon de pays (International Food Policy Research Institute, 2020) montre, par exemple, qu'en Inde, le coefficient de variation des prix d'un marché à l'autre (pour un même jour et un même produit de base) est de 13,6 % en moyenne.

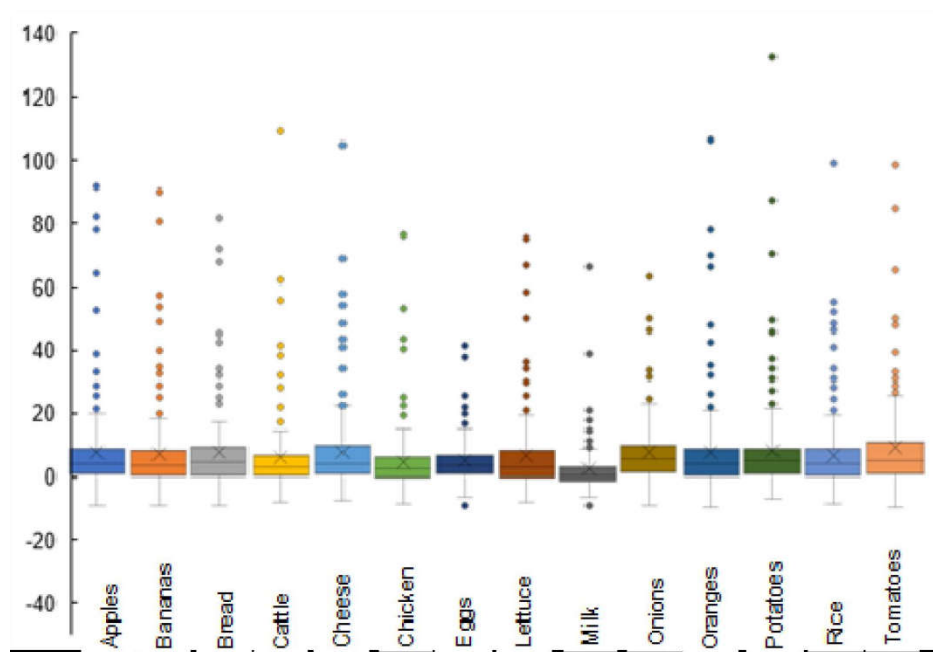


Figure 41:Répartition par pays des variations en pourcentage des prix à la consommation sur trois mois (du 14 février au 18 mai 2020 pour des produits donnés). (Tewodaj ., 2020).

Notes : Les lignes horizontales à l'intérieur de chaque rectangle correspondent au pays médian, et les bords supérieurs et inférieurs des rectangles correspondent aux pays qui se trouvent aux 25e et au 75e centiles, respectivement. Le « x » correspond à l'observation médiane. Les traits horizontaux des barres verticales indiquent les valeurs adjacentes les plus élevées et les plus basses, et correspondent au minimum et au maximum uniquement lorsqu'il n'y a pas de point au-dessous ou au-dessus de ceux-ci. Ces points représentent les pays qui se trouvent en dehors des valeurs adjacentes.

Conclusion



Conclusion

L'intérêt croissant pour la production alimentaire et le développement des nouvelles techniques et aussi la mise en place des infrastructures de recherche et du développement, prouvent les efforts fournis par l'état pour atteindre une sécurité alimentaire sûre et durable.

Atteindre la sécurité alimentaire est l'un des défis difficile auxquels le monde est conforté à la lumière de la croissance rapide de la population.

Dans l'optique d'une plus grande sécurité alimentaire, voire de l'autosuffisance, les autorités algériennes ont récemment mis en place la « Politique du Renouveau Agricole et Rural », pour l'augmentation de la production des produits de grande consommation, l'accroissement des rendements et la diminution de la dépendance extérieure.

Cette politique vise notamment à une meilleure interactivité entre les filières de production et les filières de transformation, ces dernières étant déjà au stade industriel.

L'Algérie reste encore loin d'atteindre son but à cause de plusieurs facteurs qui constituent un énorme obstacle face aux efforts fournis.

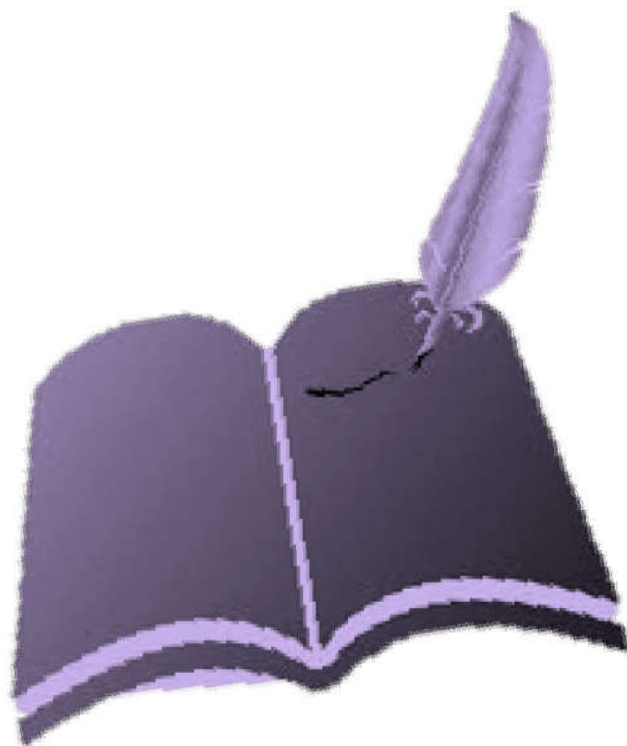
Le développement de la recherche scientifique en générale et des techniques de biotechnologie plus précisément reste l'une des solutions pour atteindre la sécurité alimentaire. Mais aussi il existe d'autres secteur tels que la démographie, le secteur économique, politique, les conditions environnementales et sociales qu'il ne faut pas négliger.

Mais à la lumière des crises actuelles qui affectent la plupart des pays du monde et menacent la sécurité alimentaire. La biotechnologie, en particulier la biotechnologie végétale, reste la source d'espoir la plus importante pour que les gens sortent de la situation actuelle avec le moins de dégâts possible.

Enfin, la question demeure, la biotechnologie et ses technologies sauront-elles prouver leur efficacité sur le terrain, éradiquer la famine, et réaliser les aspirations des peuples, notamment les peuples du tiers monde.

Références

Bibliographiques



Références bibliographiques

- **Akhmanova, O E et Antropyanskaya Liliya Nikolaevna ., (2014).** La biotechnologie. In : Коммуникативные аспекты языка и культуры: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, г. Томск, . Ч. 3. —Томск .Изд-во ТПУ. Page 120-122.
- **Alain Cadic., (2014)** .La mutagenèse en pleine mutation ! 3e partie : les techniques nouvelles Botanique - Jardins de France 629 .
- **Alain Cadic ., (2014).** La mutagenèse en pleine mutation ! 2e partie : Les mutations provoquées et la mutagenèse conventionnelle. Botanique - Jardins de France 629 -.
- **Ali Daoudi et Amel Bouzid., (2020).** Article. La sécurité alimentaire de l'Algérie a l'épreuve de la pandémie de la covid-19. Publier par : les cahiers du cread -vol. 36 - n° 03 .
- **Anonyme., (2012).** Enjeux planétaires contemporains - La plante domestiquée. Documents de travail.
- **Anonyme., (2021).** Marqueur moléculaire. Faculté de science de la nature et de la vie, université Farhat Abbas Sétif.
- **Baaziz ., (2017).** Amélioration génétique des plantes. Faculté de science. Université Cadi Ayyad Marrakech, 40000, Maroc.
- **Baudoin J-P, Demol J, Louant B-P, Maréchal R, Mergeai G et Otoul E., (2002).** Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux. 584p.
- **Becquet Alice, boucart Amélie et bonchezmarie ., (2011)** .Mise en évidence expérimentale de l'hybridation chez les animaux et les plantes.
- **Belagrouz Abdenour., (2012/2013).**Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El Wifak (Triticum aestivum L.) Conduite en Labour Conventionnel, travail minimum et semis direct sur les hautes plaines sétifiennes. Obtenir le diplôme de Magister. Université Ferhat Abbas Sétif. Page 18.
- **Belagrouz Abdenour., (2012/2013).**Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El Wifak (Triticumaestivum L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plainnes Sétifiennes. Obtenir le diplôme de magister. Université Ferhat Abbas Sétif. Page 08.

- **Belalia Nawel., (2010).** Détection des OGM dans l'agriculture et l'alimentation en Algérie : cas du maïs transgénique .L'obtention du diplôme de magister en biotechnologies végétales. École nationale supérieure agronomique - El Harrach -Alger.
- **Belattar Hakima., (2021).** Transgénèse végétale .Cours master 2 biotechnologie .centre université AbdElhafid Bousouf Mila. Page 11.
- **Benabdoun Faïza Meriem., (2019/ 2020).** Transgénèse végétale. Polycopié de cours Master 1 Biotechnologie et génomique végétale. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Page 04.
- **Bénédicte Henrotte., (2016).** Itinéraires BIO Le magazine de tous les acteurs du bio. Ed. resp. Philippe Grogna - Avenue Comte de Smet de Nayer 14, 5000 Namur. Bimestriel janvier – février . Dépôt : Turnhout. P201134 n°26.
- **Bentahar Soumia ., (2020 /2021).** Cours introduction aux biotechnologies. Centre université AbdElhafid Bousouf Mila.
- **Bhargava S et Sawant., (2013).** Drought stress adaptation: metabolic adjustment and regulation of gene expression. Plant Breeding, 132(1), 21-32.
- **Blanche Agrocarl ., (2016).** La biotechnologie blanche, une nouvelle voie pour les biocarburants.
- **Bleubayre Guillaume., (2021).** Le secteur des biotechspése désormais 1000 milliards de dollars en bourse.
- **Boaziz ., (2017).** planter autogames .sélection .université, Marrakech ,40000 MAROCCO .Cour .
- **Bonjean A et Picard E., (1990).** Les céréales à pailles p. Origine, histoire, économie etsélection, SOFT. WORD, Group, ITM. Page 29-40.
- **Boubekeur Ait Salah., (2005).** Étude phrénologique et sélection de quelques variétés du blé dur introduites et cultivées dans plusieurs environnements. Mémoire de magister. Université Saad Dahlab de Blida. Page 30.
- **Bouchra Najimi ; Samir El Jaafari ; Mohamed Jlibène et Jean-Marie Jacquemin., (2003).** Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes .Département de Biotechnologie. Centre de Recherches agronomiques Chaussée de Charleroi, 234. 5030 Gembloux(Belgique).Biotechnol. Agron. Soc. 7(1), 17–35).

- **Boungab Karima., (2013)** .La rayure réticulée de l'orge (*Hordeumvulgare*L.) dans le Nord-Ouest Algérien : importance, morphologie et pouvoir pathogène chez *Pyrenophorateres* f. *tereset* recherche de moyens de lutte. L'obtention du diplôme de doctorat es-sciences. Université d'Oran.
- **Bousba Ratiba., (2012)**. Caractérisation de la tolérance a la sécheresse chez le blé dur (*Triticumdurumdesf*) : analyse de la physiologie et de la capacité en production. Obtention du doctorat es science en biologie végétale .Université Mentouri Constantine .page10.
- **Brahim GANA., (2020)**. Covid-19 et évolution des importations des produits alimentaires en algérie : impacts et perspectives. Article. Page 214. Publier par Les Cahiers du Cread - Vol. 36 - n° 03.
- **Brink M et Belay., (2006)**. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1.Céréales et légumes secs .Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas .328p.
- **Bud Robert., (1989)**. History of biotechnology nature 337.
- **Chalbi N et Demarly Y., (1991)**. Actualités scientifiques, Amélioration des plantes par l'adaptation aux milieux arides, Lavoisier. Paris. Page 228.
- **Chehat F., (2007)**. Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM .Perspectivesagricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation .Alger : 7-9 avril.
- **Cherfia Radia ., (2010)**. Étude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur Algérien (*TriticumDurumDesf.*). L'obtention du diplôme de magistère en biotechnologies végétales (école doctorale). Université Mentouri, Constantine.
- **Chetmi Dalel., (2009)** .Institut National D'agronomie –El Harrach– Alger. Étude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) et analyse diallèle de leurs hybrides F1.page 21.
- **Clapp J., (2020)**. Covid-19 and Food Security Implications. Webinar presentation, The Ceres 2030 project.
- **Comité de la sécurité alimentaire mondiale Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition Rome., (septembre 2020)**. Impacts de la covid-19 sur la sécurité alimentaire et la nutrition: élaborer des mesures efficaces pour lutter contre la pandémie de faim et de malnutrition. Page 4.

- **CSA., (2020).** Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition Rome. Impacts de la covid-19 sur la sécurité alimentaire et la nutrition: élaborer des mesures efficaces pour lutter contre la pandémie de faim et de malnutrition.
- **Daaloul et al cités par Bensalem et Monneveux** **Bensalem M et Monneveux P., (1993).** Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes, diversité génétique et amélioration variétale, INRA. Page 436.
- **Demarly Y et Sibi M., (1989).** Amélioration des plantes et biotechnologie, John Libbey. Eurotext, Paris, page 152.
- **Diverna ., (2012).** Mais transgénique la menace fantôme, article .publier par AGORA VOX.
- **Djermou Abdelkader ., (2009)** .La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Département d'Agronomie Université de Hassiba Benbouali de Chlef. Revue Nature et Technologie. N° 01/Juin. Pages 45 à 53.
- **El fahime Elmostafai et Ennaji Mly Mustapha., (2007).** Évolution des techniques de séquençage. Article de synthèse. Les technologies de laboratoire - n°5 juillet-août.
- **Emmanuel Guiderdoni, Christophe Breitler et Jean Cirad., (2006).** Apports de la transgénèse à l'amélioration du riz l'exemple du riz dore. "Le Sélectionneur Français" (57), Page 57-68.
- **FAO., (1983).** World Food Security: a Reappraisal of the Concepts and Approaches. Director. General Report, Rome.
- **FAO., (2008)** .Le Programme CE- FAO « Sécurité alimentaire : l'information pour l'action».
- **FAO ., (2007).** Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales. « En ligne » : <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>
- **FAO., (2011).** CA Adoption Worldwide. FAO Aqua stat Conservation Agriculture Website at.
- **FAO., (2012).** http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_wheat.html.
- **FAO., (2020).** Impacts de la covid-19 sur la sécurité alimentaire et la nutrition: élaborer des mesures efficaces pour lutter contre la pandémie de faim et de malnutrition. Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Groupe d'experts de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition Rome, septembre. Page 3.

- **FAO ., (2020).** La COVID-19 et l'impact sur la sécurité alimentaire dans la région du Proche-Orient et de l'Afrique du Nord.
- **FAO.CSAO/OCDE., (2008)** .Nouveaux contextes et enjeux de sécurité alimentaire au sahelet en Afrique de l'ouest. - Études/ Analyses/Rapports.
- **Feillet ., (2000).** Le grain de blé composition et utilisation. INRA. Paris .Page308.
- **Frioua Sara Yasmin., (2012/2013).** Biotechnologie et sécurité alimentaire en Algérie .Mémoire de master. université Constantine .Page11.
- **Gallais ., (1990).** Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Eds. Masson, page 588.
- **Gaoussou Diawaara., (2003).** Diagnostic participatif de la production du sorgho et tests multilocaux à Kaniko.L'obtention du Diplôme d'Ingénieur de l'Institut polytechnique de Formation et de Recherches Appliquées IPR/IFRA. Université du Mali IPR/IFRA.
- **Grine Nour Elhouda ., (2014/2015)** . La sélection assisté par marqueur moléculaire de type SSR pour l'amélioration de blé tendre triticumaestivum vis-à-vis la résistance au rouilles. Mémoire Obtention de diplôme de master 2 biologie et génomique végétales. Université des Frères Mentouri Constantine .Page19.
- **Gupta N K; Agarwal VP; Gupta S; Singh G et Purohit A K., (2014).** International Journal of Applied Life Sciences and Engineering (IJALSE).
- **Hanifi- Mekliche ., (1983).** Étude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse Magister. Page 150.
- **Herve S., (1989).** Produire des céréales à pailles .Page 33.
- **Himour Sara., (2009)** .Etude comparée de régénération de plants par voie végétative en culture in vitro. Obtention diplôme : magister en biodiversité et production végétale. Université Mentouri Constantine.
- **Huang S; Sirikhachornkit A; Su X; Faris J; Gill B; Haselkorn R et Gornicki P., (2002).** Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3- phosphor glycerate kinase of theTriticum /Aegilopscomplexand the evolutionary history of polyploidy wheat 99:8133-8138.
- **International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF), (2020).** ICMSF1 opinion on SARS-CoV-2 and its relationship to food safety. September 3. International Union of Microbiological Societies.
- **IPC., (2017),** analyse d'insécurité alimentaire aigue.

- **Jacques van Helden., (1980).** L'amélioration des plantes cultivées. Enjeux sociaux et écologiques de la biologie.
- **Jean-Claude., (2017).** Autran science et technologie des céréales illustrations du cours aux élèves-ingénieurs de Sciences et technologies des industries alimentaires (3ème année).
- **Jean-Marc Boussard ; Yvette Dattée ; André Gallais ; Philippe Gate ; Louis-Marie Houdebine ; Gil Kressmann ; Brigitte Laquière ; Philippe Gracien ; Bernard Le Buanec ; Bernard Mauchamp ; Marc Richard-Molard, Jean-François Morot-Gaudry ,Georges Pelletier ; Jean-Claude Pernollet ; Dominique Planchenault, Catherine Regnault-Roger, Agnès Ricroch et Michel Serpelloni .,(13 juillet 2017).** Les biotechnologies vertes : un enjeu stratégique pour l'avenir de la filière semencière française.
- **Julien Couaillier ;Audrey Pinault ; Émeline Lebouteiller et Céline Miquelard., (Septembre 2014) – L16.** Conçu et réalisé par bioviva développement durable.
- **Kaced Fadhela et Ibzain Anissa., (2017/2018).** Impact de la politique agricole sur la sécurité alimentaire en Algérie : cas de la céréaliculture .Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- **Khater Nadia., (2020).** Transgénèse végétale. Cours master2 écophysiologie végétale. Université Batna 2 faculté des sciences de la nature et de la vie département écologie et environnement.
- **Konig clair., (2020) .Céréales : le seigle, du pain au LSD .publié par Futur a planète.**
- **Laborde David ; William Martin et Rob Vos., (2020).** Poverty and Food Insecurity Could Grow Dramatically as COVID-19 Spreads, Research Post, April 16.(Washington: International Food Policy Research Institute).
- **Laborde, David; William Martin; and Rob Vos., (2020).** Poverty and Food Insecurity Could Grow Dramatically as COVID-19 Spreads, Research Post, April 16, 2020 (Washington: International Food Policy Research Institute).
- **Lachachi Sara., (2010).** Organogénèse et embryogénèse somatique directe chez la tomate. Mémoire de magister. Université d'Oran.
- **Le MADR., (Mai 2012) .le renouveau agricole et rurale en marche .rapport du MADR,Alger.**
- **Marcel Daba Bengaly., (2017).** Cours biotechnologie : histoire. État de l'art, futur. Université Ouaga I Pr Joseph KiZerbo.

- **Marie Bouchet., (2017-2018).** Amélioration des plantes et systèmes semenciers : conséquences sur la diversité des semences. Tordjman, Hélène. La construction d'une marchandise : le cas des semences, Annales. Histoire, Sciences Sociales, vol. 63e année, no. 6, 2008, pp. 1341-1368.
- **Marie-Aude Cornu ., (décembre 2011).** Rés'OGM Info – faisons le point sur la mutagenèse
- **Mellor John W., (1988).** Food Demand in Developing Countries and the Transition of World Agriculture, European Review of Agricultural Economics, Vol. 15, Issue 4, pp. 419– 36.
- **Melo Patricia C; Yakubu Abdul-Salam; Deborah Roberts; Alana Gilbert; Robin Matthews; Liesbeth Colen, Sébastien Mary et Sergio Gomez Y Paloma., (2015).** Income Elasticities of Food Demand in Africa: A Meta-Analysis, JRC Technical Reports (Brussels: European Commission).
- **Mesrane Dihia., (2017/2018).** L'évolution de la production de blé dur (*Triticum durum*) dans la Daïra de Bouira et El Hachimia .Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master. Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira. Page 09
- **Mouellef Adra., (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique l'obtention du diplôme de magistère en Biotechnologies Végétales (École Doctorale). Université Mentouri, Constantine. Page 04.
- **Moule C., (1971).** .céréales .la maison rustique. Paris.
- **OMS., (2021).** Information sur la pandémie de COVID-19.
- **Paturel, Dominique., (2017, Octobre).** Insécurité alimentaire et précurité alimentaire. In Etats Généraux de l'Alimentation, Atelier 12 pp. Page 15.
- **Pernès Jean., (1986)** L'allogamie et la domestication des céréales: l'exemple du Maïs (*Zeamays* L.) et du Mil (*Pennisetum americanum* L.) K. Schum, Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 133:1, 27-34, DOI: 10.1080/01811789.1986.10826777.
- **Philippe Lepoivre., (1999).** Les biotechnologies végétales appropriées dans le contexte du dialogue Nord–Sud Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 1999 3 (1), 42–48).
- **Pierre Janin et Charles-Edouard de Suremain., (2012).** L'insécurité alimentaire : dimensions, contextes et enjeux. Cambrézy L. (dir.), Petit V. (dir.). Population,

- mondialisation et développement : la fin des certitudes ?, La Documentation française, pp.147-167, Les Etudes. ird-00735028.
- **Salmi Manel., (2019/2020).** Amélioration génétique des plantes : Cours de troisième année licence Spécialité : Biologie et physiologie végétale .Université Mustapha Ben Boulaid Batna 2. page 1.
 - **Simon H ; Coddaccioni P et Le Coeur X., (1989).** Produire les céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui scientifique et technique d'application, Tec et Doc, Lavoisier, Paris. Page 333.
 - **Soraya Rahmani ., (2020).** Polycopie de cours du module : Introduction aux biotechnologies. Université Hassiba Ben Bouali Chlef.
 - **Swinnen, Johan., (2020).** Will COVID-19 Cause Another Food Crisis? An Early Review, Issue Post, April 10, 2020 (Washington: International Food Policy Research Institute).
 - **Tamru, Seneshaw; Kalle Hirvonen et Bart Minten ., (2020).** Impacts of the COVID-19 Crisis on Vegetable Value Chains in Ethiopia, Research Post, April. (Washington: International Food Policy Research Institute).
 - **Thomas Vannier., (2017).** Dynamique de la structure des génomes et de leur biogéographie dans l'océan : analyses comparatives des données méta génomiques du projet Tara Oceans pour l'étude de la microalgue *Bathycoccus* et des communautés planctoniques globales. Thèse de doctorat. L'université Paris-Saclay, préparée à l'Université d'Evry Val d'Essonne.
 - **Tom Druet.** La sélection assistée par marqueurs : un apport de la génomique pour la sélection en bovins laitiers. Station de Génétique Quantitative et Appliquée INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Domaine de Vilvert, 78352 Jouy-en- Josas, France.
 - **UN., (Juin, 2020).** Note de synthèse : L'impact de la COVID-19 sur la sécurité alimentaire et la nutrition.
 - **Van Keirsbilck Nicolas., (2017).** Start- up biotechnologies en Belgique : optimisation du couple stade de maturité / source de financement ; Louvain of management, université catholique de louvain.
 - **Vespa R., (1984).** Semences des céréales à paille, D. Agro, n° 1, Paris. page 14-94.
 - **Whiteford Scott, Ferguson Anne E., (1991).** Harvest of Want. Hunger and Food Security in Central America and Mexico, University of California Press, Boulder, Berkeley.

- **World Bank., (1986).** Poverty and Hunger: Issues and Options for Food Security in Developing Countries. Washington DC.
- **Yves Demarly et Monique Sibi ., (1996).** Amélioration des plantes et biotechnologies. Universités Francophones. John Libbey Eurotext, Paris.
- **Zahour A., (1992).** Manuels scientifiques et techniques. Éléments d'amélioration génétique des plantes. Actes Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc. Page 9-157.