



République Algérienne Démocratique et Populaire



كلية العلوم المحيطة وعلوم الطبيعة والبيئة
FACULTE DES SCIENCES EXACTES
ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Larbi Tébessi -Tébessa

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département : Biologie Appliquée

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

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Toxicologie

Option: Pharmacotoxicologie

Thème:

**Contribution à l'étude de la relation entre
l'utilisation excessive des engrais agricoles et
le phénomène d'eutrophisation**

Présenté par:

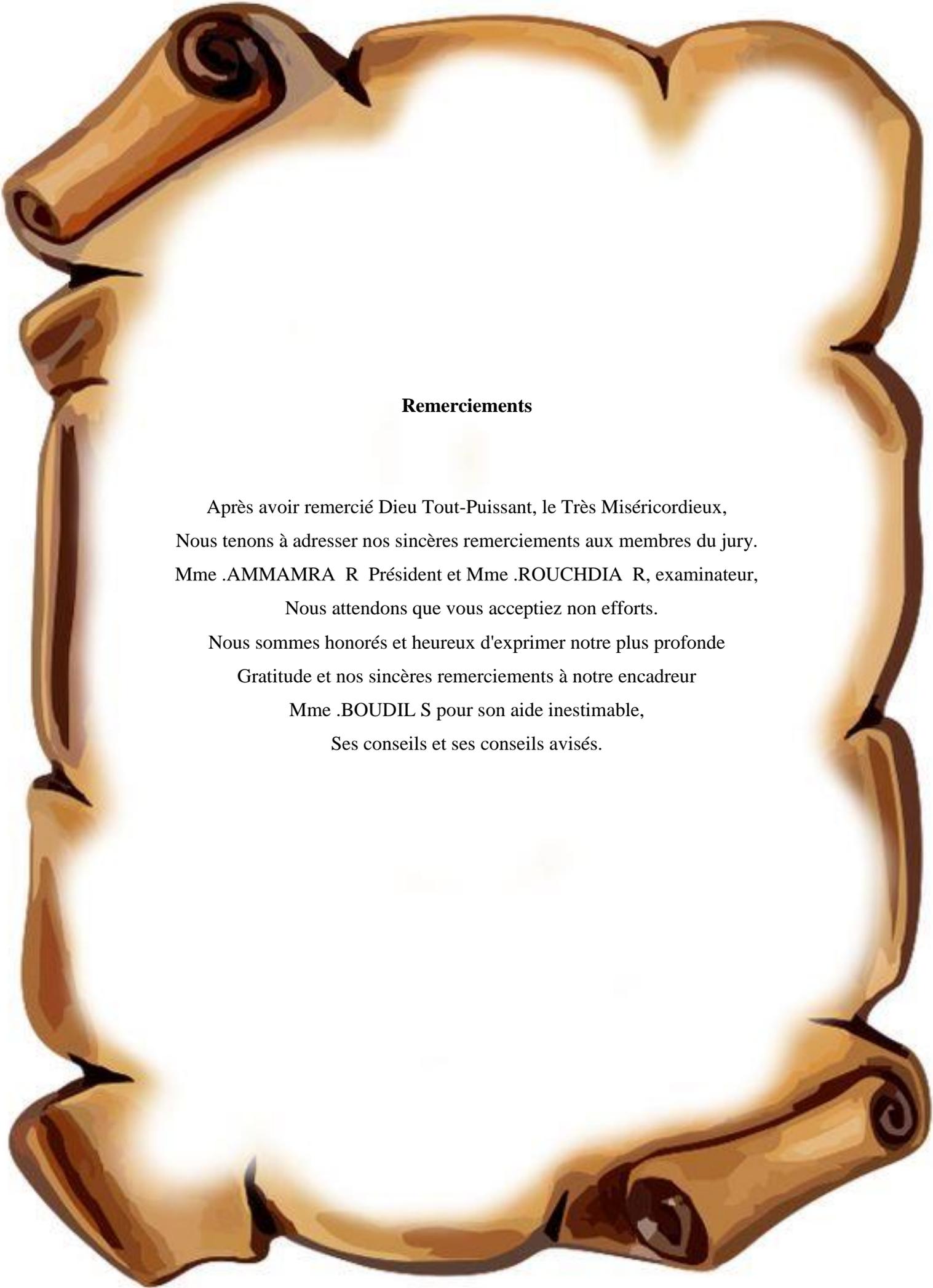
Ferd khadidja – attia karima

Devant le jury composé de :

ROUACHDIA Roukaia	M.A.A	Université de Tébessa	Examinatrice
BOUADILA Soulef	M.A.A	Université de Tébessa	Promotrice
AMAMRA Rim	M.C.B	Université de Tébessa	présidente

Date de soutenance : **08 / 06 / 2022**

Note :..... Mention :



Remerciements

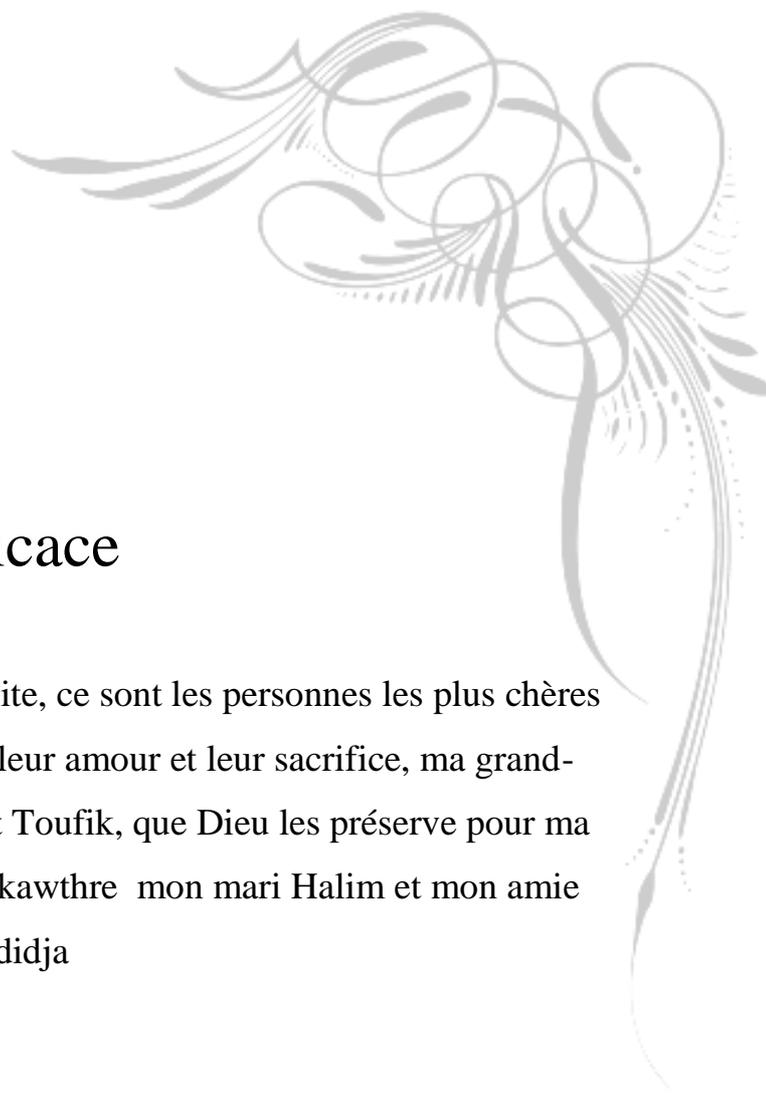
Après avoir remercié Dieu Tout-Puissant, le Très Miséricordieux,
Nous tenons à adresser nos sincères remerciements aux membres du jury.
Mme .AMMAMRA R Président et Mme .ROUCHDIA R, examinateur,

Nous attendons que vous acceptiez nos efforts.

Nous sommes honorés et heureux d'exprimer notre plus profonde
Gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur

Mme .BOUDIL S pour son aide inestimable,

Ses conseils et ses conseils avisés.



Dédicace

A qui je dois mon éducation et ma réussite, ce sont les personnes les plus chères au monde, ma mère et mon père pour leur amour et leur sacrifice, ma grand-mère Aisha, mes frères : Mohammed et Toufik, que Dieu les préserve pour ma sœur. Hoda, Chaima Imane, Bouchra, kawthre mon mari Halim et mon amie
Khadidja

karima.





Dédicace

:
Dieu soit loué, qui m'a donné la force d'accomplir cet humble travail pour
Consacrer:

A mon père, que Dieu lui fasse miséricorde, à ma mère, ma raison d'être

A mes frères et sœurs, que Dieu les protège et prenne soin d'eux

À : Mme Bouziane Ladmia

Au Dr Bougandol et son épouse.

A Mme Sawalhia Mabrouka et ses enfants

A mon ami : Karima

A chaque bon ami

Simplement pour quelqu'un qui a une place dans mon cœur.



khadidja

Liste des abréviations

Abréviation	Significations
FAO	Food and Agriculture Organisation
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
CMDT	Compagnie Malienne pour le Développement Textile
GES	gaz à effet de serre,

Liste de figures

Figures	Titres	Pages
Figure 01	Minéraux du granite-quartz (cristaux translucides) de micas (cristaux noirs) et de feldspaths (cristaux roses et blancs).	15
Figure 02	Le Médoc Saint-Estèphe – Les graves garonnaises formations superficielles reposant sur du calcaire lacustre de Plassac couvrent le sol sur 4 à 11 mètres d'épaisseur.	17
Figure 03	sol sableux.	23
Figure 04	sol limoneux.	24
Figure 05	Sol argileux.	25
Figure 06	Sol humifère.	26
Figure 07	La répartition des terres en Algérie.	38
Figure 08	Production de types d'engrais en Algérie.	43
Figure 09	Mare eutrophisée.	44
Figure 10	conséquences sur la biodiversité.	46
Figure 11	Processus d'eutrophisation : vers une asphyxie du milieu aquatique.	48
Figure 12	Les marées vertes : conséquence visible de la dystrophisation due aux épandages agricoles	50

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 01	critères d'appréciation de la fertilité du sol.	11
Tableau 02	Composition des fumiers.	29
Tableau 03	illustre la teneur des différents engrais en N, P205, K20, CAO et MGO.	29
Tableau 04	La teneur des différents engrais organiques en éléments nutritifs (azote N, Phosphore P, Potassium K2calcium Ca et matière organique MO).	30
Tableau 05	Les principaux pays consommateurs d'engrais dans le monde (en millions de tonnes de nutriments).	36
Tableau 06	Dosages d'azote et de phosphore en fonction de la pluviosité.	38
Tableau 07	Evolution de l'utilisation d'engrais en Algérie.	40
Tableau 08	Structure des élevages.	41
Tableau 09	Prix des engrais vendus dans les magasins.	42
Tableau 10	Evolution du prix à la production des céréales et des engrais en Dinar Algérien	42
Tableau 11	Rapports entre les prix des unités d'engrais et du 2004.	43

التلخيص

ظهرت الأسمدة الزراعية الصناعية (أو الكيماوية) كميزة جزء مهم من الزراعة الحديثة لزيادة الإنتاج

الزراعي وتعويض

نقص المغذيات في التربة المعرضة للزراعة المكثفة طوال الوقت العام أو على مدى السنوات

المتعاقبة. من أجل الحصول على الفائدة المرجوة من هذه الأسمدة ، يتم إضافتها وفقاً لبرامج مدروسة

جيداً من حيث الكمية والنوعية و وقت إضافة هذه الأسمدة بما يتناسب مع مرحلة نمو النبات ومراحلته

بحاجة إلى. ومع ذلك ، فإن الاستخدام المفرط والعشوائي لهذه الأسمدة الكيماوية يسبب في بعض

الأحيان أضرار وخسائر كارثية على التربة نفسها ، والمحيط الحيوي و البيئة ، ويسبب تدفق المياه

الجوفية ، وهذا ما يدفع موت حقول محاصيل كاملة ، أثناء الحصاد ويؤدي إلى موت المئات أو آلاف

الأسماك وكذلك ظاهرة التخثث التي تؤكد الحاجة الاستخدام الرشيد والمتوازن للأسمدة لتلافي هذا

الضرر.

Le résumé :

Les engrais agricoles industriels (ou chimiques) sont apparus comme une caractéristique importante de l'agriculture moderne pour augmenter la production agricole et compenser le manque d'éléments nutritifs dans les sols soumis à une culture intensive tout au long de l'année ou au cours des années successives. Afin d'obtenir le bénéfice souhaité de ces engrais, ils sont ajoutés selon des programmes bien étudiés, en termes de quantité, de qualité et de moment d'ajout de ces engrais, en proportion de la phase de croissance de la plante et de son besoin. Cependant, l'utilisation excessive et sans discernement de ces engrais chimiques cause des dommages et des résultats parfois catastrophiques au sol lui-même, à la biosphère et à l'environnement, et provoque les effluents des eaux souterraines, et c'est ce qui entraîne la mort de champs entiers de cultures, Lors de la récolte et provoque la mort de centaines ou de milliers de poissons, ainsi que le phénomène d'eutrophisation ce qui confirme la nécessité d'une utilisation rationnelle et équilibrée de ses engrais pour éviter ces dommages.

Les mots clés :

L'agriculture modern: C'est la culture d'un type de culture dans une zone de terre spécifique.

L'agriculture intensive: La pratique de la culture avec un petit nombre de travailleurs et un capital limité par rapport à la superficie des terres cultivées.

Abstract:

Industrial (or chemical) agricultural fertilizers have emerged as an important feature of modern agriculture to increase agricultural production and compensate for the lack of nutrients in soils subjected to intensive cultivation throughout the year or during successive years. In order to obtain the desired benefit from these fertilizers, they are added according to well-studied programs, in terms of quantity, quality and time of addition of these fertilizers, in proportion to the growth phase of the plant and its need. However, the excessive and indiscriminate use of these chemical fertilizers causes damage and sometimes catastrophic results to the soil itself, to the biosphere and to the environment, and causes groundwater effluents, and this is what causes the death of entire fields of crops, During harvesting and causes the death of hundreds or thousands of fish, as well as the phenomenon of eutrophication which confirms the need for a rational and balanced use of its fertilizers to avoid these damage.

SOMMAIRE

Liste de figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Table des matières

Introduction :	.....
	I- Chapitre 01 :l'agriculture	1
I.1.Définition:	.....	1
I.2-les différents types d'agriculture:	.....	2
a) L'agriculture traditionnelle :	.....	2
b) L'agriculture moderne :	.....	2
I.2.1.L'agriculture durable :	.....	3
I.2.2.L'agriculture raisonnée ou dirigée :	.....	3
I.2.3. L'agriculture intégrée :	.....	3
I.2.4. L'agriculture multifonctionnelle :	.....	4
I.2.5.L'agriculture de précision :	.....	4
I.2.6.L'agriculture hors-sol ou hydroponie :	.....	4
I.3-le rôle de l'agriculture :	.....	5
I.3.1.Fonction environnementale :	.....	5
I.3.2.Fonction économique:	.....	6
I.3.3.Fonction sociale:	.....	7
I.4.L'agriculture moderne :	.....	7
I.4.1.Les défis de l'agriculture moderne :	.....	8
I.4.2.Les facteurs de l'agriculture moderne :	.....	8
I.4.3.Les bienfaits de l'agriculture moderne :	.....	8
	II- Chapitre 2 : les sol :.....	10
II.1. Définition du sol :	.....	10
II.2. Composition du sol :	.....	10
II.3.Fertilité du sol :	.....	10
II.3.1 critères d'appréciation de la fertilité du sol:	.....	11
II.3.2. Détermination de la fertilité d'un sol :	.....	12

Plusieurs méthodes permettent de déterminer l'état de fertilité du sol d'une région. Citons : 01- le diagnostic visuel:	12
02- L'analyse de la plante :	12
03- Les tests biologiques :	12
04- Le test du sol :	12
05- Les expériences sur le terrain :	13
II.3.3 Problèmes de dégradation du sol et faible fertilité du sol :	13
II.3.4. La gestion de la fertilité des sols :	14
II.4. formation des sol:	14
II.4.1. Les facteurs qui influent sur la formation du sol:	14
Comment influent ces facteurs ?	15
II. 4.2. La roche mère et les formations superficielles:	15
• L'eau :	18
• Le matériau d'origine:	18
• La Topographie:	18
• Le climat:	19
• Le Temps:	19
• La Végétation	19
II.5. Les caractéristiques du sol :	20
II.5.1. Structure:	20
II.5.2. Couleur:	20
II.5.3. Consistance:	21
II.5.4. Texture:	21
II.5.5. Carbonate:	21
II.5.6. Masse volumique:	21
II.5.7. pH:	22
II.5.8. Fertilité:	22
II.5.9. La matière organique dans les sols:	22
II.6. Les différents types de sols:	23
II.6.1. Sols sableux:	23
II.6.2. Sol limoneux:	24
II.6.3. Sol argileux:	24
II.6.4. Sol humifère:	25
III. Chapitre 03: les engrais	27
III.1. Définition des engrais :	27
III.2. L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation. Les engrais apportent 27	
a) des éléments de base tels:	27
b) des éléments secondaires tels:	27
III.3. Les différents types d'engrais :	28

III.3.1. Les engrais chimiques ou minéraux:.....	28
III.3.2.Les engrais organiques:.....	28
III.3.2.1.La teneur des engrais organiques en NPK:	28
a)Les engrais verts:	29
b) Les résidus végétaux :.....	33
c) Les avantages des engrais verts :	33
. d) Les végétaux à utiliser comme engrais vert :.....	33
III.3.2.2.Les inconvénients de l'utilisation des engrais organiques :	34
III.3.2.3. L'application des engrais:.....	34
III.3.3- Les engrais biologiques:.....	35
III.4.Production et consommation des engrais dans le monde :.....	35
III.5.La réparation des terres en algérie.....	37
III.6. Les engrais en Algérie:	38
III.6.1.Pourcentage des terres fertilisées en Algérie:.....	39
III.6.2.Utilisation des engrais en Algérie:.....	39
III.6.3.Le Fumier en Algérie:	40
III.6.4. La production et le prix des engrais en Algérie:	41
IV.Chapitre 04: le phénomène d'eutrophisation.	44
IV.1. Définition:	44
IV.2.Les cause de l'eutrophisation	45
IV.3. origine de l'eutrophisation:	45
IV.4.Impacts de l'activité humaine sur l'eutrophisation:	46
IV.5.Étapes du processus d'eutrophisation:.....	47
-Etape 1: Apport excessif de substances nutritives:	47
-Etape 2: Croissance et multiplication des algues:	47
-Etape 3 : Dégradation de ces algues par les bactéries aérobies:	47
-Etape 4: Asphyxie du milieu aquatique:	47
Etape 5: Diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource.....	49
IV.6. La Conséquence de Phénomène d'eutrophisation:	51
IV.7. Solutions contre l'eutrophisation:	51
Conclusion :	
Références bibliographiques:	

Introduction

Introduction

Introduction :

L'agriculture est un processus par lequel les hommes aménagent leurs écosystèmes pour satisfaire leurs besoins alimentaires. **(DUFUMER, 2009).**

au sens large, c'est la culture du sol, c'est-à-dire l'ensemble des travaux et activités développées par l'homme dans un métier donné...afin de produire des végétaux et animaux utiles à son alimentation **(ARMANDE, 2006).**

Au sens étroit elle recouvre les activités déployées par le paysan visant à la production de végétaux sur une parcelle **(ARMANDE, 2006).**

Les sols représentent un constituant essentiel des écosystèmes continentaux, l'ensemble des sols dénommé pédosphère **(RAMADE, 2002).**

Le sol est la couche superficielle meuble de la croûte terrestre résultant de la transformation de la roche mère enrichie par des apports organiques **(LACOSTE et SALANOM, 1999)**, aussi est le matériau de la surface terrestre situé entre l'air d'un côté et la roche en sous-sol de l'autre **(BLIEFERT et PERRAUD, 2004).**

La terre fine du sol est l'ensemble des éléments de taille inférieure à 2mm **(BOURUIGNON, 1996).**

Les engrais étant des substances destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a besoin, c'est-à-dire l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Et donc, on y trouve des engrais azotés, des engrais phosphatés et des engrais potassiques. On y trouve aussi des engrais soufrés, des fertilisants calciques et magnésiens et des engrais destinés à combler les carences en oligo-éléments **(FAO, 2005).**

L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (Notamment du phosphore et de l'azote), qui stimulent la croissance des algues et des plantes aquatiques. Cependant, certaines activités humaines accélèrent ce processus, se déroulant naturellement sur des milliers d'années, en augmentant la quantité d'éléments nutritifs qui parviennent aux lacs et provoquent des changements dans l'équilibre des écosystèmes aquatiques. Cette eutrophisation accélérée, pose problème aux humains (pertes d'usages, problèmes de santé dus à la dégradation de la qualité de l'eau, **diminution de la valeur marchande des propriétés, etc.**).

Introduction

(cobali.org/wpcontent/uploads/2016/11/Azote-et-phosphore.pdf)

L'objectif de notre travail est l'étude de la relation entre l'utilisation excessive des engrais agricoles et le phénomène d'eutrophisation

Notre travail est structuré à quatre parties :

- La première partie c'est l'agriculture.
- La seconde partie c'est les sols.
- La troisième partie c'est les agricoles.
- Enfin le phénomène d'eutrophisation.

Chapitre 01

l'agriculture

I-Chapitre 01 :l'agriculture**I.1.Définition:**

D'une manière générale l'agriculture est définie comme une série de cultures et d'animaux auxquels tel ou tel intrant peut être appliqué pour donner des résultats immédiats.

- En parlant de l'agriculture selon le professeur **Mokonda, B. (2007)**; on lui attribue tantôt un sens large, tantôt un sens strict ou étroit.

Au sens large, l'activité agricole qui doit comprendre la production, l'élevage (activités pastorales), l'exploitation forestière, les activités de soutien ou d'appui à la production ou à la commercialisation ainsi que, évidemment, leurs interactions avec le milieu et la préservation des ressources naturelles.

Au sens étroit, l'agriculture ne comporte que l'activité de production agricole, c'est-à-dire l'exploitation des cultures vivrières et maraichères ainsi que des cultures industrielles.

- **Mocher.(1967)** montre que l'agriculture est un mode particulier de production fondée sur le processus de croissance des plantes et des animaux.

- Selon **Mukobo.(2011)**, l'agriculture est la culture des champs (du sol) et par extension, ensemble des travaux visant à utiliser et à transformer le milieu naturel pour la production des végétaux et d'animaux utiles à l'homme. Dans le domaine de l'économie agricole, l'agriculture est définie comme l'ensemble des activités dont la fonction est de produire un revenu financier à partir de l'exploitation de la terre (cultures) ; des forêts (foresterie) ; des produits de la mer, lacs et rivières (aquaculture, pêche) ; des animaux de ferme (élevage) et des animaux sauvages (chasse).

La définition de l'agriculture ne se résume pas seulement avec les précédentes mais au contraire, elle peut se définir comme un ensemble très complexe où les interactions entre sols, végétaux, animaux, activités halieutiques, équipements, travailleurs, et bien d'autres éléments, le tout influencé par l'environnement, et dont les commandes sont tenues et manipulées par une personne appelée agriculteur qui, en fonction de ses préférences et de ses aspirations, s'efforce de produire à partir des intrants et des techniques qui lui sont disponibles. **jean louis, Ndonda. (2009).**

I.2-les différents types d'agriculture:

Il existe deux types d'agriculture ; traditionnelle et moderne.

a) L'agriculture traditionnelle :

Une agriculture est dite traditionnelle lorsqu'elle est basée sur une technologie archaïque à très faible productivité, héritée de plusieurs générations. Cette agriculture appelée aussi d'autosubsistance s'occupe principalement de cultures vivrières telles que : Le manioc, le maïs, le riz, les légumes, etc.

Le paysan cultive pour son alimentation et pratique également quelques cultures industrielles(le café, le palmier à huile, le tabac, le thé, etc.).

On constate souvent qu'un clan se spécialise dans la production d'une denrée compatible avec les exigences et les conditions climatiques du sol qu'il habite.

La production est assez faible à cause des étendues réduites et du travail surtout manuel fourni par une main d'oeuvre familiale.

Les taches sont divisées entre hommes et femmes. **Nkwembe. (2008-2009).**

b) L'agriculture moderne :

C'est une agriculture qui par essence et par objectif, est liée à l'économie du marché. Elle fait appel à un important apport des capitaux étrangers et nationaux. Elle recourt systématiquement à l'emploi de trois facteurs de toute activité agricole à savoir : L'homme, La terre, le capital financier.

Cette forme d'agriculture suit les innovations agronomiques, recourt aux engrais chimiques, biologiques et pesticides, utilise des variétés de cultures améliorées et emploi des machines.

Tous ces facteurs conjugués permettent de meilleurs rendements.

Il faut noter qu'il existe aussi l'agriculture du type intermédiaire, rencontré chez les pays qui bénéficient d'un encadrement agricole de la part des structures spécialisées, étatiques et privées.

Face à la volonté de préserver l'environnement et l'évolution des pratiques, des types d'agriculture alternative se sont mises en place : l'agriculture durable, l'agriculture raisonnée, l'agriculture intégrée, l'agriculture multifonctionnelle, l'agriculture de précision. Dernièrement, un mode de culture qui se pratique en dehors du sol est apparu : l'agriculture hors-sol ou hydroponie. **OCDE, FAO. (2009).**

I.2.1.L'agriculture durable :

L'agriculture durable dérive de l'agriculture conventionnelle, c'est une agriculture extensive qui s'inscrit dans les perspectives ouvertes par le développement durable. L'agriculture durable n'est pas un mode de production. Il n'y a pas qu'une seule façon de faire de l'agriculture durable mais se revendiquer de l'agriculture durable c'est prendre en compte simultanément les 27 principes de la [déclaration de RIO](#) qui, rapportés aux domaines agricole et rural, peuvent se regrouper en quatre dimensions :

- L'efficacité économique : systèmes de production économes et autonomes, revenus décents,
- L'équité sociale : partage des richesses, des droits à produire et du pouvoir de décision,
- La protection de l'environnement : préserver la fertilité des sols, la biodiversité, les paysages, la qualité de l'air et de l'eau,
- La culture et l'éthique : respect des générations futures, des communautés rurales et paysannes. Gestion participative de l'espace et des modes de production d'aliments de qualité.

Havhaverket, R et, Bayer, w. (1995).

I.2.2.L'agriculture raisonnée ou dirigée :

Cette expression est apparue après la Seconde Guerre mondiale, lorsque l'utilisation de produits phytosanitaires chimiques n'a pas été suffisante pour régler certains problèmes techniques et économiques. On cherche à substituer à une lutte systématique contre les ravageurs des cultures, une lutte en fonction des seuils de tolérance des cultures. La fertilisation (engrais) est pratiquée » au plus juste « Il s'agit de renforcer les impacts positifs des pratiques agricoles sur l'environnement, mais aussi sur les animaux et les exploitants

Bonnym, S. (1994).

I.2.3. L'agriculture intégrée :

L'agriculture intégrée se base sur une combinaison de lutte biologique et de moyens physiques (rotation des cultures, variétés résistantes, etc.). C'est un mode de production qui privilégie les richesses naturelles, en produisant de façon économiquement viable des produits de qualité, respectueux de l'environnement et de la santé, et des mécanismes de régulation

naturels par rapport au recours à des intrants potentiellement dommageables pour l'environnement. Le respect de la diversité et l'équilibre du terrain agricole sont considérés comme un écosystème. L'agriculture « raisonnée » est le premier pas vers l'agriculture « intégrée ». **Viaux, P. (1995).**

I.2.4. L'agriculture multifonctionnelle :

Le concept d'agriculture multifonctionnelle apparaît en 1992, lors du sommet de Rio au côté de celui de développement durable. Le terme multifonctionnalité est en fait un néologisme sous lequel sont regroupées les trois fonctions de l'agriculture : économique (sécurité alimentaire, autosuffisance et aspects nutritionnels et de qualité), environnementale (respect de l'environnement, production des effets externes positifs et prévention des effets externes négatifs) et sociale (maintien des sociétés rurales). Ce concept redéfinit donc la place de l'agriculture dans la société et ses finalités et sous-entend une nouvelle définition du métier d'agriculteur qui devient plus spécialisé et plus complexe. **Bruno, J et Lafontaine D (dir.). (2010).**

I.2.5.L'agriculture de précision :

L'agriculture de précision qualifie l'agriculture qui fait appel aux nouvelles technologies : SIG (Système d'information géographique), GPS, satellite, informatique. Elle utilise les nouvelles technologies pour ajuster les pratiques culturales au plus près du besoin des plantes en fonction de l'hétérogénéité au sein de chaque parcelle. L'agriculture de précision est un concept de conduite des parcelles agricoles en fonction de la variabilité du sol, des plantes, de la flore adventice, etc ... au sein d'une même parcelle. Il est alors possible de moduler les densités de semis, les apports d'engrais ou les traitements chimiques à l'intérieur d'une parcelle. Elle permet de limiter les impacts négatifs sur l'environnement et optimise les résultats agronomiques et économiques des productions en prenant en compte les besoins réels de chaque parcelle. **Grenier, G et Steffe, J. (1999).**

I.2.6.L'agriculture hors-sol ou hydroponie :

L'agriculture hors-sol est une culture réalisée sur un substrat neutre et inerte (sable, billes d'argile, laine de roche...). Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution qui apporte des sels minéraux et des nutriments essentiels à la plante. Cette culture aboutit aujourd'hui à l'aéroponie ; dans ce cas, les « supports de plantes » sont en matière plastique et des vaporisations permanentes en circuit fermé au moyen d'une pompe apportent les solutions nutritives. Des pesticides ou produits sanitaires sont utilisés dans ce type de production.

Cette culture est apparue aux États-Unis pendant la deuxième guerre mondiale pour répondre aux besoins de leur armée en légumes frais. Elle a été introduite en Europe dans les années 70. En France, les surfaces cultivées en hors sol dans des serres et grands tunnels, avoisinent 1 500 ha.

Elle s'adresse principalement à certains légumes et fruits et permet plusieurs récoltes par an. L'espèce majeure est la tomate, mais on trouve aussi l'endive, la fraise, le concombre, le poivron et l'aubergine, le melon, la courgette et la framboise.

C'est une technique de plus en plus « propre » : recyclage des solutions nutritives en cours de culture, des substrats et des végétaux en fin de traitements phytosanitaires réduits et ciblés, utilisation systématique d'insectes prédateurs, maîtrise de l'eau. **Fronty,L.(1982).**

I.3-le rôle de l'agriculture :

« 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 » (Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation). La sécurité alimentaire est liée à toute une gamme de facteurs, notamment la gestion durable des ressources naturelles (agriculture, pêches et forêts), l'accroissement de la production, les politiques à différents niveaux, le commerce international, la protection de la biodiversité, la sauvegarde de l'environnement, l'investissement, la paix et la stabilité. **Houfani, N. (2021).**

La réalisation de la sécurité alimentaire bénéficie de puissants appuis politiques comme le montre le fait que 112 chefs d'Etat ou de gouvernement (ou leurs adjoints) et plus de 70 représentants de haut niveau d'autres pays ont adopté la Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale et le Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation en 1996. **Houfani, N., larguet, Sahnoun.et al.(2021)**

I.3.1.Fonction environnementale :

En qualité d'acteur et de gardien, l'homme joue un rôle dynamique dans l'entretien et la viabilité des écosystèmes. L'environnement est essentiel à toute vie tout en fournissant la plupart des services fondamentaux nécessaires comme le recyclage de l'air et de l'eau, la fourniture de matériaux de base, d'énergie et d'autres ressources et en étant utile dans d'autres domaines comme les loisirs. Tous les systèmes agricoles et d'utilisation des terres influent directement sur les composantes et le fonctionnement des milieux écologiques.

Aussi, les écosystèmes sont ainsi presque tous devenus progressivement des systèmes aménagés, mais avec des résultats très variables.

L'agriculture et son utilisation des terres peuvent avoir des effets bénéfiques ou néfastes. En fait, les incidences des systèmes d'exploitation sont maintenant étroitement imbriquées au fonctionnement normal de la plupart des écosystèmes. L'agriculture peut influencer sur le volume et la qualité des disponibilités d'eau pour les usages industriels et urbains, par le biais de l'entretien des bassins versants, des infiltrations et de la régularisation des fluctuations des nappes phréatiques. Elle peut contribuer à maîtriser l'érosion et en conséquence, les forts ruissellements qui ont des effets négatifs en aval. Elle a alors un impact économique indirect et étalé dans le temps.

L'agriculture peut apporter des avantages directs à l'environnement : réduction de la pollution grâce à l'aménagement des sols et de la végétation; augmentation de la biomasse et de la fixation d'éléments nutritifs grâce aux cultures mixtes, au travail des terres et à l'application d'engrais; enfin, capacité de résistance accrue des écosystèmes grâce à la lutte contre l'érosion. **Lecole, p. (2013).**

I.3.2.Fonction économique:

La principale fonction de l'agriculture et de la foresterie est la production matérielle de biens, essentiellement de produits alimentaires destinés à la consommation humaine ou au commerce international. La production primaire fournit également des fourrages et aliments pour les animaux, des matières premières destinées à la production d'énergie (par exemple, co-génération de chaleur et de puissance à partir d'alcool), le biogaz, des produits pharmaceutiques et d'autres produits pour l'habillement, le logement, etc.

L'agriculture reste une force très importante pour assurer le fonctionnement et la croissance de toute l'économie, même dans les sociétés hautement industrialisées où les agriculteurs sont peu nombreux. Les investissements et certaines activités nouvelles liées, par exemple, à la diversification ou à l'accroissement de la production peuvent avoir des répercussions économiques en aval et en amont de l'agriculture et son utilisation des terres. En tant que secteur client, l'agriculture a besoin de divers intrants: travail, services et capitaux. En tant que producteur, elle fournit des biens et des services qui sont traités, transportés, commercialisés et distribués. Elle a donc des liens multiples avec d'autres secteurs. Tous ces effets économiques peuvent être estimés sur la base des comptes nationaux et des calculs économiques. **Weady, E.P. Et Shaw, R. (1967).**

I.3.3.Fonction sociale:

La fonction sociale de l'agriculture englobe des éléments qui sont importants pour tous les pays, des plus industrialisés au moins avancés. Le concept de CMFAT prend en compte, une fois qu'ils ont été dégagés, les effets négatifs des pratiques agricoles appliquées et il permet aux parties intéressées d'étudier des mesures pour les éliminer ou les atténuer mais aussi pour tirer parti des synergies potentielles. L'objectif immédiat consiste à renforcer la viabilité des zones rurales et des communautés et à maintenir les valeurs culturelles liées à l'agriculture et aux terroirs pour les sociétés urbaines et rurales. Toutefois, cet objectif peut être atteint suivant divers moyens et avec des résultats différents.

Les zones rurales sont associées à des notions de "culture", de "tradition" et d'"identité" qui sont considérées comme positives et même essentielles. Cependant, les communautés agraires ont subi des transformations spectaculaires. Par exemple, la migration des travailleurs vers les villes et les relations ville-campagne ont eu des effets considérables sur les ressources et les revenus ruraux. Dans les zones agricoles les plus marginales, les populations locales sont désormais tributaires d'échanges permanents avec l'extérieur et d'envois de fonds de celui-ci. Toutes les économies rurales ont des liens avec les marchés urbains et souvent aussi avec les marchés internationaux. La dynamique ancienne ou nouvelle des échanges entre zones urbaines et zones rurales peut être prise en compte dans les analyses fondées sur le concept de CMFAT. <http://aei.pitt.edu/36499/1/A2505.pdf>

I.4.L'agriculture moderne :

- L'agriculture moderne, fondée sur un principe de rendement, a émergée en même temps que le machinisme agricole.
- L'agriculture très productive (moderne) cherche toujours à produire davantage en utilisant des moyens modernes (produits chimiques, machines, recherche agronomique); ses revenus sont très élevés.
- La modernisation consisterait à importer des modèles dont on dit à tort qu'ils auraient prouvé leur efficacité ailleurs.
- Moderniser ce serait établir de vastes entreprises agricoles consacrées à la culture d'un seul produit, avec une forte mécanisation, et utilisant des intrants industriels : engrais et pesticides chimiques, semences génétiquement modifiées. **Beau, C. (1992).**

I.4.1. Les défis de l'agriculture moderne :

- L'agriculture moderne nous permet de faire face aux grandes priorités auxquelles nous sommes confrontés :
- La sécurité alimentaire,
- La création d'emplois,
- La protection de l'environnement. **valle, D. (2012).**

I.4.2. Les facteurs de l'agriculture moderne :

De nombreux facteurs interviennent dans l'agriculture moderne en favorisant ou perturbant la production:

- l'eau en termes de disponibilité au moment opportun mais aussi en termes de qualité
- le climat et ses variations inattendues (chaleur, sécheresse, pluie et autres calamités climatiques)
- le sol.
- les espèces végétales
- les espèces animales
- les prédateurs
- la mécanisation agricole

L'agronomie (fertilisation, biologie, génétique, etc.) De ces faits, l'agriculture est le domaine le plus ancien et le plus complexe du monde civilisé, mais aussi le plus impacté par les techniques modernes et les aspirations de l'Homme. **Lakdary, H. (2009).**

I.4.3. Les bienfaits de l'agriculture moderne :

Cette modernisation intervient à toutes les étapes du cycle de culture :

- Préparation de la parcelle : pour travailler le sol, l'agriculteur à différents matériels à sa disposition, notamment : charrue pour un labour profond, déchaumeuse pour un travail plus en surface, herse pour émietter la terre
- Semis ou plantation : là, place aux semoirs sophistiqués (de grande culture, de précision, mono graines...) ou aux planteuses (à pomme de terre par ex.) pour la mise

en place de la culture, avec des variétés sans cesse améliorées.

- Fertilisation : les épandeurs ou distributeurs d'engrais et d'amendements permettent d'apporter au sol les éléments minéraux ou organiques nécessaires à la croissance des plantes.
- Protection phytopharmaceutique : pour lutter contre les ennemis des cultures (maladies, mauvaises herbes, insectes), l'agriculteur peut utiliser des produits chimiques qui sont appliqués avec un pulvérisateur ou déposés directement sur la semence. Il peut aussi les combattre mécaniquement
- Récolte : à chaque culture sa machine de récolte... Les citer toutes est impossible. L'un des principaux enjeux à ce stade est d'éviter la dégradation du sol due au poids des engins.

Inconvénients de l'agriculture moderne :

- L'agriculture moderne implique l'utilisation de différents types d'engrais chimiques, de pesticides et d'insecticides.
- Des rapports et études révèlent que l'agriculture intensive affecte et modifie l'environnement de plusieurs manières.
- L'agriculture moderne affecte les habitats naturels des animaux sauvages. L'utilisation d'engrais chimiques contaminent les organismes du sol et de l'eau comme les lacs et les rivières.
- Les pesticides pulvérisés sur les cultures non seulement détruire les nuisibles et contaminer les cultures, mais aussi tuer les insectes bénéfiques. Finalement, ces produits chimiques sont transmis aux êtres humains quand ils consomment des produits agricoles.
- Les statistiques montrent une relation directe entre la consommation de produits alimentaires achetés sur des sites agricoles intensives et une augmentation du nombre de patients atteints de cancer.
- Il y a beaucoup de variétés hybrides de bétail et de volaille aujourd'hui. Le bétail et la volaille sont des injections d'hormones et autres produits chimiques pour augmenter le rendement.

<https://fr.scribd.com/presentation/204016943/Agriculture-Moderne>.

Chapitre 02

les sol

II-Chapitre 2 : les sols

II.1. Définition du sol

Le sol est un milieu naturel à propriétés essentiellement dynamiques, différencié en horizons à constituants minéraux et (ou) organiques généralement meubles, résultant de la transformation d'une roche mère sous-jacente, sous l'influence de divers processus chimiques, physicochimiques et biologiques. Ces horizons diffèrent de la roche mère par certains caractères morphologiques, physiques, chimiques et biologiques. Le sol est le support des végétaux, le milieu dans lequel, grâce à leurs racines, les plantes se procurent l'eau et les éléments nutritifs dont elles ont besoin. La définition du sol a évolué avec le temps. Selon Merrill, cité par Lunze (2000) "Le sol est le matériel rocheux désagrégé plus ou moins décomposé, mélangé à de la matière organique qui provient de la décomposition des végétaux». **Girard. (2011).**

II.2. Composition du sol

Selon Boulaine (2003) le sol est un système à phases ou à composantes multiples, il est un mélange à proportions égales de constituants minéraux, organiques, de l'eau et de l'air. Le sol est constitué théoriquement de presque de 45% de matière minérale, 5% de matière organique, 25% de l'air. La phase solide est constituée de minéraux et de matières organiques. Les constituants inorganiques ont des dimensions variables allant des colloïdes aux graviers de dimensions supérieures à 2mm (on peut avoir aussi des cailloux et des pierres). Ces constituants sont des fragments rocheux, des minéraux primaires et des minéraux secondaires. Les constituants organiques comprennent les résidus végétaux à décomposition et des animaux à des stades variés de composition mais aussi de l'humus.

II.3.Fertilité du sol

La fertilité d'un sol peut se définir comme étant son aptitude permanente à produire beaucoup sous un climat lorsqu'on lui applique les techniques agricoles qui lui conviennent le mieux. Le tableau I présente différents critères d'appréciation de la fertilité du sol. **Gir Sol. (2011).**

II.3.1 critères d'appréciation de la fertilité du sol:**Tableau01:** critères d'appréciation de la fertilité du sol.**Duval et Alex. (2011).**

Propriétés du sol	Critères d'appréciation de la fertilité du sol
Profondeur	Une grande profondeur offre un grand espace aux racines et une grande réserve de matières nutritives et d'eau du sol. Les racines profondes sont aussi préservées de dessiccation lors de sécheresse
Texture et structure	Les grains moyens et une bonne structure comme critère d'une bonne fertilité favorisent un bon développement du système racinaire, une bonne infiltration et conservation de l'eau et une bonne aération. La texture peut aussi donner une idée sur les réserves minérales du sol, une fine texture laissant présager une teneur élevée en éléments minéraux.
Réaction du sol	Le pH (optimum) variable avec les cultures est souvent signe du niveau du calcaire dans le sol. Il donne aussi une idée sur l'assimilabilité des différents éléments nutritifs du sol et surtout des oligoéléments
Composition minéralogique du substrat parental	Un substrat parental homogène donne un sol pauvre en éléments nutritifs et fournit une alimentation déséquilibrée. Par contre, un substrat hétérogène donne un sol riche en divers éléments nutritifs et fournit une alimentation plus ou moins équilibrée.
Teneur en éléments Nutritifs	Une teneur en réserve des éléments nutritifs et une teneur optimale de la fraction mobile favorisent une croissance optimale et soutenue des plantes.
Teneur et composition de l'humus	Les colloïdes humides améliorent la structure du sol, forment des complexes facilement mobilisables avec les substances minérales et activent la vie des

	microorganismes auxquels ils servent de support et d'aliment
Capacité du complexe absorbant	Une haute capacité du complexe absorbant constitue un pouvoir tampon bénéfique pour les plantes dans le cas d'excès de la fumure; elle protège en même temps les éléments nutritifs contre l'entraînement par les eaux d'infiltration.

II.3.2. Détermination de la fertilité d'un sol :

Plusieurs méthodes permettent de déterminer l'état de fertilité du sol d'une région. Citons :

01- le diagnostic visuel

Se basant sur les symptômes que présente la plante suite à une carence ou l'absence d'un élément au niveau du sol. Cette méthode est rapide mais présente des inconvénients dont : les symptômes de carence doivent être assez développés pour pouvoir être identifiés, ce qui peut être trop tard pour la plante ; les symptômes de carence peuvent être compliqués ou supprimés par certains facteurs comme le mauvais temps, les insectes et les maladies. Decoopman, **B. (2003)**.

02- L'analyse de la plante

Les concentrations élémentaires sont déterminées par des méthodes de laboratoire généralement compliquées. Le principal inconvénient de ces méthodes est qu'elles sont coûteuses. De plus, quand les résultats indiquent une carence, il est en général trop tard pour y remédier. L'analyse de la plante n'est utile que pour les plantes vivaces (de longue durée, pérennes). **Mulumuna, cité par Kamenyenzi. (2013)**.

03- Les tests biologiques

Ces tests de laboratoire sont basés sur le principe que les besoins généraux en éléments nutritifs, (minéraux) des micro-organismes sont semblables à ceux de certains végétaux. L'avantage de ces tests est que, contrairement aux expériences sur le terrain, ils peuvent être réalisés rapidement (en 3- 4 jours). Mais comme il existe toujours des discussions sur la validité de la méthode, l'interprétation n'a pas encore obtenu une large acceptation UNIF, **A. (2006)**.

04- Le test du sol

Le test du sol est une meilleure méthode que l'observation des symptômes de carence et l'analyse de la plante, car il permet de déterminer le besoin de la plante en éléments nutritifs avant la plantation. Il est plus simple et prend moins de temps que la méthode biologique.

L'analyse du sol elle-même est plutôt compliquée et c'est un travail de laboratoire. L'une des phases les plus critiques de l'analyse du sol est la procédure d'échantillonnage. **Baiz, D. (2004).**

05- Les expériences sur le terrain

La méthode la plus sûre et la plus satisfaisante pour déterminer la quantité optimale d'engrais ou de fumier à utiliser est basée sur plusieurs séries d'expériences sur le terrain (fermes expérimentales, champs de paysans). Quoique ces expériences donnent des résultats sûrs, ceux-ci ne s'obtiennent en général qu'après plusieurs années d'essais. Leur principal inconvénient est qu'elles exigent du temps et de l'argent. Le paysan moyen ne peut généralement pas se permettre de tels frais. **Gros. (1967).**

II.3.3 Problèmes de dégradation du sol et faible fertilité du sol :

Les formes reconnues de dégradation du sol sont l'érosion, la dégradation physique, chimique et biologique, la salinisation et la pollution (**Soltener, 2000**). La dégradation chimique inclut plus l'acidification que la diminution de la teneur en éléments nutritifs. Les dégradations sont étroitement liées la dégradation biologique influence à la fois les propriétés physiques du sol et les éléments nutritifs, tandis que l'érosion est une cause de dégradation biologique et de perte d'éléments nutritifs. Toutes ces formes de dégradation entraînent une baisse de la fertilité du sol et de la productivité de la terre. Cependant c'est l'effet combiné de la diminution de la matière organique du sol, de la détérioration de ses propriétés physiques, de la réduction de la teneur en éléments nutritifs et (dans certains cas) de l'acidification qui est généralement désignée sous le nom de déclin de la fertilité. Le déclin de la fertilité du sol, parfois traduit par des faibles rendements des cultures, est l'un des problèmes le plus souvent observé dans un large éventail d'environnement. Non seulement la dégradation du sol abaisse les rendements agricoles que l'on pourrait obtenir d'après la fertilité intrinsèque du sol, mais elle peut aussi réduire fortement la réponse aux engrais ou autres intrants. Ceci réduit la marge économique sur l'application d'engrais, ce qui tend à perpétuer la situation caractérisée par de faibles intrants et des faibles extrants (**Calvet. 2003**).

<https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-premier-generalites-sur-le-sol-785.html>

II.3.4. La gestion de la fertilité des sols

La production et l'utilisation de la matière organique est une des techniques vulgarisées par la CMDT pour améliorer la gestion de la fertilité des sols. Les travaux entrepris par le projet SCV, dans le secteur de Fama, Koutiala (Nankorola/ Dentiola) et Ouéléssebougou (Dafara) sur le suivi de la fertilité des sols sur une période de 3ans ont montré que le statut organique des terres pouvait se maintenir à condition de recycler l'ensemble de la biomasse produite sur des parcelles. Dans ce domaine certaines techniques de recyclage se révèlent relativement adaptées. En effet, sur les bas glacis des terroirs cotonniers de Koutiala (Nankorola/Dentiola), il est observé le maintien de niveau de productivité un peu élevés, grâce à des apports réguliers de la matière organique, malgré la pratique de la culture continue (sur des parcelles de 30 à 50 ans). Les techniques de production de la matière organique sont extrêmement variées et chaque exploitation applique celle qui correspond à ses moyens en main d'ouvre et en équipement. Les pratiques modernes de recyclage, par l'intermédiaire des parcs améliorés et des fosses compostières réalisées selon les normes (apport régulier de résidu de récolte et de paille) sont très peu poussées chez les paysans collaborateurs. Les exploitations des secteurs de Dafara moins avancées (0% des exploitations sont concernées) Dentiola ,Nankorola les plus engagées. L'adhésion des paysans à la production de la Mose renforce chaque année sous les effets de la vulgarisation agricole. Les techniques modernes de production de la matière organique ont été introduites récemment avec l'avènement du coton en 1995.**Boizard, H. (2013).**

II.4. formation des sol:

Le sol est une formation naturelle, un milieu organisé qui se transforme continuellement sous l'influence de processus physiques, chimiques, biologiques et humains. Il évolue dans le temps et dans l'espace. Il se développe et croit à la fois par sa base à partir de la roche mère (matière minérale) et à la fois par sa surface constituée de matière organique (débris d'origine végétale et animale). Le sol résulte de l'union de la matière minérale provenant de la roche mère décomposée en argiles et de la matière organique fraîche provenant des débris organiques décomposée en humus. La croissance et l'évolution des sols se fait à des vitesses variables selon les zones climatiques

II.4.1. Les facteurs qui influent sur la formation du sol

De nombreux facteurs interfèrent dans la formation des sols, ce qui explique la grande diversité des types de sols rencontrés. Les facteurs les plus importants sont la nature de la roche mère ou matériau d'origine, le climat, le temps, la végétation. D'autres facteurs comme le relief, la topologie du terrain et l'intervention de l'homme ont également leur importance.

Comment influent ces facteurs ?**II. 4.2. La roche mère et les formations superficielles**

Le sol se trouve au-dessus de sa roche mère, son matériau d'origine. La roche mère affleure à la surface du globe suite à des mécanismes géologiques (tectonique des plaques, volcanisme, glaciation, érosion...). D'origine géologique variée: magmatique, métamorphique ou sédimentaire, la roche initiale, dite roche mère est une roche dure ou meuble qui s'est formée, il y a des millénaires. Une roche est constituée d'un assemblage de plusieurs minéraux identiques ou différents.

Exemples: le granite est une roche magmatique formée par l'assemblage de minéraux de quartz, de micas et de feldspaths; le calcaire est une roche sédimentaire qui contient en forte proportion un minéral appelé: calcite. Ces minéraux principaux sont appelés: minéraux primaires. Les roches renferment également en faible quantité d'autres minéraux appelés: minéraux accessoires. **Delaunois, A. (2008).**

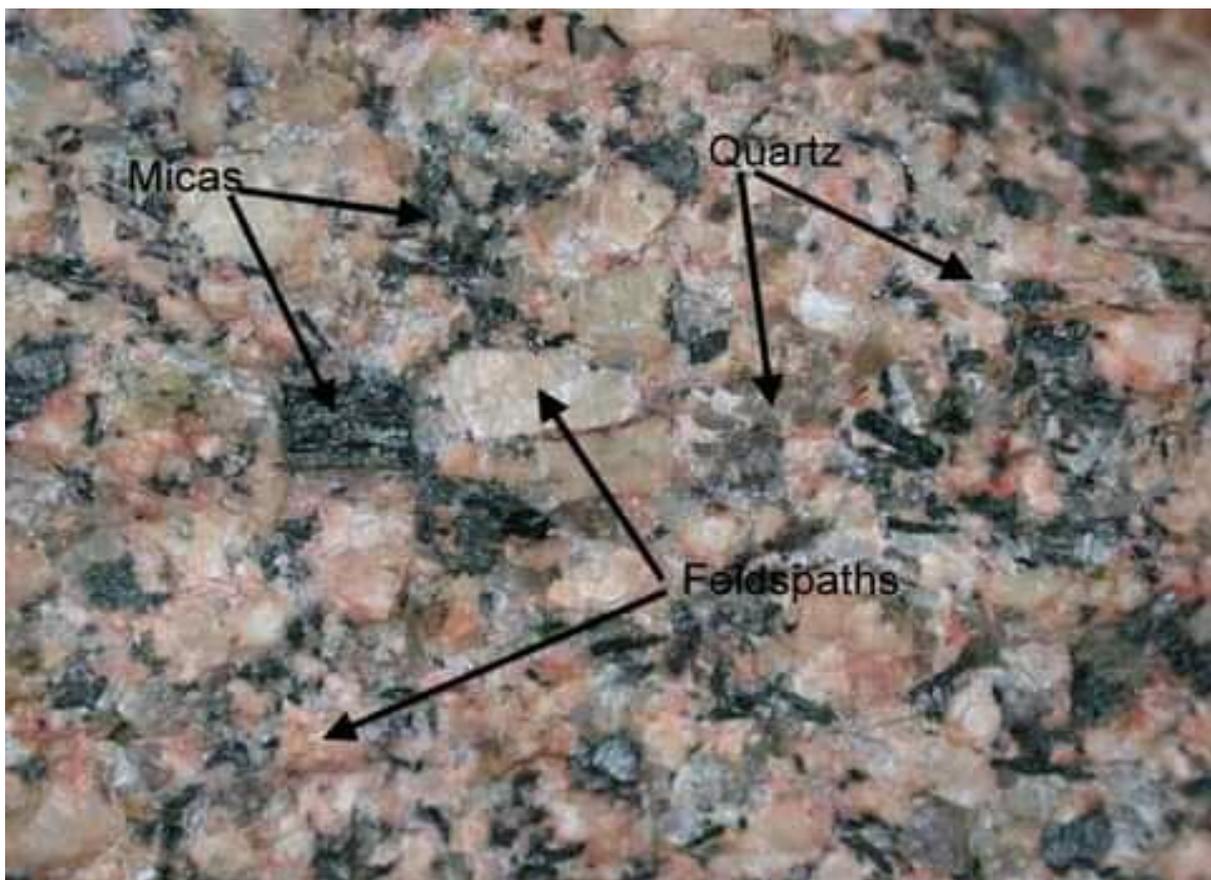


Figure 1: Minéraux du granite-quantz (cristaux translucides) de mica (cristaux noirs) et de feldspaths (cristaux roses et blancs).

Source : futura-sciences.com.

Les minéraux sont eux-mêmes constitués d'un assemblage d'éléments chimiques (atomes). Chaque minéral est défini par une composition chimique donnée. Par exemple: - le quartz définit par la formule chimique: SiO_2 est constitué par l'assemblage d'un atome de silicium et de deux atomes d'oxygène, - la calcite de formule CaCO_3 est formée d'un atome de calcium, d'un atome de carbone et de trois atomes d'oxygène. Les principaux éléments chimiques (atomes) présents dans le sol sont : l'oxygène (O), le silicium (Si), le carbone (C), l'aluminium (Al), le fer (Fe), le calcium (Ca), le potassium (K), le sodium (Na), le magnésium (Mg). Les éléments chimiques se présentent sous forme d'ions (atomes ayant perdu ou gagné une charge électrique). Certains ions sont pourvus de charges électriques positives, on les appelle des cations, d'autres sont pourvus de charge électriques négatives, on les appelle des anions. Les ions de charge électriques contraires s'attirent.

Au cours du temps, les roches vont être désagrégées par l'érosion, les minéraux primaires vont se séparer et être altérés par des réactions chimiques provoquées par l'eau de pluie et les solutions acides des matières organiques. Les atomes présents dans les minéraux sont dans un premier temps libérés, mis en solution lors de ces réactions chimiques. Puis ils se recombinent, recristallisent à partir des éléments en solution pour former de nouveaux minéraux appelés minéraux secondaires. Les principaux minéraux secondaires que l'on trouve dans les sols sont : les argiles au nom de : Illites, vermiculites, montmorillonites ou kaolinites selon leur composition, les oxyhydroxydes de fer, d'aluminium, de manganèse, de silicium et dans les sols calcaires constitués de calcite : du gypse. La taille de ces minéraux est très fine souvent inférieure à 2 microns.

Les formations superficielles* constituées soit d'alluvions anciennes* étagées en terrasses le long des fleuves, soit de colluvions* qui ont glissés le long des pentes, soit de limons loessiques* déposés par les vents, soit de dépôts glaciaires peuvent également constituer le matériau d'origine et selon leur nature et leur ancienneté de dépôt influencer les caractéristiques morphologiques des sols. Delaunois, **A. et ferrie. (2008).**



Figure 2: Le Médoc

Saint-Estèphe - Les graves garonnaises formations superficielles reposant sur du calcaire lacustre de Plassac couvrent le sol sur 4 à 11 mètres d'épaisseur.

Source : vinsvignesvignerons.com.

- **L'eau**

Le sol filtre l'eau et exerce un pouvoir tampon sur le régime des eaux superficielles et l'alimentation des eaux souterraines. Il permet aussi l'alimentation en eau des organismes vivants (animaux, végétaux, bactéries, champignons, etc) qui la restituent à l'atmosphère, principalement via la transpiration des plantes. L'eau contenue dans le sol joue un rôle prépondérant dans de nombreux processus environnementaux par la dissolution, le dépôt, la transformation, la dégradation et le transport de diverses substances. De nombreuses réactions chimiques ont lieu à l'interface entre la solution et la phase solide ou les organismes du sol. A noter que les émissions de GES (CH₄ et N₂O) comme le stockage de carbone dans les sols sont fortement déterminés par les conditions hydriques. La capacité du sol à retenir l'eau dépend d'abord de sa porosité, qui représente 30 à 60% du volume total d'un sol. Plus les pores sont petites, plus l'eau est retenue fortement. Des pores bien connectés faciliteront la circulation de l'eau. Les pores dont diamètre est inférieur à 0,2 µm contiennent une eau inutilisable par les plantes. La quantité d'eau totale que le sol peut retenir, ainsi que la quantité d'eau utile, varient. **Castany, G. (1979).**

- **Le matériau d'origine**

Composées de 58 % de carbone organique en moyenne, les matières organiques du sol libèrent du dioxyde de carbone (CO₂) et des composés organiques en se décomposant sous l'influence du climat et des conditions ambiantes du sol. L'évolution du stock de carbone organique dans les sols résulte de l'équilibre entre les apports de matières organiques végétales au sol et leur minéralisation. Le sol représente le plus grand réservoir de carbone de la biosphère continentale contenant environ deux fois le stock de carbone atmosphérique et trois fois le stock de carbone contenu dans la végétation (40 tonnes par hectare (t/ha) en sols cultivés et 65 t/ha sous prairies). Une augmentation des stocks de carbone organique des sols cultivés peut jouer un rôle significatif dans la limitation des émissions nettes de gaz à effet de serre vers l'atmosphère en stockant du CO₂ atmosphérique dans la MO des sols. **Duparque A, et rigalle, P. (2011)**

- **La Topographie**

L'influence de la topographie se ressent aux échelles régionale ou locale. D'abord, elle a un impact sur le meso-climat. Les pluies et températures sont influencées par l'altitude

Et l'orientation des versants. Ceci crée des contrastes entre versants N et S en Méditerranée, par exemple, où les versants N ont tendance à être plus humides grâce à un taux d'évapotranspiration plus faible (moins d'ensoleillement direct) et donc à favoriser la croissance végétale et des sols plus épais dans un milieu connu pour son stress hydrique estival. Nous trouvons des tendances contraires en zones froides, où le facteur limitant est énergétique et dans ce cas, les sols sur versants S sont souvent mieux développés que sur versants N où la neige persiste plus longtemps. Pour la pluie, nous pouvons noter les différences entre les versants bien arrosés sur les versants W des cordillères et les versants E qui sont beaucoup plus secs. **Baize, D. (2000).**

- **Le climat**

Le climat est le facteur le plus important sur le long terme et à l'échelle mondiale. Nous retenons l'impact de l'énergie et des précipitations. Le climat est particulièrement important dans le cadre de ce site web où la dégradation des sols concerne différents milieux climatiques du monde. **Bouwman, E et G. (1996).**

- **Le Temps**

Le temps permet au sol de former des horizons qui reflètent les conditions locales. Comme il a été noté dans l'introduction, l'échelle de temps pour la formation d'un sol se mesure en milliers d'années. Cependant, elle ne peut être considérée qu'en relation avec l'intensité de météorisation : des centaines de millions d'années dans un milieu aride peuvent donner des effets moins importants que quelques centaines d'années dans un milieu humide tropical. Plus les conditions de météorisation et de pédogenèse sont intenses, moins il faut de temps pour altérer le matériau d'origine et former des horizons distinctes. **Perspectives agricoles. (2007).**

- **La Végétation**

Les types de végétaux et la biomasse en surface sont fortement corrélés avec le climat. La végétation apporte de la matière organique au sol et les organismes décomposent les matières organiques et structurent le sol. L'apport de matières organiques est fondamental pour les propriétés physiques et chimiques des sols, comme nous le verrons ci-dessous. Dans le contexte de la formation des sols, trois rôles de la végétation peuvent être soulignés.

Premièrement, les végétaux favorisent la météorisation physique du matériau d'origine par la pénétration des racines. Il suffit de contempler comment les racines peuvent soulever et déformer les rues et trottoirs pour constater la force impressionnante qu'exercent les racines. Deuxièmement, la décomposition des matières organiques, qui sont riches en C, H et O, libère des H^+ qui favorisent la météorisation chimique du sol. Enfin, la concentration de matières organiques dans le sol favorise la fertilité du sol et permet une meilleure densité et croissance des végétaux : ceci accélère les processus de météorisations physiques et chimiques décrits ci-dessous. En réalité, la présence des végétaux joue un rôle essentiel dans la formation d'horizons à l'intérieur du profil du sol, et des milieux désertiques dénués de végétaux n'ont qu'une très faible différenciation des horizons, contrairement aux milieux avec un couvert végétal dense. **FAO. (2015).**

II.5. Les caractéristiques du sol :

II.5.1. Structure

Le terme structure se rapporte à la forme naturelle des agrégats de particules (appelés peds) dans le sol. La structure du sol fournit des informations sur la forme et la taille des espaces vides dans le sol à travers lesquels la chaleur, l'air et l'eau s'écoulent et dans lesquels les racines poussent. Ces peds peuvent être granulaires, caillouteux, en colonne, tassés ou prismatiques. Si le sol n'a pas de structure particulière, il est appelé simplement granuleux ou massif. **Aubert ,1. (1963).**

II.5.2. Couleur

La couleur du sol est déterminée par la cohésion chimique des particules, la quantité de matière organique et l'humidité du sol. Par exemple, le sol a tendance à être plus foncé en présence de matière organique. Certains minéraux, comme le fer, peuvent créer des nuances de rouge et de jaune sur la surface des particules du sol. Dans les régions sèches, le sol peut être blanc à cause de la présence de calcium dans les particules du sol. L'humidité influence aussi la couleur du sol. L'humidité d'un sol du temps pendant lequel il a pu sécher librement et de saturation ou non en eau. Typiquement, plus le sol est humide, plus il est foncé. **Pédro, G. (2018).**

II.5.3. Consistance

La consistance désigne la fermeté des agrégats individuels et la facilité avec laquelle on peut les séparer. Elle peut être qualifiée de friable, lâche, ferme ou très ferme. Un sol ferme sera plus difficile pour les racines, les pelles et les charrues qu'un sol friable. **Dabin, B et Maignien, R. (1979).**

II.5.4. Texture

La texture désigne la sensation tactile produite par un sol. Elle est déterminée par les quantités respectives de particules de sable, de limon et d'argile présentes dans les échantillons de sol. La texture d'un sol influence la quantité d'eau, de chaleur et d'aliments qui sera stockée dans le profil pédologique. La main est sensible aux différences de taille entre les particules. Les particules de sable sont les plus grossières et sont granuleuses au toucher. Les particules de limon sont directement plus petites et sont lisses et farineuses. Les particules d'argile sont les plus fines, sont collantes et difficiles à comprimer. Les quantités de particules de sable, de limon et d'argile de différentes tailles constituent ce que l'on appelle la distribution granulométrique du sol et peut être mesurée en classe ou en laboratoire. **Gras, R. (1974).**

II.5.5. Carbonate

Les carbonates de calcium ou d'autres éléments apparaissent dans les zones où il y a peu de désagrégation due à l'eau. La présence de carbonates dans un sol peut indiquer un climat aride ou un type bien précis de matériau parent riche en calcium, comme le calcaire. Les carbonates libres recouvrent souvent les particules des sols basiques (i.e. dont le pH est supérieur à 7), notamment dans les climats arides ou semi-arides. Ils sont en général blancs et peuvent facilement être grattés avec un ongle. Dans les climats secs, les carbonates peuvent former un horizon très dur et dense, semblable au ciment et ne permettant pas le passage des racines. La présence de carbonates peut être testée en répandant un acide, comme par exemple du vinaigre, sur le sol. S'il y a des carbonates, une réaction chimique se produit entre le vinaigre (l'acide) et les carbonates (la base), libérant du CO₂. La libération du CO₂ produit une effervescence (des bulles apparaissent) dont l'intensité varie selon la quantité de carbonates libres présents. **Marsily, G. (1981).**

II.5.6. Masse volumique

La masse volumique détermine dans quel mesure le sol est compacté est donnée par la masse d'une unité de volume de sol sec (g/cm³). La densité volumique du sol dépend de la composition du sol, de la structure des agrégats, de la distribution granulométrique, du volume des espaces vides, et de la compacité des particules. Les sols composés de minéraux (sable,

limon, argile) ont une masse volumique différente de celle des sols composés de matière organique. De manière générale, la densité volumique des sols va de 0,5 g/cm³ pour des sols poreux à 2.0 g/cm³ ou plus dans des horizons très compacts. Connaître la masse volumique d'un sol est important pour de nombreuses raisons. **Demolon, A et Leroux, D. (1952).**

II.5.7. pH

Le pH d'un horizon (degré d'acidité ou de basicité) est déterminé par le matériau parent dont le sol est issu, la nature chimique de la pluie et des autres eaux en contact avec le sol, l'entretien de la terre et par les activités des organismes vivant dans le sol (végétaux, animaux et microorganismes). Comme le pH de l'eau, le pH du sol est mesuré sur une échelle logarithmique (Voir l'introduction de l'étude de l'hydrologie pour une description du pH). Le pH du sol donne une indication de ses propriétés chimiques

Et de sa fertilité. **Abail, Z. (2013).**

II.5.8. Fertilité

La fertilité d'un sol est déterminée par la quantité de substances nutritives qu'il contient. L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont trois des substances nutritives les plus importantes pour la croissance des végétaux. Chaque horizon d'un profil pédologique peut être testé pour déterminer la présence de chacun de ces éléments. Les résultats de ces mesures aide à savoir si le sol est propice à la croissance des végétaux. La fertilité peut être rattachée aux mesures de propriétés chimique de l'eau effectuées dans la partie Etude de l'hydrologie **.Soltner. (1986).**

II.5.9. La matière organique dans les sols:

La minéralisation de la matière organique du sol constitue une source importante d'éléments nutritifs pour les végétaux. Grâce à leurs propriétés d'adsorption, les composés organiques jouent aussi un rôle essentiel dans l'immobilisation et/ou la transformation d'un certain nombre de fertilisants (azote, phosphore...) et de micropolluants (rôle de filtre environnemental). En outre, les matières organiques permettent de renforcer la cohésion entre les particules minérales, ce qui améliore la rétention de l'eau et la structure des sols, tout en réduisant leur sensibilité à l'érosion. La fraction organique du sol représente également un important réservoir de carbone, dont les variations jouent positivement ou négativement sur les niveaux de CO₂ atmosphérique, responsable en grande partie des changements climatiques. Les pratiques agricoles et sylvicoles ont une incidence majeure sur le contenu et le devenir des substances organiques présentes dans les sols. L'essentiel est de maintenir des teneurs suffisantes qui permettent aux sols de remplir leurs multiples fonctions (agricoles, sylvicoles et environnementales). Cependant, les stocks de matières organiques en

décomposition ne sont pas toujours suffisamment renouvelés dans le cadre des systèmes de production actuels (cultures intensives ayant recours préférentiellement aux engrais minéraux, monoculture...). La diminution du contenu en matières organiques dans les sols est dès lors devenu un sujet de préoccupation croissante. **Kemper, W. D et Koch, E.J. (1966).**

II.6. Les différents types de sols:

II.6.1. Sols sableux

Les sols sableux sont souvent secs, pauvres en substances nutritives et très drainants. Ils sont peu (ou pas du tout) aptes à transporter l'eau jusqu'aux couches profondes par capillarités. Par conséquent, le travail des sols sableux au printemps, doit être réduit au minimum pour conserver l'humidité dans le lit de semences. La capacité des sols sableux à retenir les substances nutritives et l'eau peut être améliorée par un apport en matière organique. **Clément, M. (2003).**



Figure 3: sol sableux.

Source: Emadrazo.travail personnel.

II.6.2.Sol limoneux

Un sol limoneux est un sol riche en limons. Ce sol particulier a été déposé par les alluvions. Il s'oppose au sol sableux comme au sol argileux.



Figure 4:photo internet : sol limoneux.

Source : Parlons Science.

II.6.3. Sol argileux

Texture: Contient surtout de l'argile; sol lourd et compact dont les particules demeurent collées entre elles comme de la pâte à modeler; risque de compaction du sol si des masses lourdes (comme des camions) se retrouvent en surface; un sol compacté sera alors difficilement drainé; souvent désigné sous le nom de « glaise ».

Structure: Peu de place pour la circulation de l'eau et de l'air; retient bien l'eau et les éléments nutritifs; sensibilité à l'érosion par le vent, car si la surface est sèche, cette couche superficielle peut être littéralement pulvérisée; tendance à être alcalin.

Culture: Sol très fertile, car il est riche en éléments nutritifs; il ne doit pas être gorgé d'eau afin de ne pas affecter la croissance végétale; convient à la culture de la tomate, de l'orge, du soya, etc.

Avantages: Sol qui retient bien l'eau et qui est très fertile.

Désavantages: Sol qui se travaille mal et qui réagit mal aux variations de température (gèle facilement). **Dubreuilh, J.P et al. (1995).**



Figure 5: Sol argileux.

Source: <http://www.mineraly.sk>.

II.6.4.Sol humifère

Texture: contient surtout de la matière organique; particules foncées relativement lâches qui glissent entre les doigts; permet à l'eau de s'écouler facilement.

Structure: peut retenir une grande quantité d'eau sans devenir collant comme le sol

argileux: retient bien les engrais; peut être sensible à l'érosion par le vent.

Cultive: souvent utilisé pour la culture des légumes.

Avantages: sol très fertile. Qui retient bien l'eau et qui se réchauffe facilement

Avantages: sol très fertile, qui retient bien l'eau et qui se réchauffe facilement.

Désavantage: sol parfois très acide qui peut nuire au développement des végétaux

Duparque, A et Rigalle, P. (2011).



Figure6: photo internet Sol humifère.

Source: From geograph.org.uk. Humphrey Bolton.

Chapitre 03

Les engrais

III.Chapitre 03: les engrais

III.1.Définition

Les cultures, en général, font disparaître du sol d'importante quantité d'éléments minéraux et l'appauvrissent. Pour maintenir le niveau de la production agricole, il faut ajouter régulièrement des engrais afin de favoriser la croissance des végétaux. Les plantes absorbent l'azote sous forme de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+).L'importance relative de chacune de ces formes dépend de l'espèce végétale et des conditions des milieux. **Layzell et Hageman. (1984- 1990).**

Pour accomplir le processus de leur vie végétative, les plantes ont besoins d'eau, de vingt (20) éléments nutritifs, de dioxyde de carbone (CO_2) et d'énergie solaire. Les engrais sont des substances ou des mélanges d'éléments minéraux destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures .**Anonyme. (2010).**

III.2.L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation. Les engrais apportent

a) des éléments de base tels: azote (N); Phosphore (P); Potassium (K).On parle des engrais de type NPK lorsqu'ils sont associés ensemble sinon on parle également de N; NP; NK;

b) des éléments secondaires tels: le calcium (Ca); Souffre (S); Magnésium (Mg);

c)des oligoéléments tels que le Fer (Fe); le Manganèse (Mn); le Molybdène (Mo);

Le Cuivre (Cu); le Bore (B); le Zinc (Zn); le Chlore (Cl); le Sodium (Na); le Cobalt(Co); le Vanadine (V); et le Silicium (Si). Ces derniers éléments se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol et ils sont ajoutés uniquement en cas de carence (**Anonyme, 2010**).

L'azote, le phosphore et le potassium (N, P, K) sont les éléments dont les plantes ont besoin de quantité relativement importante et qu'il faut ajouter le plus souvent au sol

Les engrais furent utilisées dès l'antiquité où l'on ajoutait au sol de façon empirique, les phosphates des os, l'azote des fumures animales et humaines, le potassium des cendres, les Egyptiens durant des milliers d'années ont utilisé les riches limons apportés par le Nil, pour enrichir et entretenir les sols. Les engrais chimiques sont apparus avec l'industrie chimique, charbonnière et pétrolière au 19^{ème}siècle, puis de plus en plus «purs» apparaissent des éléments de bases. (**NPK**).

III.3. Les différents types d'engrais :

Il existe trois (3) types d'engrais :

- les engrais chimiques ou minéraux
- les engrais organiques
- les engrais biologiques

III.3.1. Les engrais chimiques ou minéraux

Ces engrais peuvent être obtenus par synthèse de l'azote de l'air et de gaz naturel pour les engrais azotés ou par extinction de minéral (roches sédimentaires ou salines) pour les engrais phosphatés ou potassiques le plus important caractère conçu pour ce type d'engrais est sa solubilité facile et rapide au contact de l'eau pour une meilleure assimilation par la plante dès leur épandage. Les engrais minéraux peuvent être naturels ou chimiques. Ces derniers sont produits industriellement et contiennent une quantité d'éléments nutritifs. Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérale, produits soit par l'industrie chimique, soit par l'exploitation de gisement naturels (phosphate, potasse). **Farre. (2004).**

III.3.2. Les engrais organiques

Les engrais organiques sont obtenus par transportation de déchets végétaux et surtout animaux. Ils apportent sous forme organique les éléments majeurs (azote, phosphate, potassium) des éléments secondaires et la plupart des oligo-éléments. Mais ces éléments devront passer par l'étape de la minéralisation c'est-à-dire la transformation en éléments minéraux afin de faciliter leur absorption par la plante, cette minéralisation est régie par des conditions édaphique et climatiques.

Exemple des engrais organiques ; le fumier, fiente, le purin, le lisier, les résidus végétaux les engrais verts. **Anonyme. (2010).**

III.3.2.1. La teneur des engrais organiques en NPK

Le tableau 8 montre la teneur moyenne en éléments fertilisants de divers types de fumier (Kg pour mille Kg de fumier) :

Tableau 2 : Composition des fumiers (Jean-Marie et Deront, 1999).

Fumiers	Azote	Acide Phosphorique	Potasse
Fumier de cheval	6,7	2,3	7,2
Fumier de bovidé	3,4	1,3	3,5
Fumier de porc	4,5	2,0	6,0
Fumier de mouton	8,2	2,1	8,4
Fumier mixte de ferme frais	3,9	1,8	4,5
Fumier mixte de ferme consommé	5,0	2,6	5,3

Tableau 3 : illustre la teneur des différents engrais en N, P205, K20, CAO et MGO. Gros. (1967).

Type d'animal	MO	P2O5	K2O	N total
Bovins	175	2,4	12	5,0
Moutons et chèvre	180	2,5	12	5,5
Volailles	300-440	18-25	14	20-40

a) Les engrais verts

La culture d'engrais vert est une des pratiques de base de l'agriculture biologique. **Techni, I. (2005).**

Les engrais verts sont des cultures établies entre les cultures principale les pour couvrir et protéger le sol. Ils sont ensemencés après la récolte d'une culture et retournés ou détruits au printemps suivant. **CPVQ. (1993).**

La forme d'engrais vert la plus courante est représentée par les résidus végétaux.

Tableau 4: La teneur des différents engrais organiques en éléments nutritifs (azote N, Phosphore P, Potassium K2calcium Ca et matière organique MO).Ictf-Itavi. (2002).

Engrais organiques			Composition en Kg/tonne de produit brut					
Famille	Type	Origine	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	
Effluents d'élevage	Fumier de dépôt	Bovin	6,5	3	11	5		
	Fumier frais (très compact de litière accumulée)		5,8	2,3	9,6	3,8	1,7	
	Fumier compact de pente paillée		4,9	2,3	9	3,8	1,7	
	Fumier compact d'étable entravée		5,3	1,7	7,1	3,8	1,7	
	Fumier mou de logette		5,1	2,3	6,2	3,8	1,7	
	Compost de fumier		8	5	14	6	3	
	Lisier presque pur		4	2	5	4,5	1,5	
	Lisier dilué		2,7	1,1	3,3	2,5	1	
	Lisier très dilué		1,6	0,8	2,4	1	0,5	
	Purin pur		3	0,9	5,7	2	2	
	Purin dilué		0,4	0,2	1,5	1	0,5	
	Fumier de litière accumulée sur paille		Porcin	7,2	7	10,2	6	2,5
	Fumier de litière raclée sur paille			9,1	10,9	11,2	7,5	3,1
	Lisier pur	9,6		4,8	5,9	5,2	1,7	
	Lisier dilué	4,3		3,8	2,6	3,6	1,2	
	Compost de fumier de litière accumulée	7,6		10,2	14,7	8	3	
	Compost de fumier de litière raclée	11		18,3	20,8	10	4	
	Compost de fumier	7,7		14,9	10,5	5	2	

	de lisier sur paille						
	Compost de refus de tamisage de lisier		7,2	43,4	2,6	10	3
	Lisier pondeuse		6,8	9,5	5,5	16,2	1,2
	Fiente humide pondeuse		15	14	12	40,5	3
	Fiente pré séchée sur tapis pondeuse		22	20	12	50	4,8
	Fiente séchée en fosse profonde pondeuse		30	40	28	60	8
	Fiente séchée sous hangar pondeuse		40	40	28	60	8
Effluents d'élevage	Lisier canard	Volaille	5,9	5,9	4,1	6	1
	Fumier sortie du bâtiment poulet de chair		29	25	20	14,5	3,7
	Fumier après stockage poulet de chair		22	23	18	11	2,8
	Fumier sortie du bâtiment poulet label		20	18	15	10	2,5
	Fumier après stockage poulet label		15	17	14	7,5	1,9
	Fumier sortie du bâtiment dinde de chair		27	27	20	23,5	3,7
	Fumier après stockage dinde de chair		21	25	18	18,2	2,8
	Fumier sortie du bâtiment pintade de chair		32	25	20	18	2
	Fumier	Ovin	6,7	4	12	11,2	1,4
	Compost de fumier d'ovins		11,5	7	23	22	3
	Fumier	Caprin	6,1	5,2	7	8	2
	Fumier	Cheval	8,2	3,2	9	6	2
	Lisier	Lapin	8,5	13,5	7,5	13,9	3,5
Effluents industriels	Ecume de sucrerie		3	8,5	0,4	300	5
	Vinasse de mélasse		40	9	90	2	1

Effluents urbains	Compost urbain (ordures ménagères)		6	4	5	36	4
	Compost végétal urbain		8	4	10	2	1

	Boue de station d'épuration liquide		2 à 5	4	0,6	1	0,5
	Boue de station d'épuration liquide		5 à 12	10	1,5	2	1,25
	Boue de station d'épuration pâteuse		5 à 12	12	1,8	35	1,5
	Boue de station d'épuration séchée		30 à 40	36	5,4	9	4,5

b) Les résidus végétaux

Ce sont les déchets organiques laissés sur sol après une récolte. Ce sont des feuilles, tiges ou des racines. Deux types de résidus végétaux ont été décrits : les résidus pailleux et les résidus non pailleux. **Falisse et Lambert. (1994).**

La culture d'engrais vert est un procédé d'enfouissement. Les engrais verts jouent un rôle important dans le maintien ou l'augmentation de la fertilité des sols : ils protègent et améliorent la structure, stimulent l'activité biologique et permettent une meilleure disponibilité des éléments fertilisants pour la culture. En outre, leur rôle environnemental est fondamental. **Warman (1981).**

Cultivé en inter-culture automnale, ils limitent le lessivage des nitrates et l'érosion des sols. **Techni, Itab. (2005).**

c) Les avantages des engrais verts

Les engrais verts :

- protègent la surface du sol et améliorent la structure du sol.
- assimilent les éléments nutritifs du sol autrement lessivé qui seront. Disponible pour la culture suivante.
- fournissent l'azote (cas des légumineuses).
- accroissent l'activité microbienne du sol.
- et l'action mécanique de leurs racines améliore l'aération du sol. CPVQ, la voie agricole.

(1993-2003).

d) Les végétaux à utiliser comme engrais vert

Les plantes utilisées comme engrais verts devraient:

- être cultivées à coût minime.
- être facilement établies.
- produire rapidement des pousses et des racines succulentes.
- établir rapidement une bonne couverture vivante.
- être capable de pousser sur des sols pauvres.

L'enfouissement d'une grande quantité de plantes non légumineuses ayant un ratio C/N élevé, peut entraîner une baisse de la quantité d'azote fixé par la culture suivante. Dans les zones où les précipitations sont faibles, les cultures pour engrais vert peuvent absorber l'humidité du sol au point de laisser la culture principale suivante souffrir de sécheresse. **Warman. (1981).**

III.3.2.2. Les inconvénients de l'utilisation des engrais organiques :

Les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques et qui sont soumises à la critique, sont les suivants:

- 1- effets liés au cycle de l'azote et à la toxicité des nitrates dans l'eau potable .
- 2- effets liés à la dégradation des engrais inutilisés, qui émettent des gaz à effet de serre, oxydes d'azote NO₂ et N₂O₄, dans l'atmosphère.
- 3- effets liés au cycle du phosphore.
- 4- effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments.
- 5- effets liés à la présence de métaux lourds : cadmium, arsenic, fluor, ou d'éléments radioactifs, significativement présents dans les phosphates, et dans les lisiers de porc par les métaux lourds.
- 6- eutrophisation des eaux douces et marines.
- 7- pollution émise par l'industrie de production des engrais.
- 8- utilisation d'énergie non renouvelable.
- 9- épuisement des ressources minérales.
- 10- effets indirects sur l'environnement, par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages. **Anonyme. (2010).**

III.3.2.3. L'application des engrais:

Généralement, les engrais sont incorporés au sol, mais ils peuvent aussi être apportés par l'eau d'irrigation ou encore par voie foliaire, par pulvérisation. Les engrais doivent être utilisés avec précaution.

Il est suggéré :

- d'éviter les excès car au-delà de certains seuils les apports supplémentaires.
- risquent d'être toxiques pour les plantes particulièrement en oligoéléments.
- de maîtriser leurs effets sur l'acidité du sol.
- de tenir compte des interactions possibles entre les éléments chimiques.
- de tenir compte des limites imposées par les autres facteurs de production. **Anonyme. (2010).**

III.3.3- Les engrais biologiques:

L'agriculture biologique:

« L'agriculture biologique est un système d'administration de production écologique qui promouvoit et met en valeur la biodiversité, les cycles biologiques et l'activité biologique du sol. Elle est fondée sur le fait d'avoir recours le moins possible à des apports extérieurs à la ferme et d'avoir une gestion qui restaure, maintienne et accroisse l'harmonie écologique »: définition de « Biologique » par le conseil national chargé des critères pour l'agriculture biologique. **Usda, Organic. (2006).**

Les fermes bio n'utilisent aucun engrais synthétiques ou de pesticides. Ils essayent de travailler en harmonie avec les systèmes naturels et font attention au sol, aux réserves d'eaux, à la vie sauvage et aux gens Ce commentaire confirme la définition de l'agriculture biologique de : l'agriculture biologique est fondée sur des règles qui lui interdisent, sauf exception, d'utiliser des nitrates issus de l'industrie chimique. **Gerf. (2003).**

L'agriculture biologique assure la production d'aliment avec des méthodes de cultures respectueuses à l'environnement en excluant des pesticides et des engrais chimique de synthèse. Pour Claude Aubert l'agriculture biologique est basées sur l'observation et les lois de la vie qui consistent à nourrir non pas directement les plantes avec des engrais solubles mais les êtres vivants du sol qui élaborent et fournissent aux plantes tous les éléments dont elles ont besoins, les meilleurs exemples qui nous renvois vers cette définition est la fixation symbiotique d'azotes atmosphériques par les microorganismes du sol. **Silguy. (1997).**

III.4. Production et consommation des engrais dans le monde :

Entre 1972 et 1992, l'utilisation mondiale d'engrais est passée de 73,8 à 132,7 millions de tonnes. Au Canada, l'utilisation d'engrais est passée de près d'un million de tonnes en 1960 à environ quatre millions de tonnes en 1985, tandis que le pourcentage des terres ayant reçu des engrais est passé de 16% en 1970 à 50% en 1985. **Kimpe. (1996).**
-Claude Aubert, ingénieur agronome Français, pionnier de l'agriculture biologique, auteur de nombreux livres sur l'agriculture biologique et il est directeur du Centre Terre Verte.

La consommation mondiale d'éléments fertilisants s'est élevée à 179,4 millions de tonnes en 2007 : 61.6% d'azote, 23% de phosphates, et 15.3% de potasses. En 2007, les principaux pays consommateurs sont les suivants (en millions de tonnes de nutriments) sont regroupés dans le tableau 5.

Tableau 5: Les principaux pays consommateurs d'engrais dans le monde (en millions de tonnes de nutriments). Anonyme. (2010).

Consommation des engrais	
Pays	Millions de tonnes
Chine	46,6
États-Unis	29,2
Inde	22,6
Brésil	11,3
Canada	4,7
France	3,8
Indonésie	3,7
Pakistan	3,6
Viet Nam	2,7
Pologne	2,7
Allemagne	2,3
Turquie	2,2
Espagne	2,0
Australie	1,8
Argentine	1,8
Thaïlande	1,8
Russie	1,7
Mexique	1,6
Égypte	1,6

La production mondiale d'engrais devrait se développer au cours des prochaines années, ce qui permettra de mieux satisfaire la demande croissante **FAO .(2008)**.

Les prix élevés des produits de base pour l'alimentation constatés au cours des dernières années ont stimulé la production et par voie de conséquence entraîné une utilisation accrue des engrais. Malgré une demande en produits agricoles, pour l'alimentation et pour les biocarburants, qui devait rester soutenue, la FAO prévoit que l'offre d'engrais dépassera la demande mondiale.

L'offre mondiale d'engrais (azotés, phosphatés et potassiques) progresserait de quelque 34 millions de tonnes soit un taux d'accroissement annuel de 3% entre 2007-2008 et 2011-2012. La production totale d'engrais devrait passer de 206.5 Mt en 2007-2008 à 241 Mt en 2011-2012. La demande augmenterait de 197 Mt aujourd'hui à 216 Mt en 2011-2012.

Pour chacun des trois éléments (N, P et K), la FAO prévoit qu'environ 70% de l'augmentation de la demande interviendra en Asie.

En Europe de l'Ouest, la consommation d'engrais azotés et phosphatés diminuerait d'environ 2% sur la période tandis qu'elle resterait stable pour les engrais potassiques.

Pour les engrais azotés, les disponibilités mondiales atteindraient plus de 154 Mt par rapport à la consommation. Celle-ci est estimée à 3,3 Mt pour 2007-2008.

Pour les engrais potassiques, les disponibilités progresseraient à plus de 43 Mt en 2011-2012, en surplus de 6.7 Mt par rapport à la consommation. Celle-ci est évaluée à 5,7 Mt en 2007-2008, il régresserait à moins de 4 Mt en 2008-2009, pour remonter ensuite.

C'est pour les engrais phosphatés que la situation de départ est la plus tendue avec un excédent mondial de 0,4 Mt en 2007-2008. Les disponibilités de 37 Mt augmenteraient progressivement dans les prochaines années pour atteindre 43,3 Mt en 2011-2012, soit un excédent par rapport à la consommation qui serait alors de près de 2,9 Mt **.FAO. (2008)**.

III.5. La répartition des terres en Algérie:

Les terres en Algérie se répartissent de la façon suivante :

- a) Terres improductives estimées à 191 millions d'hectares.
- b) Terres forestières couvrent une superficie de 4,3 millions d'hectares.
- c) Les parcours et la steppe couvrent environ 34,3 millions d'hectares.
- d) La superficie agricole totale (SAT) couvre 8,2 millions d'hectares dont environ

888 000 d'hectares de terres non productive (bâtiments, chemin, etc.). FAO. (2005).

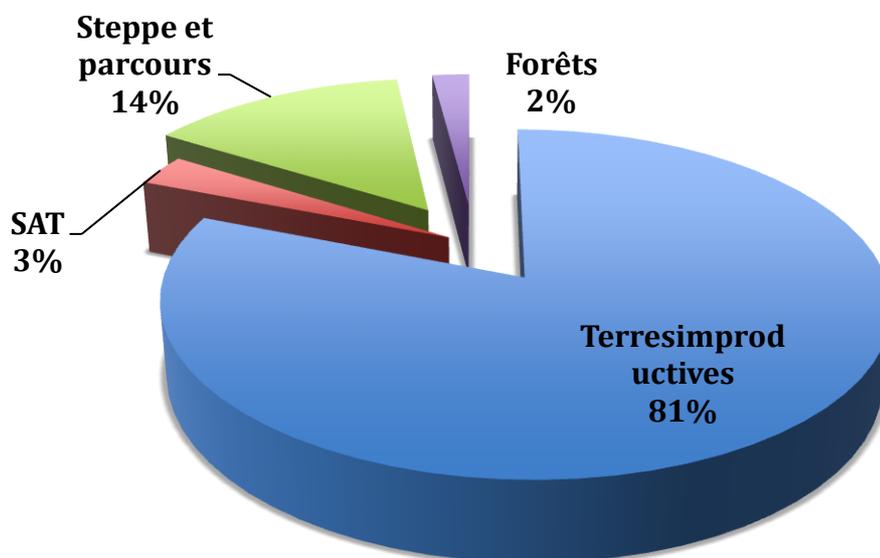


Figure 07 : La répartition des terres en Algérie .FAO. (2005).

III.6. Les engrais en Algérie:

Peu d'information sont recueillis à propos de l'utilisation des engrais en Algérie, cependant le tableau 12 présente les qualités d'engrais azotés et phosphatés recommandés en fonction de la pluviosité de la zone.

Tableau 6: Dosages d'azote et de phosphore en fonction de la pluviosité .FAO. (2005).

Pluviosité	< 400 mm		400-600 mm		> 600 mm	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
Elément fertilisant	Kg/ha					
Jachère travaillée	34	46	67	92		
Fourrages	34	46	67	92	100	92
Légumes secs		67	92	100	92	
Pomme de terre irriguée		34	46	67	92	
Blé	34	46	67	46	100	92

Jusqu'à 1991, l'Algérie utilise aussi bien, pour la zone nord que pour la zone sud (Sétif par exemple) les engrais suivants: L'ammoniacale (33,5%), le TSP, NPK, PK et DAP et cela pour des raisons de disponibilité sur le marché, le prix, le transport etc.

Seulement l'utilisation de ces engrais sur le terrain restait expérimentale vu les lacunes d'information existant dans le domaine de l'utilisation d'engrais par exemple durant les années 90 la fertilisation phosphatée (concernant les céréales) dans quelques sols algériens entraînait un certain gaspillage, la plante ne profite pas de cet élément qui est plutôt fixé par le sol. Pour le cas de l'azote, il est difficile d'apprécier l'effet de l'apport d'azote, vu qu'on ignorait le contenu azoté initial des sols. Concernant l'élément Potassium(K), on ne disposait aucune information à cette époque. La jachère reste la technique culturale fréquemment utilisée, 48,7%des exploitations céréalières l'utilisent. Toujours dans le domaine céréalier, la moyenne conseillée d'utilisation des deux types principaux engrais net N etP2O5oscille entre 50 et 100kg d'éléments nutritifs pour les deux types d'engrais. **Djenane. (1992).**

III.6.1.Pourcentage des terres fertilisées en Algérie:

Les pourcentages des terres fertilisées ne sont pas pratiquement promoteurs pour l'élément Phosphore. Par contre l'utilisation est meilleure pour l'azote, l'utilisation de Potasse (K) a changé dans la dernière décade suite à une intensification des cultures maraîchères. Malgré les efforts d'intensification les pourcentages des terres fertilisées restent faibles, stables. **FAO. (2005).**

III.6.2.Utilisation des engrais en Algérie:

L'Algérie utilise peu d'engrais comparativement à d'autres pays africains telle Maroc par exemple. L'utilisation reste stabilisée autour de 45 unités d'élément nutritifs/hectare. Actuellement, l'agriculture algérienne ne consomme que 100000tonnesd'éléments fertilisant alors que selon la moyenne mondiale, la consommation devrait se situer à 850000 tonnes par an. Si nous prenons l'exemple de cultures céréalières, les 2,5 millions d'hectares de cette culture [à raison de 72kg de N, 27kg de P2O5et 65kg de K2O /hectare] ont besoin de 410500 tonnes d'éléments nutritifs dont 180000 d'Azote, 68000 tonnes de P2O5et162500 tonnes de K2O. La consommation d'engrais (N, P, K) n'est pas régulière. Durant les 40 dernières années, elle a été modifiée suite aux différents politiques agricoles et aux différentes étapes ayant marqué la restructuration du secteur agricole. Ainsi l'utilisation des engrais en Algérie a connu trois périodes distinctes :

- Une période postindépendance (1961-1970) où les engrais étaient peu utilisés.
- Une période où l'utilisation des engrais était très importante (1971-1986), c'est une période de développement de l'industrie chimique et le développement des hydrocarbures, coïncident

avec l'application de la réforme agraire et la nationalisation des terres, autrement dit, les engrais produits en Algérie, étaient subventionnées et à prix réduit appliqués sur des terres qui appartenaient à l'état. **Asmidal. (2004).**

Tableau 7: Evolution de l'utilisation d'engrais en Algérie: FAO. (2005).

Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Milliers de tonnes d'éléments nutritifs							
Quantités	232	191	149	120	119	96	129
Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Milliers de tonnes d'éléments nutritifs							
Quantités	113	83	49	45	49	113	155

III.6.3. Le Fumier en Algérie:

En Algérie, le fumier est très recherché. Ce besoin est dû aux techniques d'élevage qui ne permettent pas souvent une production de fumier importante. Ce défi dans le fumier est expliqué par l'absence d'une stratégie dans la récupération du fumier qui reste faible, en effet une grande partie de cheptel bovin est quasi en permanence

49 dans les maquis et au niveau des forêts, par ailleurs, une grande partie de cheptel surtout ovin et caprin passe la nuit dans des enclos temporaires (Zriba) où la récupération du fumier est très rare voire parfois impossible.

En outre, une grande partie du cheptel ovin caprin et camelin surtout est soumise à des transhumances annuelles. Pour l'ensemble des troupeaux vivant dans des structures classiques des exploitations ovines (bergerie, étable, écurie) (tableau 14), la paille est utilisée comme source alimentaire pour le cheptel et non comme litière.

Toutes les régions littorales et sub-littorales nécessitent le fumier. Les agricultures de ces régions se déplacent souvent vers l'intérieur du pays (hautes plaines) pour pouvoir couvrir une partie de leur besoin en paille. Les systèmes d'élevage, les types de conduites des troupeaux et l'utilisation de la paille comme aliment du cheptel, ne permettent pas une production importante de fumier en Algérie: «Ceci est d'autant plus grave que l'ensemble des sols algériens est pauvre en matière organique» **FAO. (2005).**

Tableau 8 : Structures des élevages : **FAO. (2005).**

Bâtiments	Milliers d'exploitations	Milliers Des structures	Surface (000m2)	Sur face moyenne (m2)
Bergerie	134,9	142,1	9733	68
Etable	122,9	129,7	10030	77
Ecurie	7,9	9,3	558	60
Poulailler	25,6	30,3	10642	351
Total	291,3	311,4	30963	99
Zriba*	190,6	204,1	158658	78

*Enclos fait de branchage et/ou de fils de fer barbelés (généralement provisoire).

III.6.4. La production et le prix des engrais en Algérie:

Les fertilisants chimiques en Algérie, ne rencontrent pas de déficit dans cette matière vu les ressources phosphatées importantes qui permettent la satisfaction de ses besoins en cet élément et aussi pour l'exportation .**FAO. (2005).**

Concernant l'azote, les ressources en gaz de l'Algérie permettent la couverture de ses besoins et la possibilité d'exporter le gaz et les engrais azotés.

Actuellement ASMIDAL n'est pas le seul pourvoyeur d'engrais mais des sociétés privées ont investi le marché national malgré que leur impact soit encore très limité.

Tableau 9: Prix des engrais vendus dans les magasins Fertial-Asmidal.FAO. (2005).

Produits	Distributeurs	Utilisateurs
	Prix TTC (DA)*par tonne	Prix TTC (DA) par tonne
NPK (15-15-15) (K2SO4)	26298	27233
NPK (15-15-15) (KCl)	23865	24342
NPK (10-10-10) (K2SO4)	19305	19691
NP 20-10-0	20475	20885
PK 0-20-25	29250	29855
Urée	29250	29835
Sulfate d'ammonium	16146	16469
TSP	22230	22675
SSP	14040	14321
Sulfate de potasse	26430	26962
UAN (Urée Ammonium Nitrate)	16,65 le litre	16,98 le litre

* DA: Dinar Algérien (1 US\$ = 88 DA, début 2004)

Tableau 10: Evolution du prix à la production des céréales et des engrais en Dinar Algérien FAO. (2005):

Année	Prix des céréales (agriculteur)				Prix des engrais, à l'agriculteur		
	Blé dur	Blé tendre	Orge	Nitrate ammonium	TSP	NPK 12-18-18	PK 0-20-25
1981	1250	1150	800	302	414	505	552
1985	2000	1900	1400	706	839	1006	794
1990	5000	3300	2300	1109	1478	1637	1676
1993	10250	9100	4700	2700	3900	3900	3900
2004	19000	19000	-	-	22675	27233*	29855

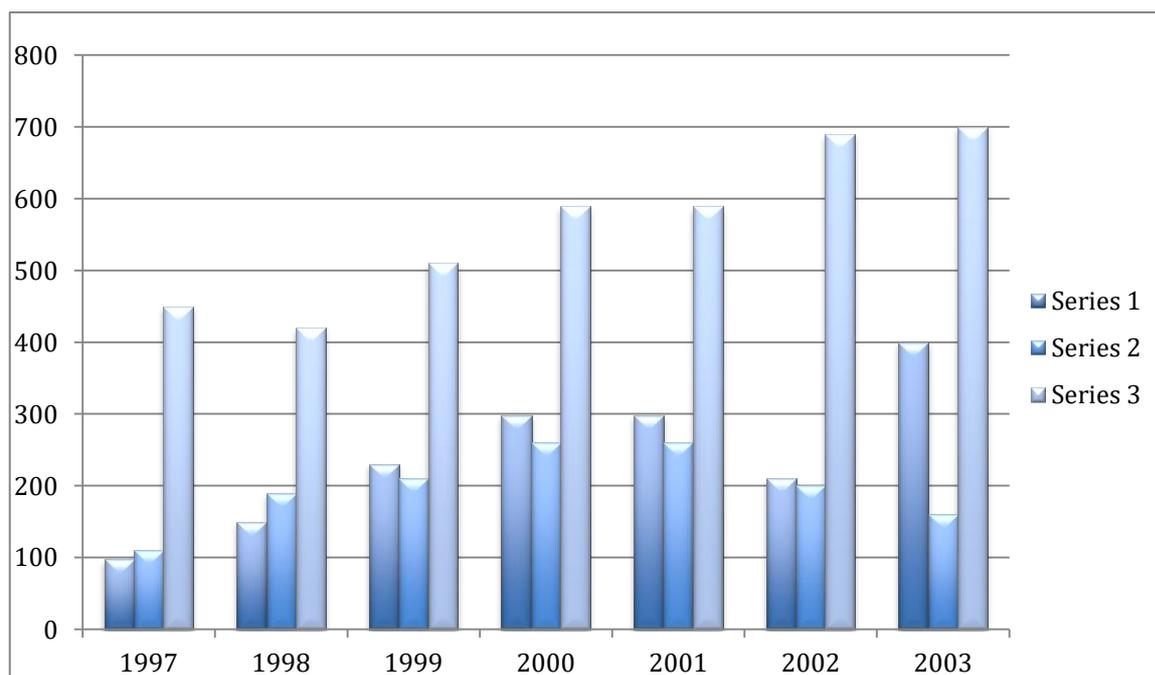
* NPK: 15-15-15

Tableau 11: Rapports entre les prix des unités d'engrais et du blé, 2004.FAO. (2005).

Type d'engrais	Prix de l'unité d'engrais (DA)	Equivalent Blé dur	en grain(Kg) ² Blé tendre
Ammoniacale 33,5 %	8,06 ¹	1,0 ¹	0,9 ¹
Urée 46 % N	64,85	3,41	3,80
Sulfate de Potasse 50 % K ₂ O	53,92	2,84	3,20
NP 26-10-10	58,01	3,05	3,40
NPKc 15-15-15 (chloré)	54,09	2,84	3,20
Superphosphate simple (20 % P ₂ O ₅)	71,60	3,77	4,20
NPKs 15-15-15-8 (sulfaté)	60,51	3,18	3,56 ²

¹Ammonitrate: Prix de 1993.

²En tenant compte seulement du ou des éléments principaux N, P₂O₅et K₂O.

**Figure 8 : Production de types d'engrais en Algérie 1997-2003. FAO. (2005).**

Chapitre 4

Le phénomène d'eutrophisation

IV. Chapitre 04: le phénomène d'eutrophisation.**IV.1. Définition**

L'eutrophisation (du grec eutrophos signifiant « bien nourri, nourrissant » ; trophos signifiant « nourriture » et le préfixe eu- signifiant « abondant, bien ») est un syndrome saisonnier de mauvaise qualité des eaux douces ou marines littorales. Les manifestations les plus visibles en sont l'apparition au printemps et en été de marées vertes dans les eaux marines littorales, et une eau verte ou brune pour les eaux des lacs et des rivières. **Menesguen, A. et al. (2001).**



Figure 9: Mare eutrophisée.

Source: Image prise dans la forêt de Pontault-Combault (Seine-et-Marne).

Ces manifestations correspondent à un déséquilibre écologique lié à des apports trop importants en phosphore (y compris sous forme de phosphate PO_4^{3-}) et en azote (nitrate NO_3^-). Ces apports entraînent une explosion du développement des végétaux aquatiques. Cette accumulation locale de biomasse trop importante est à l'origine de différents effets indésirables : appauvrissement de la biodiversité, nuisances visuelle et olfactive, gêne pour la baignade, difficultés dans le traitement de l'eau (eau potable), dégagements gazeux, colonisation par des algues produisant des toxines comme certaines Cyanophycées, etc. Le contexte géologique et hydrodynamique joue également un rôle dans le développement du phénomène. L'eutrophisation peut être un phénomène naturel, qui s'étale alors sur plusieurs centaines à milliers d'années. Mais le plus généralement, le développement récent et important du phénomène est dû à une origine anthropique. C'est plus particulièrement de cette eutrophisation anthropique dont il sera question dans ce document (**Michel, Delarue**).

IV.2. Les causes de l'eutrophisation

Les causes de l'eutrophisation sont principalement liées aux apports excessifs de l'azote (des nitrates par exemple), -carbone (carbonates, hydrogénocarbonates, matières organiques...) et-phosphore notamment. Le phosphore est généralement le facteur limitant dans les milieux naturels d'eau douce, tandis que l'azote est limitant en milieu marin (loi de Liebig). Ce sont ces composés, en particulier les phosphates qui permettent l'emballement du processus (**Claussen, U., Zevenboom, W., Brockmann, U., et al (2009)**).

IV.3. origine de l'eutrophisation

Des épandages agricoles excessivement riches en engrais (azote et phosphore)-des rejets industriels ou urbains riches en nitrates, ammonium, matières organique non traitée, la présence de poly phosphates dans les lessives de l'eutrophisation un processus fréquent, atteignant même les zones océaniques, pouvant provoquer l'extension de zones mortes), ou -le développement d'algues toxiques, telles Dinophysis, sur les littoraux, par exemple en Bretagne (France). Algues toxiques étant principalement dues au rejet du lisier provenant des élevages de porc, très nombreux en Bretagne. Dans l'acception courante, l'eutrophisation est donc souvent synonyme de pollution, bien que cette dernière puisse revêtir bien d'autres aspects: contamination biologique (bactéries, parasites...), chimique (pesticides, métaux, solvants...), physique (chaleur) Minaudo, **C.(2015)**.

Analyse et modélisation de l'eutrophisation de la Loire (Doctoral dissertation, Tours). **Moss, B., Kosten, S., Meerhof, M., et al**).

IV.4. Impacts de l'activité humaine sur l'eutrophisation

Lorsque l'équilibre d'un écosystème aquatique est brisé par un apport excessif de nutriments, surtout en phosphates et en nitrates, le processus d'eutrophisation s'accélère. La proximité d'une source d'eaux usées riches en ces nutriments peut donc grandement affecter un écosystème. L'agriculture, par l'épandage d'engrais et de fumiers, constitue une source de nutriments importante. Aussi, certaines activités résidentielles et industrielles, comme l'utilisation de détergents phosphatés, augmentent l'apport de nutriments dans un milieu. La déforestation augmente le ruissellement des eaux de surface dans un bassin versant. Du même coup, les eaux se chargent davantage en nutriments au contact du sol. Le ruissellement qui vient des terres agricoles et des zones habitées enrichit une étendue d'eau en phosphore et en azote, ce qui déclenche la prolifération des algues et du phytoplancton. Une perturbation dans l'oxygénation de l'eau entraîne aussi une accélération de l'eutrophisation. Par exemple, un ralentissement local des courants renouvelle moins rapidement l'oxygène dans un milieu ; une température trop élevée de l'eau (entre 15 et 25°C) diminue la solubilité de l'oxygène ; une luminosité importante fait augmenter la température de l'eau. (Liu, W., Antonelli, M., Liu, X., et al. (2017).

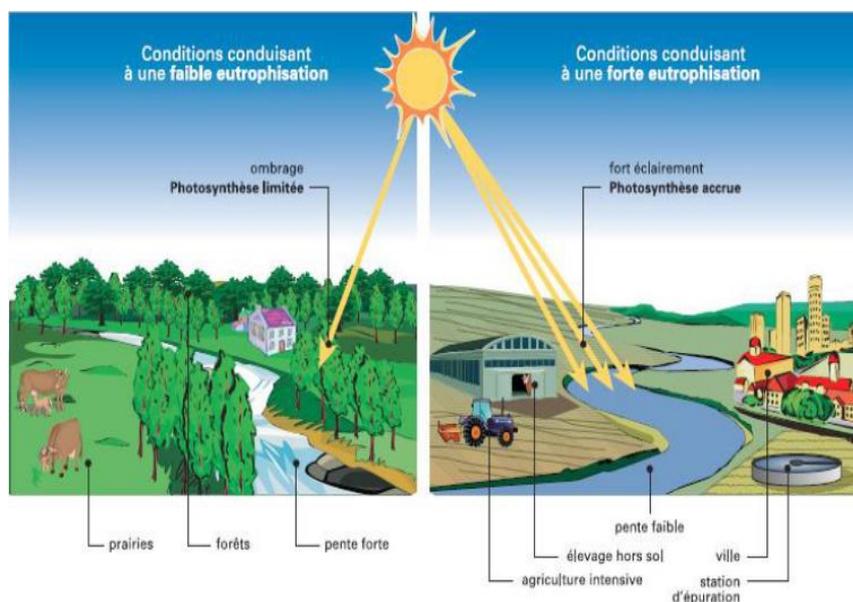


Figure 10: conséquences sur la biodiversité.

Source : [pinterest.com](https://www.pinterest.com)

IV.5.Étapes du processus d'eutrophisation

L'eutrophisation d'un milieu aquatique peut aboutir à son asphyxie et à la mort d'un grand nombre d'organismes vivants. Pour comprendre la raison de cette asphyxie, il est nécessaire de comprendre le processus de ce type de pollution :

Etape 1: Apport excessif de substances nutritives

Les substances peuvent provenir d'épandages agricoles (engrais riches en azote et phosphore) ainsi que de l'utilisation de produits lessiviels riches en poly phosphates, rejetés via les eaux usées. **Smith, V. H., Tilman, G. D., Nekola, J. C. (1999).**

Etape 2: Croissance et multiplication des algues

Stimulées par cet apport nutritif, certaines algues croissent et se multiplient de manière excessive, en particulier dans les couches d'eau de surface puisque les végétaux ont besoin de lumière pour se développer. **Rabalais, N. (2004).**

Etape 3 : Dégradation de ces algues par les bactéries aérobies

Ces algues en excès, conduisent, lorsqu'elles se décomposent, à une augmentation de la quantité de matières organiques biodégradables dans le milieu aquatique, c'est à dire une augmentation de la quantité de nourriture pour les bactéries aérobies (bactéries ayant besoin d'oxygène). **Glibert, P. M. (2017).**

Etape 4: Asphyxie du milieu aquatique

Ayant davantage de nourriture à disposition, ces bactéries prolifèrent à leur tour, consommant de plus en plus d'oxygène. Dans le cas d'un lac profond, le fond du lac est peu oxygéné en raison d'une absence de circulation suffisante des eaux. Les bactéries finissent donc par épuiser l'oxygène des couches d'eaux profondes et ne peuvent plus dégrader toute la matière organique morte, qui s'accumule sur le fond du lac. On observe alors une différence de plus en plus marquée entre les eaux proches de la surface, très oxygénées, et les eaux profondes, totalement désoxygénées et non éclairées, car la prolifération des algues ou des plantes aquatiques (comme les lentilles d'eau) en surface empêche toute pénétration de lumière. Dans les cours d'eau rapides, en revanche, l'eau est en permanence renouvelée et mieux oxygénée ; les algues sont entraînées toujours plus loin par le courant et l'accumulation est très lente ou impossible. Ce phénomène de dystrophisation a notamment été observé dans le lac Léman, le lac du Bourget ou encore le lac d'Annecy. Cette pollution est, depuis les années 80 en diminution, grâce à un meilleur traitement et à un détournement des eaux usées vers des cours d'eau. **Kemp, W. M., Testa, J. M., Conley, D. J., et al. (2009).**

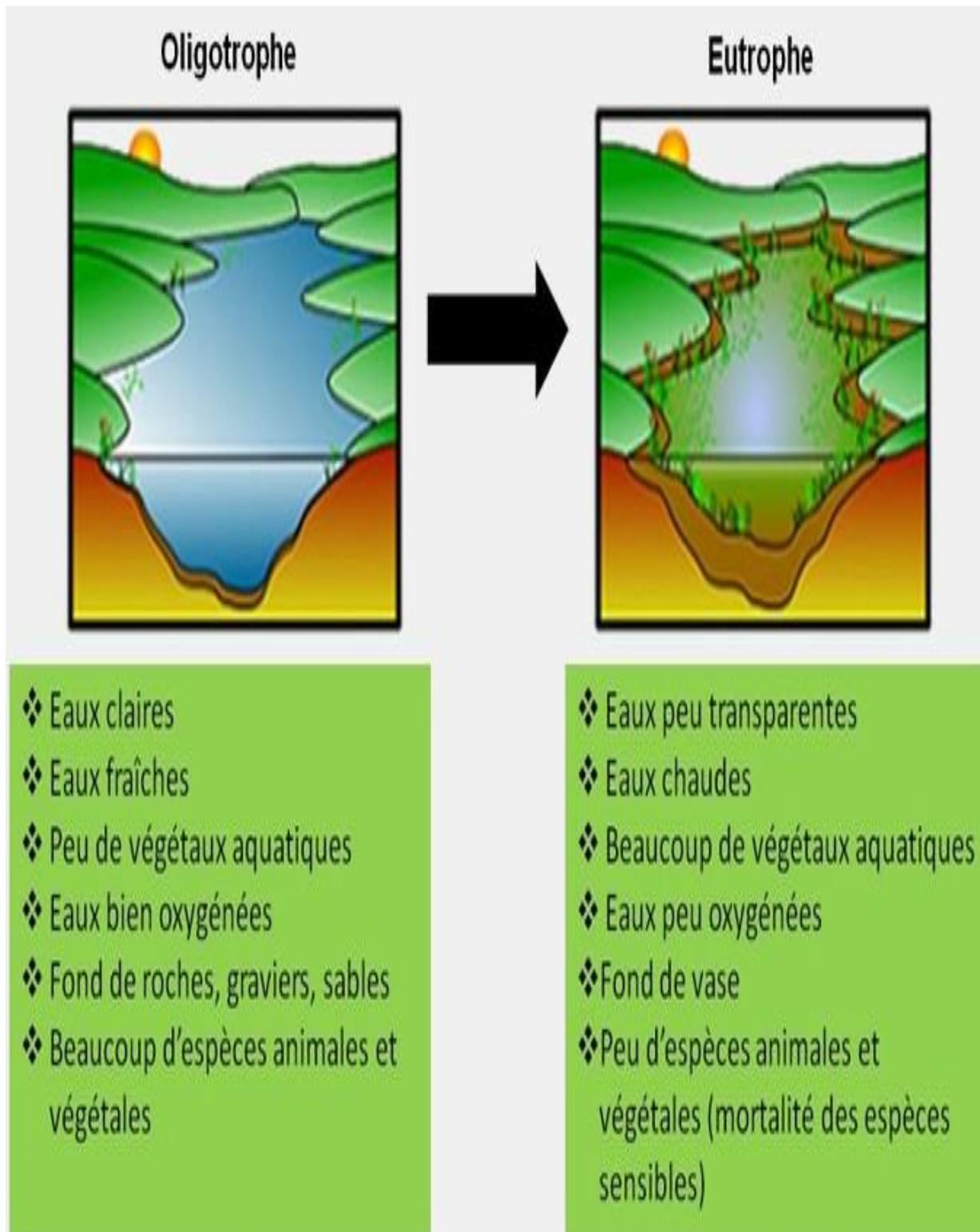


Figure 11: Processus d'eutrophisation : vers une asphyxie du milieu aquatique.

Source : lacauxcanards.com.

Étape 5: Diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource

Dans les profondeurs du milieu eutrophisé, la vie disparaît peu à peu : les espèces animales sensibles à la baisse de la teneur en oxygène dissous et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules les bactéries anaérobies (qui vivent sans oxygène) survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène : elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré et ammoniac) et du méthane (cnrs.fr, 2011d). Elles peuvent également libérer des toxines qui peuvent être nocives pour certains mammifères. **observatoire-eau-bretagne.fr. (2006).**

De plus, les végétaux colmatent le fond des milieux aquatiques détruisant ainsi les milieux de vie des invertébrés et les zones où fraient les poissons. La production d'eau potable, les usages récréatifs et esthétiques, industriels et agricoles (irrigation pour le bétail) sont également affectés par la dystrophisation. Par exemple, les algues vertes en Bretagne et à l'île de Ré (dues aux épandages agricoles) diminuent la valeur esthétique de la côte et engendrent des nuisances olfactives. Elles peuvent également être à l'origine d'émissions toxiques si les amas en putréfaction sur les plages ne sont pas ramassés fréquemment. Elles affectent ainsi l'image du littoral et peuvent nuire à sa fréquentation touristique. **Paerl, H. W., Gardner, W. S., Havens, K. (et al).**

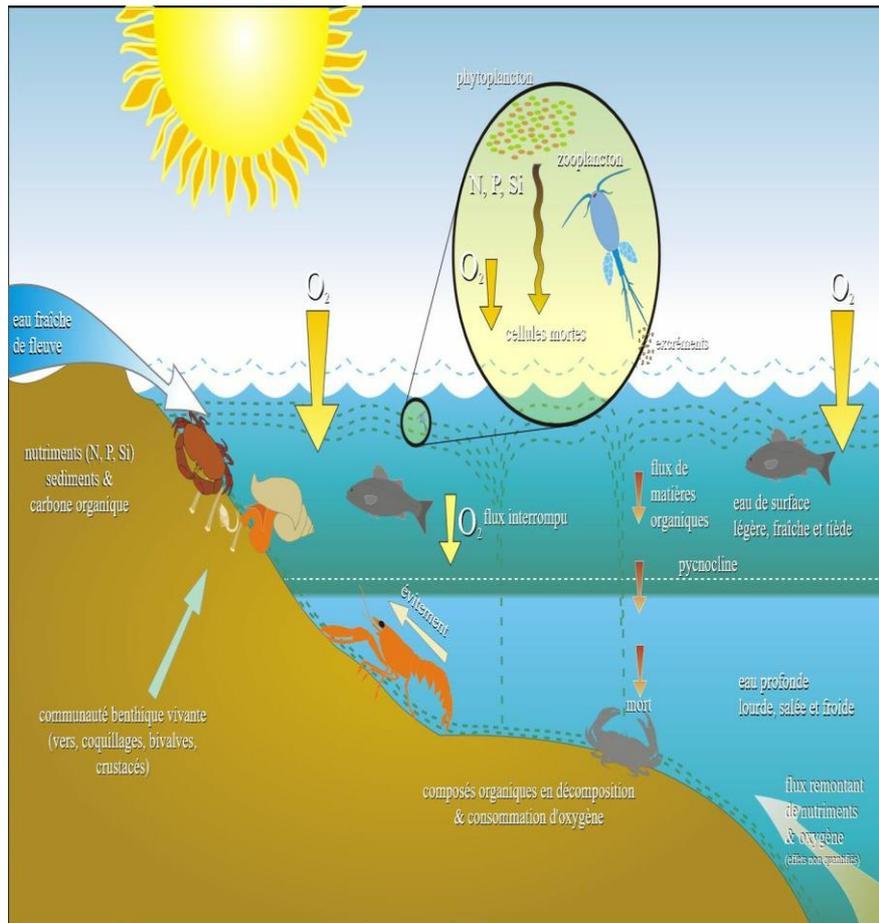


Figure 12: Les marées vertes : conséquence visible de la dystrophisation due aux épandages agricoles – © Ecotoxicologie.fr – Licence : Tous droits réservés.

-Les pointillés verts indiquent les concentrations de matières organiques dans un écosystème lors du processus d'eutrophisation.

IV.6. La Conséquence de Phénomène d'eutrophisation

Il s'en suit au niveau environnemental une diminution de la biodiversité par:- augmentation du volume d'algue-envasement plus rapide, et apparition de vase putride, sombre et malodorante-dégradation des qualités organoleptiques de l'eau (aspect, couleur, odeur, saveur)-développement de pathogènes par diminution de la pénétration des UV qui ont un pouvoir désinfectant-développement de phytoplancton toxique.

Les inconvénients principaux de l'eutrophisation sont la diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource. Elle a des effets négatifs sur le tourisme (avec souvent Comme conséquences visibles la perte de transparence, développement d'odeurs et envasement), qui sont des indices de problèmes. Parfois les algues peuvent boucher les prises d'eau, les filtres, entraver le fonctionnement d'écluses voire du moteur de petits bateaux pour les algues filamenteuses. **Minardo, C. (2015).**

IV.7. Solutions contre l'eutrophisation

L'eutrophisation est un révélateur témoignant de la limite des capacités épuratrice des milieux aquatiques. Des moyens de lutte sont nécessaires et existent:

- diminuer l'utilisation de polluants eutrophisants dès l'amont du bassin versant;
- diminuer l'utilisation de pesticides et leur arrivée dans les cours d'eau où, en tuant de nombreux organismes, ceux-ci peuvent contribuer à l'eutrophisation;
- utiliser rationnellement les engrais en agriculture (analyser la valeur agronomique des sols et privilégier les engrais naturels);
- aménager des bassins versants reconstituant des réseaux de bocages, talus, haies, et bandes enherbées suffisants en taille et cohérents avec le relief et la pédologie (science du sol); le ruissellement des eaux pluviales peut favoriser l'entraînement de nutriments comme le phosphore qui seront mieux retenus silles capacités d'infiltration du sol sont restaurées;
- remplacer les phosphates des lessives par des agents anticalcaires sans impact sur l'environnement ;
- mieux éliminer l'azote et le phosphore dans des stations d'épuration (qui peuvent être équipées de procédés de dénitrification et de dé phosphatation) **Lu, C., et Tian, H. (2017).**

Conclusion

Conclusion :

L'eutrophisation des eaux continentales de surface et marines littorales est un phénomène dont le développement ces dernières décennies a pour origine la forte augmentation des rejets en azote et en phosphore liés à l'activité humaine. L'agriculture est la première contributrice, surtout concernant l'azote, du fait d'une utilisation massive d'intrants, puis viennent les rejets domestiques (détergents, intrants utilisés pour les jardins à usage récréatif, etc.) et les rejets liés à l'activité industrielle.

Des solutions existent pour limiter les rejets : agriculture raisonnée, dénitrification et déphosphatation des eaux usées, utilisation de zéolite au lieu de phosphate dans les lessives, aménagement des bassins versants, etc. La mise en place de ces solutions est d'autant plus importante que des stocks importants d'azote et de phosphore sont accumulés dans les sédiments, les sols et les eaux souterraines, stocks qui alimenteront les eaux continentales de surface et marines littorales en phosphore et en azote pendant de nombreuses années.

Références bibliographiques:

Références bibliographiques:

-A-

- **Abail Z.(2013). Notions sur les propriétés chimiques du sol et la nutrition des plantes**
- **André NEVEU.(2005): Les grandes heures de l'agriculture mondiale : Espoirs, succès et menaces, L'Harmattan.**
- **Armande D.B, (2006). Agriculture et développement dans le monde, Edition Ellipses**
- **Armande D.B,(2006). Agriculture et développement dans le monde, Edition Ellipses Marketing. S.A, page 6 et 112.**
- **AUBERT 1. (1963). - La classification des sols. Classification pédologique française. Cahiers ORSTOM, Pédologie n° 3, p. 1-7.**

-B-

- **-BAIZE D., (2000) – Guide des analyses en pédologie. Techniques et pratiques. INRA Editions 257p.**
- **BLIEFERT C. PERRAUD, R. 2004. Chimie de l'environnement: Air, Eau, Sols,**
- **BORGUIGNON. ,19. Le sol, la terre et les champs de l'agronomie à L'agrobiologie. 3ème édition, Sang de la terre, Paris, 34P.**
- **BOUWMAN E.G.,(1996). Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 46, 53-70**

-C-

- **C. James, 2011 ISAAA Report on Global Status of Biotech/GM Crops**
- **Canada.**
- **CASTANY G. (1979) - Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Dunod.**
- **Christian FERAULT.(2012):Une histoire des Agricultures, Éditions La France agricole, Paris.**
- **Christophe-Albaladejo-Institut national de recherche agronomique UMR 1248 équipe médiations BP 5262731326 Castanet-Tolosan Cedex Hervé-Guyomard-institut national de recherche agronomique Département agriculture 147, rue de l'Université 75338 Paris Cedex**

- Claussen, U., Zevenboom, W., Brockmann, U., Topcu, D., & Bot, P. (2009). Assessment of the eutrophication status of transitional, coastal and marine waters within OSPAR. *Hydrobiologia*, 629(1), 49-58.
- Clément mathieu.
- cobali.org/wpcontent/uploads/2016/11/Azote-et-phosphore.pdf .
- Claussen, U., Zevenboom, W., Brockmann, U., Topcu, D., & Bot, P. (2009). Assessment of the eutrophication status of transitional, -Minaudo, C. (2015). Analyse et modélisation de l'eutrophisation de la loire (Doctoral dissertation, Tours).• Moss, B., Kosten, S., Meerhof, M., Battarbee, R., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., De Meester, L., Paerl, H. & Scheffer, M. (2011). Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland waters*, 1(2), 101-105

•

-D-

- DABIN B., MAIGNIEN R., (1979). Les principaux sols d'Afrique de la région de Bondoukuy (ouest Burkina). Présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire spot , ORSTOM, Paris, 118 p.
- Déchets. 1er édition imprimé en Espagne.
- Demolon A., Leroux D., (1952). Guide pour l'étude expérimentale du sol. Gauthier-Villars,
- Dissertation, Tours).• Moss, B., Kosten, S., Meerhof, M., Battarbee, R., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., De Meester, L., Paerl, H. & Scheffer, M. (2011). Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland waters*, 1(2), 101-105
- Dufumier M,(2009). Ingénieur agronome, Institut national agronomique Paris
- DUPARQUE A, RIGALLE P,(2011): Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.
- DUPRARQUE A, RIGALLE P,(2011) : Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.

-E-

- Édition, 21 rue de Montparnasse 75006 Paris, (129, 131, 165) P.

- **Éric ALARY: L'Histoire des paysans français, Éditions Perrin, Paris, 2016**

-F-

- **FAO (2005). Utilisation des engrais par culture en Algérie. Première édition, publiée par la**
- **FAO, Rome. Disponible sur : <http://www.fao.org/3/a-y5953f.pdf>.**
- **food security, biotechnology, cereal cultivation, improving cereal methods. Issue Date: Sep-2021. Publisher: university center of abdalhafid boussouf - MILA**
- **Citation: Spécialité : Biotechnologie végétale.**

-G-

- **Georges DUBY et Armand WALLON (coordination de): Histoire de la France rurale, Éditions du Seuil, 1975-1977.**
- **Glibert, P. M. (2017). Eutrophication, harmful algae and biodiversity — Challenging**
- **GRAS R. (1974) - Science du Sol p.33.**
- **Grignonradiofrance.fr [archive].**

-H-

- **Hans Hillewaert (version anglaise) ; Emmanuel.boutet (version française)**

-K-

- **Kemp, W. M., Testa, J. M., Conley, D. J., Gilbert, D., & Hagy, J. D. (2009). Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. Biogeosciences, 6(12), 2985-3008.**
- **KEMPER, W. D. & KOCH, E.J. (1966). Stabilité globale des sols de l'ouest des États-Unis et du**
- **Keywords: sécurité alimentaire, biotechnologie, culture céréalière, méthodes d'amélioration**
- **Kemp, W. M., Testa, J. M., Conley, D. J., Gilbert, D., & Hagy, J. D. (2009). Temporal**

-L-

- **L'environnement. 2ème édition Dunod, Paris. P.**

- **La sécurité alimentaire en Algérie : Perspectives d'amélioration des céréales par voie biotechnologique.**
- **Laboratoire de fertilité des Sols. Institut national des recherches agronomiques. 35p.**
- **LACOST. SALANON. 1999. Eléments de biogéographie et d'écologie. 2^{ème} édition**
- **Liu, W., Antonelli, M., Liu, X., & Yang, H. (2017). Towards improvement of grey water footprint assessment: With an illustration for global maize cultivation. Journal of Cleaner Production, 147, 1-9.**
- **Lu, C., & Tian, H. (2017). Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots.**

-M-

- **Marketing. S.A, page 6 et 112.**
- **Minaudo, C. (2015). Analyse et modélisation de l'eutrophisation de la loire (Doctoral**
- **Minaudo, C. (2015). Analyse et modélisation de l'eutrophisation de la loire (Doctoral**
- **Michel Delarue Licence : Pas de licence spécifique (droits par défaut).**
- **MOCHER A.T., Pour une agriculture moderne, PUF, Paris, 1967,**

-N-

- **-Nathalie-Verjux-ARVALIS – Institut du végétal Station expérimentale – Agrosite de Pau - chemin de Pau 64121 Montardon.**
- **Nathalie-Verjux-ARVALIS – Institut du végétal Station expérimentale – Agrosite de Pau 21, chemin de Pau 64121 Montardon.**
- **NKWEMBE, Economie rurale, notes de cours, Graduat/ Unikin, 2008-2009, p. 16 (inédites).**
- **Nesrine, HOUFANI, LARGUET, SAHNOUN Rania, Chadiya**

-P-

- **par Jean Louis Ndonga Université de Kinshasa – Licence 2009.**

- **paradigms in a world of complex nutrient changes. Marine Pollution Bulletin., in press.**
- **Pédro G., 2018. Les couvertures superficielles des espaces continentaux de la Terre.**
- **processes, in Robinson, A. R., & Brink, K. H. (Eds.). (2005). The global coastal ocean: multiscale interdisciplinary processes. Harvard University Press.**
- **Paerl, H. W., Gardner, W. S., Havens, K. E., Joyner, A. R., McCarthy, M. J., Newell, S. E., & Scott, J. T. (2016). Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. Harmful Algae, 54, 213-222.**
- **Pédro G., (2018). Les couvertures superficielles des espaces continentaux de la Terre. Regards**

-R-

- **Rabalais, N. N. (2004). Eutrophication. The global coastal ocean: multiscale interdisciplinary**
- **RAMADE F. 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de**
- **Regards sur les inégalités territoriales naturelles de la Planète. Association Française pour l'Étude du Sol, 192 p.**
- **REIJNTS,HAVERKOPT ET WATERS BAYER,ID ,OP.CIT 1995,P.28.**
- **responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. Biogeosciences, 6(12),**

-S-

- **-Smith, V. H., Tilman, G. D., & Nekola, J. C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. Environmental pollution, 100(1), 179-196.**

-T-

- **Technologie USDA. Taureau. 1355. Gouv. Bureau d'impression, Washington DC.**

- **Les web sites:**
- **<https://fr.scribd.com/presentation/204016943/Agriculture-Moderne>.**
- **<https://www.africmemoire.com/part.3-chapitre-premier-generalites-sur-le-sol-785.html>.**
- **<https://www.cobali.org/wp-content/uploads/2016/11/Azote-et-phosphore.pdf>.**
- **<http://aei.pitt.edu/36499/1/A2505.pdf>.**