UNIVERSITÉS FRANCOPHONES

SAVOIR PLUS
UNIVERSITÉS

IBRAHIM NAHAL

Principes d'agriculture durable

ÉDITIONS ESTEM

AUPELF·UREF

PRINCIPES D'AGRICULTURE DURABLE

PRINCIPES D'AGRICULTURE DURABLE

Ibrahim NAHAL

Principes d'agriculture durable
ISBN 2 84371 028 6
© 1998, Éditions ESTEM
Toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite, aux termes de la loi du 11 mars 1957, alinéa 2 et 3 de l'article 41. Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

ESTEM Éditions Scientifiques, Techniques et Médicales
7, rue Jacquemont, 75017 Paris
Tél. : 01 53 06 94 94 – Fax : 01 53 06 95 00

La diffusion scientifique et technique est un facteur essentiel du développement. Aussi, dès 1988, l'Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF-UREF), mandatée par les Sommets francophones pour produire et diffuser revues et livres scientifiques, a créé la collection Universités francophones.

Lieu d'expression de la communauté scientifique de langue française, Universités francophones vise à instaurer une collaboration entre enseignants et chercheurs francophones en publiant des ouvrages, coédités avec des éditeurs francophones, et largement diffusés dans les pays du Sud, grâce à une politique tarifaire préférentielle.

Quatre séries composent la collection :

- Les usuels : cette série didactique est le cœur de la collection. Elle s'adresse à un public étudiant et vise à constituer une bibliothèque de référence couvrant les principales disciplines enseignées à l'université.
- Actualité scientifique : dans cette série sont publiés les actes de colloques organisés par les réseaux thématiques de recherche de l'UREF.
- Prospectives francophones : s'inscrivent dans cette série des ouvrages de réflexion donnant l'éclairage de la Francophonie sur les grandes questions contemporaines.
- Savoir plus Université : cette nouvelle série, dans laquelle s'inscrit le présent ouvrage, se compose de livres de synthèse qui font un point précis sur des sujets scientifiques d'actualité.

Notre collection, en proposant une approche plurielle et singulière de la science, adaptée aux réalités multiples de la Francophonie, contribue efficacement à promouvoir l'enseignement supérieur et la recherche dans l'espace francophone et le plurilinguisme dans la recherche internationale.

Professeur MICHEL GUILLOU
Directeur général de l'AUPELF
Recteur de l'UREF

DU MÊME AUTEUR

NAHAL I., 1961 – Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) ; étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'École Nationale des *Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*, vol. XIX, N° 4, 200p., Nancy, France.

NAHAL I., 1962 – Contribution à l'étude de la végétation dans le Baer-Bassit et la Djebel Alaouite de Syrie. *Webbia*, vol. XVI, 170p. Florence, Italie.

NAHAL I., 1965 – *Écologie végétale*. Université d'Alep, 120p., Alep, Syrie.

NAHAL I., 1975 – *Principes de conservation du sol*. Masson et Cie, 143p., Paris, France.

NAHAL I., 1976 – *Principes de Foresterie*. Publications de l'Université d'Alep, 670p., Alep Syrie.

NAHAL I., 1978 – *Impacts of irrigation on environment with special reference to ECWA region*. In : *International Expert Consultation on Irrigation and Agricultural Development*, Bagdad, Irak.

NAHAL I., 1981 – *The mediterranean climate from a biological viewpoint*. In : *Ecosystems of the world, vol.11, Mediterranean type shrubland*. Ed. F. di Castri, D. Goodall et L. Specht. Elsvier Scientific Publishing Company, 500p.

NAHAL I., 1984 – Lutte contre l'érosion hydrique et problèmes de désertification en région méditerranéenne. *SOLS*, vol. 14, Institut National Agronomique Paris – Grignon 90p., Paris, France.

NAHAL I., 1986 – *Considérations écologiques et développement agricole dans le monde Arabe*. Publication de l'Organisation Arabe pour l'Éducation, la Culture et les Sciences, 87p., Tunis, Tunisie.

NAHAL I., 1987 – *La désertification dans le monde Arabe*. Publications de l'Institut Arabe pour le Développement, 263p., Beyrouth, Liban.

NAHAL I., 1988 – *Introduction à l'Écologie et ses applications*. Publications de l'Université d'Alep, 318p., Alep, Syrie.

NAHAL I. ; RAHME A. ; CHALABI M., 1994 – *Végétation et conservation du sol*. Publications de l'Université d'Alep, 250p., Alep, Syrie.

Je dédie ce livre à :
Dolly, mon épouse
Roula, ma fille
Ayoub et Rami, mes fils
pour leur soutien moral et leur compréhension

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION : 1

Chapitre 1 : L'impact des activités humaines sur l'environnement 5

I – Rappel de quelques définitions de base 5
A. *L'écosystème : un système de référence fiable* 5
B. *Les agrosystèmes (les écosystèmes agricoles)* 8
C. *Les cycles biogéochimiques* 9
D. *L'environnement* 10

II – Évolution des concepts concernant les rapports de l'Homme avec la nature 10

III – Actions de l'Homme sur le milieu naturel 14
A. *Présentation du problème* 14
B. *Évolution de l'impact des activités humaines sur le sol* 17
C. *Impacts des activités humaines sur la dégradation des sols* 21
D. *Impacts environnementaux et socio-économiques des projets d'irrigation dans les zones arides et semi-arides* 27

Chapitre 2 : Les défis du développement rural et agricole .. 31

I – Introduction 31

II – Le concept de développement durable 32

III – Le concept d'agriculture durable 34
A. *Introduction* 34
B. *Définitions* 34
C. *Les systèmes de production durables* 35
D. *Étendue et complexité des problèmes de durabilité en agriculture* 36

E. *Les principales contraintes au développement d'une agriculture durable, la Péninsule Arabique prise comme exemple* 39
F. *La gestion des ressources pour le développement d'une agriculture durable* 44
G. *Influence de l'agriculture durable sur les rendements et la production agricoles* 45
H. *Rapports entre l'agriculture durable et la sécurité alimentaire* 47
I. *Perspectives de durabilité dans les stratégies d'accroissement de la production alimentaire* 49

Chapitre 3 : Les moyens pour relever le défi 51

I – La conservation du sol 51
A. *Les buts de la conservation du sol* 51
B. *Les procédés de conservation du sol* 52
C. *La végétation en tant que moyen de conservation du sol* 53
D. *Les pratiques culturales en tant que moyen de conservation des sols cultivés* 59
E. *Les procédés de conservation des sols sur les pentes* .. 60

II – La conservation des ressources en eau 62
A. *Introduction* 62
B. *Facteurs principaux de la surexploitation des ressources en eau* 63
C. *Spécificité des ressources en eau dans les pays à aridité climatique* 64
D. *Impacts environnementaux et socio-économiques des grands barrages* 66
E. *Amélioration de l'utilisation de l'eau pour une agriculture durable* 69

III – La conservation des ressources génétiques et de la biodiversité 70
A. *Définitions* 70
B. *Comment peut-on concevoir la conservation de la biodiversité et des ressources génétiques pour une agriculture durable, le Bassin Méditerranéen pris comme exemple* 71
C. *Sauvegarde du fonds génétique* 75
D. *Conservation des ressources biologiques et leur utilisation durable* 76

IV – L'aménagement durable des forêts 80

V – L'aménagement durable des pâturages naturels 83
A. *Buts* 83
B. *Améliorations et gestion* 85

VI – L'étude de l'impact sur l'environnement des projets de développement rural et agricole 94

VII – La lutte contre la désertification 96
A. *Définition de la désertification* 96
B. *Les causes de la désertification* 97
C. *Comment lutter contre la désertification ?* 99

VIII – La recherche en agriculture durable 100
A. *Principes de base* 100
B. *La gestion durable des terres* 102
C. *Problématique de la recherche dans les zones arides et semi-arides* 105
D. *Rôle du système de recherche nationale et des institutions d'enseignement* 106

IX – Conception d'un projet de développement rural et agricole durable 107
A. *Principes de base* 107
B. *L'approche systémique* 108

BIBLIOGRAPHIE 115

GLOSSAIRE 119

Introduction

L'exploitation des forêts, des parcours et des terres cultivées pour des profits à court terme, a conduit, dans beaucoup de pays du monde, en particulier dans les pays en développement, le long des siècles et, en particulier, à partir de la deuxième moitié du 20e siècle, à une détérioration de l'environnement qui s'est manifestée par la dégradation ou la disparition des forêts et des parcours, par l'épuisement et le décapage des terres cultivées en sec et par la salinisation et l'engorgement des terres irriguées des zones arides et semi-arides.

Cette détéroriation de l'environnement a provoqué : une érosion intense des sols, un épuisement des nappes souterraines et leur pollution par les engrais chimiques et les pesticides, une perturbation des cours d'eau avec de fréquents écoulements torrentiels dévastateurs, une baisse de la biodiversité et des ressources génétiques, une baisse de la production forestière, pastorale et agricole, une désertification galopante, une atteinte à la qualité de vie des populations.

De nombreuses réflexions ont été consacrées ces dernières années au développement, à l'environnement et à la gestion des ressources naturelles renouvelables et ont conduit à l'élaboration du concept de *développement durable*, nouvelle stratégie du développement qui, si elle est mise en œuvre, devrait

permettre de gérer et d'exploiter l'environnement à long terme, en conservant, voire en améliorant les ressources naturelles renouvelables, et aussi d'assurer la satisfaction des besoins des générations présentes, sans affecter ceux des générations futures.

Le concept de développement durable exige, il va de soi, un développement rural et une agriculture fondés sur la notion de durabilité.

L'agriculture durable doit être considérée comme une école de pensée et surtout une philosophie fondée sur des buts humains et sur la compréhension de l'impact, à long terme, des activités humaines sur l'environnement.

Cette philosophie, si nous l'acceptons et l'appliquons, pourra nous guider dans l'utilisation de notre savoir traditionnel de l'agriculture et de la gestion des ressources naturelles, accumulé pendant des millénaires, tout en l'enrichissant en permanence par les découvertes scientifiques et techniques, en vue de créer des systèmes de production équitables, intégrés et respectueux de l'environnement, assurant, à long terme, les besoins de l'humanité présente et future.

Qu'arrivera-t-il à l'Humanité au 21^{e} siècle quand elle aura à nourrir 7 milliards de bouches ? Y aura-t-il assez de terres fertiles pour subvenir d'une façon durable aux besoins alimentaires d'une population en croissance continue, en particulier dans les pays en développement ?

Regardons en avant et prenons résolument nos responsabilités envers les générations futures en leur gardant un environnement sain et productif leur permettant une vie décente et épanouie, tout en assurant, dans le même temps, aux générations présentes leurs besoins divers.

Acceptons-nous de voir se détériorer ou s'épuiser les ressources naturelles renouvelables, alors que nous possédons la science, la technologie et le savoir-faire nécessaires pour arrêter cette catastrophe ? Certainement pas ? Alors prenons nos responsabilités morales et intéressons-nous à la gestion durable des ressources limitées de notre planète et à la conservation de son environnement.

La durabilité de l'exploitation des ressources renouvelables est un devoir des sociétés d'aujourd'hui envers les générations de demain, aussi bien au niveau national, régional qu'international.

L'application du concept de développement durable et du concept d'agriculture durable qui ont vu le jour ces dernières années et qui exigent la gestion rationnelle et durable de nos ressources, peut nous guider sur le chemin du futur pour assurer un développement économique, social et culturel harmonieux et épanouissant des sociétés humaines présentes et futures.

S'appuyant sur une expérience dans les pays méditerranéens, tropicaux et tempérés de l'auteur, le présent ouvrage concerne surtout les pays en développement, mais les thèmes généraux relatifs au concept de durabilité en agriculture qu'il aborde ont un intérêt général et sont applicables sous divers climats, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement.

L'auteur

Chapitre I
L'impact des activités humaines sur l'environnement

I – RAPPEL DE QUELQUES DÉFINITIONS DE BASE

A – L'écosystème : Un système de référence fiable

Définition

L'écosystème est une entité fonctionnelle composée de plantes, d'animaux, de micro-organismes et de substrats inorganiques de sol, roche ou eau, ayant accès direct ou indirect à l'atmosphère et à la lumière comme source d'énergie.

Il se caractérise par l'interaction de ses différents constituants et existe à l'intérieur d'un climat déterminé.

L'être humain fait partie intégrante de l'écosystème.

Les ressources renouvelables naturelles : eau, sol, végétation sont des composantes de l'écosystème.

Exemples d'écosystèmes : forêt, lac, mer, fleuve.

L'écosystème naturel est un système de référence fiable pour que nous puissions juger le degré de détérioration du milieu à la suite de l'action humaine et aussi apprécier les possibilités et les modalités de réhabilitation de ce milieu.

La biosphère est la partie du globe terrestre où se concentre la vie. Elle est le domaine de vie de l'être humain et des autres êtres vivants.

Elle est constituée de l'ensemble des écosystèmes marins, côtiers et d'eau douce (70 %) et des écosystèmes terrestres (30 %).

Les constituants de l'écosystème

Les constituants de l'Écosystème sont les suivants :

1. *Les substances abiotiques :* composés inorganiques et organiques de l'environnement : le sol et ses constituants, l'air, l'eau, (c'est le *biotope*).

2. *Les producteurs* : ce sont les organismes autotrophiques (végétaux) qui sont capables de fabriquer des substances organiques à partir de substances inorganiques simples en utilisant l'énergie solaire.

3. *Les consommeurs* : ce sont des organismes hétérotrophiques (animaux) qui ingèrent des organismes animaux (carnivores) ou végétaux (herbivores), ou les deux (omnivores). L'Homme est un omnivore.

4. *Les décomposeurs* (microconsommeurs, saprophytes) : ce sont des organismes hétérotrophiques, principalement des bactéries et des champignons, qui décomposent les composés complexes des protoplasmes morts, absorbent certains des produits de décomposition et libèrent des substances simples pouvant être utilisées par les producteurs.

Les constituants vivants de l'écosystème sont appelés aussi *biocénose.*

Écosystème = biotope + biocénose

Les caractéristiques de l'écosystème

L'écosystème est caractérisé par :

**** Son degré élevé d'organisation***

C'est la caractéristique la plus importante de l'écosystème, puisqu'il est constitué de populations de différentes espèces animales et végétales en étroite interaction, (sous forme de chaîne alimentaire), ce qui assure son bon fonctionnement et sa survie.

Les processus de fonctionnement de l'écosystème s'accompagnent nécessairement de production de déchets qui sont constamment recyclés par les décomposeurs et repris par les producteurs et ainsi de suite. Tous ces déchets de

l'écosystème sont décomposés et passent dans le cycle essentiel de la vie. Les produits synthétiques fabriqués par l'Homme (matières plastiques, tissus synthétiques) ne sont pas biodégradables et s'accumulent dans le milieu, ce qui constitue une pollution.

**** Son autorégulation***

L'écosystème se caractérise par son autorégulation de ses rapports avec son environnement grâce aux réseaux de mécanismes biologiques nombreux qui lui permettent, chaque fois que ces rapports s'écartent de l'optimum, de réagir automatiquement pour retrouver une nouvelle position d'équilibre. C'est ce qui explique la capacité des écosystèmes, quelque soit leur niveau de complexité, à s'adapter à leurs environnements respectifs, ce qui leur permet de rétablir l'intégrité de leur structure fondamentale après toute perturbation. C'est la « résilience ».

Cependant, l'autorégulation a des limites, au delà desquelles, l'écosystème n'assure plus le bon fonctionnement des mécanismes autorégulateurs ; il se dégrade, et à la limite, il s'effondre. Ex : trop de déchets toxiques accumulés dans un lac, provoque sa mort.

**** Sa complexité***

La complexité de l'écosystème est due :

- aux différents constituants vivants, animaux et végétaux et à leur interaction ;
- aux multiples mécanismes qui assurent son fonctionnement.

**** Sa stabilité***

C'est l'aptitude de l'écosystème à conserver ses traits caractéristiques : en d'autres termes, à persévérer dans son état face aux changements de l'environnement, sans avoir à modifier fondamentalement sa structure. À l'intérieur de l'écosystème, les changements sont minimes et ne se produisent que si c'est nécessaire pour son adaptation à son environnement. Cette stabilité est liée à la diversité de l'écosystème, à sa complexité et à son autorégulation.

**** Sa prévisibilité***

Les processus écologiques sont des processus prévisibles, ce qui nous permet de forger des hypothèses et suggérer des lois, comme celle de la « prévisibilité de l'environnement » selon laquelle tous les écosystèmes tendent à la stabilité et d'autant plus qu'il s'agit d'écosystèmes diversifiés et plus complexes.

Cette caractéristique nous permet de prévoir la dégradation de l'écosystème ou même son effondrement total à la suite d'une surexploitation et d'une mauvaise gestion.

La désertification est due à la dégradation poussée des écosystèmes arides, semi-arides et subhumides secs, à la suite d'une exploitation irrationnelle et abusive.

B – Les agrosystèmes (les écosystèmes agricoles)

Les agrosystèmes (terres cultivées) sont des *systèmes artificiels* créés par l'Homme depuis l'invention de l'agriculture, il y a déjà 10.000 ans, en vue de la satisfaction de ses besoins en produits alimentaires et autres produits de la terre.

Ces systèmes sont *simplifiés* en comparaison avec les écosystèmes naturels et sont, par conséquent *fragiles et instables*. Ils sont aussi privés d'autorégulation, ce qui nous oblige à intervenir fréquemment dans leur fonctionnement par la fertilisation, les travaux du sol, la lutte contre les pestes, le désherbage, etc. en vue de leur incorporer une certaine stabilité (même si cette stabilité ne peut être que momentanée) pour leur permettre de nous fournir une production plus ou moins stable.

La gestion rationnelle de ces agrosystèmes pour une production durable implique que leur fonctionnement se rapproche autant que possible de celui des écosystèmes naturels et ceci par :

– L'augmentation de la diversité végétale et animale dans la ferme et dans la région (cultures agricoles variées, élevage d'animaux domestiques variés,

introduction d'arbres et arbustes à usages multiples ou agroforestiers, conservation des formations végétales naturelles etc.).
- L'application d'une lutte biologique ou intégrée contre les différentes pestes.
- L'utilisation des différents déchets organiques pour l'enrichissement des terres agricoles en humus et pour augmenter leur activité microbienne qui est à la base de leur fertilité.
- L'utilisation de cultures adaptées aux conditions écologiques locales dans une rotation équilibrée, renfermant de préférence une culture légumineuse.
- L'utilisation de procédés adéquats pour lutter contre l'érosion éolienne et hydrique des sols.

Dans le cas contraire, ces agrosystèmes subiront une détérioration, avec les conséquences qui en résulteront au niveau de leur production qui ira en diminuant en quantité et en qualité, et ceci en plus de la dégradation de l'environnement dans son ensemble, ce qui se répercutera négativement sur le développement rural et agricole. Dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, cette dégradation aboutit à la désertification sous toutes ses formes. Dans les terres cultivées en sec, la désertification se manifeste par une forte érosion éolienne, et une formation de dunes de sable, une aridification générale du milieu et une diminution drastique de la production. Dans les terres argileuses sous irrigation, mais mal drainées, elle aboutit à la salinisation des sols et des nappes phréatiques et à l'engorgement, ce qui rend ces terres impropres à la culture avec le temps.

C – Les cycles biogéochimiques

Les éléments chimiques incluant tous les éléments essentiels du protoplasme, tendent à circuler dans la biosphère, par des voies caractéristiques, du milieu à l'organisme vivant et retour au milieu de nouveau. Ces voies plus ou moins circulaires sont appelées cycles biogéochimiques. Ex : cycle de l'eau, cycle du carbone, cycle de l'azote, cycle du phosphore etc.

Les cycles biogéochimiques sont responsables du bon fonctionnement des écosystèmes. Leurs altérations induisent des troubles dans ces derniers et provoquent leur dégradation.

D – L'environnement

L'environnement représente en un moment donné l'ensemble des agents physiques, chimiques et biologiques et des facteurs sociaux, culturels et économiques susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines.

L'environnement est donc un ensemble de milieux (humain, naturel et culturel) qui agit sur l'individu à tous les instants de sa vie quotidienne et détermine en grande partie son comportement dans toutes les dimensions de l'être : sociale, intellectuelle, affective, spirituelle et culturelle.

Comparé au concept d'écosystème, le concept d'environnement ajoute l'Homme et toutes ses activités, considérées dans leurs relations, dynamiques et évolutives, avec les écosystèmes, naturels ou modifiés. Il permet ainsi d'appréhender la réalité dans sa globalité et, par là, dans sa complexité.

Par son essence même, l'environnement évoque un ensemble, considéré comme un système dynamique, économique, politique, sociologique, culturel, etc.

II – ÉVOLUTION DES CONCEPTS CONCERNANT LES RAPPORTS DE L'HOMME AVEC LA NATURE

1. À la suite des graves dégradations infligées aux ressources naturelles renouvelables, à cause de leur surexploitation, une prise de conscience de l'ampleur des impacts occasionnés par l'Homme sur le milieu naturel a conduit vers la fin du XIX^{e} siècle au concept de *protection intégrale de la nature*. Ce concept a été adopté par les naturalistes qui voyaient dans son application une solution acceptable aux problèmes de dégradation et de destruction des milieux naturels.

Ce concept a permis de sauver certains milieux naturels en danger, mais il n'était pas à lui seul suffisant pour protéger la dégradation accélérée des ressources naturelles renouvelables. En effet, ce concept s'oppose à toute forme d'intervention de quelque nature qu'elle soit, dans un milieu naturel, ce qui n'est pas logique, car les groupes humains ne peuvent s'empêcher d'exploiter les richesses de la nature pour subvenir à leurs besoins divers.

Cependant, ce concept de protection intégrale conserve toujours sa valeur dans les zones de protection absolue, à l'intérieur des parcs nationaux et des aires centrales des réserves de la biosphère, des réserves naturelles intégrales, des réserves écologiques, des biens culturels ou naturels du patrimoine mondial ou d'autres aires protégées.

2. Un autre concept a vu le jour, vers 1956, avec le passage de la protection intégrale au concept de *conservation de la nature*. Ce passage s'est traduit par la modification de l'appellation de l'Union Internationale de la Protection de la Nature (UIPN) qui siège à Gland, en Suisse qui est devenue l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN).

Le concept de conservation de la nature renferme, à côté d'un aspect statique de la stricte protection, un aspect dynamique de mise en valeur rationnelle qui doit permettre de tirer un meilleur parti des ressources naturelles et de la biosphère. L'expression « conservation de la nature » ne fait que préciser l'objet du concept de conservation qui s'applique aussi bien aux milieux naturels qu'à ceux que l'Homme a modifiés pour la production agricole, pastorale, forestière et agroforestière ou pour l'édification de son habitat.

3. Cependant, le concept de conservation n'a pas été capable de répondre aux nouvelles préoccupations de l'Homme qui se sont manifestées dès le début de la décennie 1960 et qui étaient la conséquence directe des interactions négatives établies au fil des temps, entre les sociétés humaines et la biosphère. La détérioration de l'environnement humain par la pollution,

la désertification, la perte de la biodiversité, etc. a créé une crise, apparue au grand jour et qui était à l'origine du *concept d'environnement*. Mais, c'est seulement en 1972, lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement Humain, que ce concept a été internationalement reconnu.

En effet, il existe des interactions dynamiques entre l'être humain, les sociétés humaines et la biosphère qui sont en perpétuelle évolution. Ces interactions, en perpétuelle évolution, qui touchent le milieu de la culture, le milieu biophysique et la nature donnent lieu aux milieux aménagés, construits, ou d'une façon générale, modifiés.

Le concept d'environnement, considéré dans une acception systémique, présente les caractéristiques fondamentales suivantes (11) :

- Il met l'accent sur les relations entre les organismes vivants et le milieu et sur les interactions dynamiques entre les composantes du système.
- Il privilégie l'approche globale et systémique.
- Il favorise la diversité qu'il convient de préserver et d'accroître (notion de biodiversité).
- Il a une portée élargie et vise l'amélioration de la qualité du cadre de vie (qui est aussi la finalité de l'aménagement du territoire et du développement rural durable).
- Il se situe dans une perspective à long terme.
- Il conduit à étendre les préoccupations des agents d'intervention au bien être de l'Homme.

L'évolution des idées en ce qui concerne l'environnement se caractérise par un incessant élargissement selon cinq axes :

a – L'axe cinétique : Les changements sont devenus la règle et la vitesse à laquelle se font les découvertes et leurs applications ne cesse de se réduire. Les bases conceptuelles du développement et de l'environnement s'enrichissent sans cesse, et rapidement.

b – L'axe temporel : Intervient ici l'idée de durabilité, ce qui implique que l'élargissement des préoccupations conduit à la nécessité de la planification à long terme, indispensable dans toute réflexion sur le développement durable et l'agriculture durable.

c – L'axe spatial : Avec l'apparition de changements globaux d'ordre climatiques – comme l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone, les précipitations acides – l'échelle des préoccupations s'est étendue à la troposphère et à l'atmosphère. La gamme spatiale va ainsi du terroir villageois jusqu'aux couches atmosphériques.

d – L'axe axiologique : L'environnement, dans son acception globale, implique de prendre en compte l'Homme et ses besoins ainsi que les interactions dynamiques entre les sociétés humaines et la biosphère. Il faut, dès lors, faire intervenir, outre les connaissances, des valeurs comme la responsabilité de chacun dans la gestion rationnelle des ressources et la solidarité des hommes entre eux.

e – L'axe systémique : L'environnement, en tant que système, est tributaire des concepts et des lois qui caractérisent tout système : totalité et émergence, interactions, organisation, complexité, dynamisme, évolution. Le système doit aussi se maintenir, assurer sa stabilité, sa régulation.

Quant à la gestion de l'environnement, elle s'apparente aux notions d'aménagement du territoire ou d'organisation de l'espace, tout en ayant une portée plus vaste. Le terme de « gestion » a l'avantage d'être très extensif. Il peut inclure toutes les formes d'intervention dans l'environnement, qu'il s'agisse d'enquêtes, de recherches, d'élaboration de politiques, d'administration, de protection, de conservation, d'utilisation, d'éducation et de formation, ces interventions ayant pour finalité l'utilisation optimale d'un environnement donné dans la perspective d'un développement durable.

La notion de gestion de l'environnement est arrivée à inclure, dans son acception moderne, l'amélioration de la qualité de l'environnement qui n'est pas sans se répercuter sur la qualité de la vie humaine elle-même.

4. De nombreuses réflexions ont été consacrées ces dernières années, au développement, à l'environnement et aux problèmes de gestion rationnelle des ressources naturelles. Elles ont conduit à l'élaboration du *concept de développement durable*, nouvelle stratégie de développement qui, si elle est mise en œuvre de manière coordonnée, devrait permettre d'assurer la satisfaction des besoins des générations présentes, sans affecter les générations futures.

Deux rapports des Nation Unies (1990) : *Perspectives relatives à l'environnement jusqu'à l'an 2000* et *Notre avenir commun* de la Commission Mondiale pour l'environnement et le développement ont mis l'accent sur la nécessité *d'adopter des stratégies à long terme dans le domaine de l'environnement si l'on veut réussir un développement durable, ce qui implique d'embrasser les problèmes de développement dans une vaste perspective, considérant non seulement le contexte actuel, lui-même changeant, mais encore l'ensemble des générations à venir.* Il s'agit aussi de prévoir les effets défavorables que peuvent avoir les projets de développement sur l'environnement et sa qualité.

Le concept de développement durable nécessite, il va de soi, un *développement rural et agricole durable* et par conséquent, une *agriculture durable* dont le concept a été élaboré durant les deux dernières décennies.

III – ACTIONS DE L'HOMME SUR LE MILIEU NATUREL

A – Présentation du problème

Même en l'absence de l'Homme, le milieu naturel subit de perpétuels changements. Ceux-ci peuvent exiger des centaines de millions d'années si l'on songe à la dérive des continents et aux plissements des montagnes, ou des dizaines de milliers d'années, ce qui fut le cas des récentes périodes glacières et des modifications du niveau de la mer qui les ont accompagnées, ou encore des centaines d'années, ce qui est le cas de l'envasement des lacs peu profonds et parfois quelques années seulement lorsqu'une colonie de castors transforme rapidement un sol sec en marécage. Certains de ces changements

sont irréversibles (l'envasement d'un lac, par exemple), tandis que d'autres sont cycliques (le cycle climatique annuel) ou transitoire (la sécheresse).

Aux changements naturels s'ajoutent ceux qui sont provoqués par l'Homme. Même lorsqu'il vivait de la chasse et de la cueillette, l'Homme fit du feu un usage qui modifia le milieu naturel dans une certaine mesure. Puis lorsqu'il eut domestiqué les animaux et inventé l'agriculture, les effets de ses interventions s'étendirent, surtout avec l'avènement des grands établissements humains. Ces effets s'accrurent en raison du développement de l'industrie, à mesure que l'énergie des combustibles fossiles remplaçait la force musculaire. Au cours des dernières décennies, les impacts des interventions humains ont atteint une intensité sans précédent et affecté le monde entier, à cause d'un accroissement plus grand de la population et d'un taux de consommation par capital plus élevé.

L'intervention de l'Homme, sous forme de déboisement, d'exploitation minière, d'érection de grands barrages, de détournement des cours d'eau etc., est devenue une force mesurable à l'échelle géologique. Mis à part le déplacement d'énormes quantités de terre et de roche pour les travaux miniers, pour la construction des autoroutes et pour des réalisations du même genre, les interventions humaines peuvent avoir des effets très importants sur les bassins hydrographiques et l'alimentation en eau des nappes souterraines. Nous ne connaissons pas suffisamment les cycles biogéochimiques pour apprécier à leur juste valeur les conséquences de ces perturbations qui peuvent être très graves, comme dans le cas de la désertification des zones arides, semi-arides et subhumides sèches.

La domination croissante de l'Homme sur son environnement suscite de nombreux conflits entre les objectifs humains et les processus naturels. Il arrive souvent que s'opposent des plans axés sur les profits à court terme (un plan quinquennal de production alimentaire) et des projets à long terme (un rendement agricole soutenu et durable étalé sur 50 ans). Les premiers se paient souvent d'une dégradation, le plus souvent, d'une dégradation irréversible de

l'environnement. Les désaccords entre économistes et écologues proviennent, pour une bonne part, du fait qu'ils n'ont pas la même notion du temps. En général, une période de 5 à 10 ans est longue aux yeux d'un économiste et courte du point de vue d'un écologue ou d'un agriculteur averti travaillant pour une production durable et ayant le souci de maintenir la fertilité de ses terres. On ne tient pas tellement compte, dans les estimations d'ordre économique traditionnel, de la lente détérioration des sols, de l'épuisement de la nappe aquifère, de la pollution graduelle de l'environnement (sol, eau, végétation), ce qui va à l'encontre d'une production agricole durable.

Il ne devrait pas y avoir de conflits entre l'Écologie et l'Économie. En effet, il appartient à l'Écologie de fournir au planificateur le mode d'approche, le cadre conceptuel pour mieux comprendre les rapports mutuels entre systèmes sociaux et systèmes écologiques. Éclairé par l'Écologie, l'Économie devrait permettre de quantifier ces rapports mutuels, de telle sorte que dans le choix entre plusieurs orientations, on puisse décider sans difficultés excessives et arriver à des solutions qui permettent une exploitation durable des ressources naturelles et qui peut mener à une agriculture durable et à un développement durable, permettant ainsi la satisfaction des besoins des générations présentes tout en assurant aussi celle des générations futures.

Les pressions démographiques croissantes qui s'exercent sur presque toutes les nations du monde font que l'équilibre des écosystèmes est menacé par le manque de développement des sociétés humaines que par le développement lui-même, très poussé de ces sociétés.

Dans le premier cas, celui qu'on peut appeler la « *pollution par la pauvreté* », seul un développement plus poussé, tempéré par une juste compréhension du milieu naturel, est en mesure d'apporter des solutions satisfaisantes. La solution des problèmes suscités par la vie dans les établissements humains ruraux et urbains, ne pourra venir que d'une amélioration des mesures sanitaires, des techniques de traitements des eaux, des logements, des réseaux de transports et de communications, et bien sûr, de l'alimentation, des soins de santé, et de l'accès à l'éducation et au marché du travail.

D'autre part, le développement entraîne, dans plusieurs régions du monde, ce qu'on pourrait appeler la « *pollution par l'abondance* ». L'industrie, l'agriculture, l'urbanisme et les transports produisent un vaste amas de déchets qui, s'ils se répandent sans discernement dans l'air, l'eau et le sol, y constituent, non seulement un péril pour la santé publique, mais abîment aussi le paysage et dégradent l'environnement. La présence d'anhydride et de fumée dans l'atmosphère, de résidus d'insecticides et de produits chimiques toxiques dans les cours d'eau et dans les nappes souterraines, de même qu'un excédent de salinité dans le sol et dans la nappe phréatique à cause d'une mauvaise irrigation des cultures, l'envasement des barrages et des canaux d'irrigation par l'érosion, la dégradation des forêts et des parcours, à cause de leur surexploitation, ne sont que quelques exemples des problèmes de la dégradation de l'environnement auxquels doivent faire face aujourd'hui, non seulement les pays industrialisés, mais également les pays en voie de développement.

B – Évolution de l'impact des activités humaines sur le sol en tant que milieu vivant

Qu'il s'agisse d'économie de cueillette (chasse, pêche, cueillette de produits végétaux), d'économie de subsistance ou d'économie d'échange, à tous les stades de ces économies, l'Homme et ses établissements interviennent pour dévier à leur profit l'une ou l'autre des chaînes biologiques primitives. Quelque soit la complexité des conséquences de son intervention, il y a *déviation des cycles naturels*, ce qui peut conduire, soit à la rupture de ceux-ci (épuisement des sols, désertification...), soit, au contraire, à leur intensification bénéfique et durable. Dans ce cas comme dans l'autre, l'écosystème subit une modification qui engendre diverses réactions.

Une vision historique de l'agriculture révèle deux aspects successifs de l'emprise humaine sur la nature. En premier lieu se présente *l'économie de cueillette*, dans laquelle les prélèvements pour la consommation et les sous-produits, résultant de la consommation, sont traités sans méthode, le nomadisme des consommateurs leur permettant de se déplacer pour la cueillette et

d'abandonner sans contrôle les résidus de leurs opérations : le sol est méprisé, tant sous l'angle de la production que sous l'angle de l'assainissement. Il n'est l'objet d'aucun travail. Mais ces prélèvements, si l'on n'y prend pas garde, peuvent conduire à l'épuisement du sol, à la dégradation définitive d'un ou plusieurs des cycles biologiques qu'il abrite.

En second lieu apparaît l'économie de subsistance, où, dans un secteur relativement restreint, une population humaine pratique agriculture et élevage, en soignant le sol afin que persistent sédentairement les produits qu'elle en tire. Hommes et sols sont sédentaires, condamnés à vivre ensemble au fil des générations successives dans un écosystème d'un rayon limité. C'est particulièrement dans ce cas qu'au terme de quelques décennies de sédentarité apparaissent les facteurs limitants dus à l'épuisement des sols en un quelconque élément de la matière vivante, prélevé par l'Homme, mais non restitué, ce qui a amené les agriculteurs à réincorporer aux sols cultivés des résidus des établissements humains, ce qui avait un double mérite : fertilisation d'une part, et assainissement d'autre part. L'un et l'autre assuraient la continuation de la vie au même endroit : les cycles biologiques étaient modifiés, mais non perturbés d'une manière irréversible.

Pendant des siècles, cette économie de subsistance a représenté l'essentiel des activités agricoles. Les énergies mises en œuvre à cette fin, étaient, outre l'énergie solaire, l'énergie musculaire, animale ou humaine suivant les cas. Les productions animales et végétales étaient, de ce fait, étroitement imbriquées ; l'essentiel des résidus était constitué par les litières et déjections animales : les fumiers, vecteurs des restitutions d'une part, levain microbien actif et important, d'autre part. Empiriquement, les utilisateurs du fumier, qu'ils incorporaient aux sols cultivés mettaient en œuvre une population, une biomasse considérable de micro-organismes, qui venaient compléter et renforcer, dans les biodégradations comme dans les biosynthèses, les fonctions microbiennes qui sont l'essentiel de la biologie des sols et assuraient la formation de l'humus dans les sols avec ses multiples effets bénéfiques.

La science et la technique ayant progressé, on se mit par la suite à considérer les fumiers beaucoup plus pour la restitution d'éléments chimiques qu'ils réalisaient que pour leur action microbiologique et structurelle sur le sol, plus difficile, semble-t-il, à percevoir et à maîtriser par les agriculteurs. En même temps, en quelques générations humaines, l'énergie humaine disparut peu à peu devant l'énergie mécanique : les animaux quittèrent les labours, privant ainsi les sols de leurs déjections et de leurs fumiers, avec les actions bactériologiques qui leur sont liées, soumettant ainsi la microflore des sols agricoles à l'absence de son renfort annuel, voire au risque d'extinction de tout ou partie des espèces qui la caractérisent, les cycles de la biosphère et de ses écosystèmes se trouvant ainsi perturbés et, éventuellement, rompus. Mais grâce au progrès technique, nombre de difficultés liées aux carences proprement dites qu'aux déséquilibres entre éléments furent traitées par des apports raisonnés de produits fertilisants.

Quoi qu'il en soit, les apports d'engrais fertilisants avaient ou ont toujours le même objectif : augmenter la quantité de produits alimentaires fournis par une surface cultivée et réduire la peine que prend l'Homme pour les produire. Mais dans aucune circonstance n'apparaît la moindre préoccupation ayant trait aux conditions d'existence de la microflore des terres cultivées et aux conséquences de sa plus ou moins grande activité. Celle-ci revêt cependant, au fur et à mesure que progressent nos connaissances, une importance de plus en plus considérable : elle intervient pour une grande part dans l'élaboration des protéines dès la première phase de cette opération ; la fixation de l'azote atmosphérique par voie microbienne, ainsi que pour la solubilisation de certains éléments ou radicaux indispensables, potassium des silicates, P_2O_5 des phosphates, par exemple. Elle participe à la destruction, au sein du sol, des structures végétales cellulosiques et ligneuses qui, si elles ne disparaissaient pas, interrompraient par leur présence physique tous les mécanismes biologiques qu'abrite le sol. Elle intervient par l'élaboration d'enzymes et de substances de croissance, dont la présence dans les sols constitue un facteur favorable à la croissance des plantes. Enfin, elle contribue, par l'intermédiaire de l'humus, à améliorer les caractéristiques physiques des sols (structure, cir-

culation de l'eau, alimentation en eau des plantes, résistance à l'érosion, etc.) et joue aussi un rôle dans l'amélioration des qualités nutritionnelles des produits agricoles.

En résumé : le sol n'était pas considéré par les agriculteurs comme un « *milieu vivant* », ce qui était à l'origine des dégradations des terres cultivées et, par conséquent, d'une agriculture non durable.

C'est à propos de l'action de la microflore du sol qu'il faut rappeler ici l'évolution récente des méthodes de production dans certains milieux agricoles, comme celles de « *l'agriculture biologique* », et d'autres qui préconisent le *compostage des résidus*, les unes sans aucun apport complémentaire, d'engrais chimiques, les autres avec de tels apports. Le compostage à lui seul ne suffit pas pour compenser les exportations proprement dites par les récoltes, ainsi que la lixiviation continue par laquelle l'eau de pluie appauvrit le sol en composés solubles, mais il assure l'activité microbienne des sols.

Avec les *méthodes agricoles contemporaines,* il y a des risques de déviation des cycles biologiques. En effet, respecter les données écologiques fondamentales sans pour autant limiter ou réduire l'activité biologique de l'espèce humaine exige que l'on tente d'apprécier les retombées du progrès technique en milieu agricole.

Par le progrès mécanique, il y a certes réductions des efforts musculaires des animaux et des hommes, mais en contrepartie le recyclage des résidus est supprimé ou réduit et l'aptitude des sols à fermer les cycles biogéochimiques est modifiée.

Par le progrès chimique, la déperdition des sols en éléments utiles à la formation des structures animales ou végétales est compensée par l'utilisation des engrais chimiques, et ceci est bénéfique, mais on court le risque que les engrais ne transitent du sol vers les eaux profondes et ne dénaturent fâcheusement celles-ci. Inquiétante aussi est la divagation des molécules pesticides, herbicides et défoliantes qui, dépassant leur cible primitive, se trouvent mises en circulation dans l'air, dans les sols, voire parfois dans les pro-

duits qu'elles ont contribué à défendre. Toutes ces constatations ne sont pas sans inquiéter les écologues quant aux conséquences lointaines des pratiques actuelles sur divers processus biologiques dont l'ensemble conditionne le processus, et les agronomes quant aux conséquences à long terme sur la productivité des sols et la qualité des produits agricoles et leur impact sur la santé humaine et animale.

En somme, l'agriculture est toute entière affrontée au problème économico-écologique de l'humus des sols, c'est-à-dire de leur matière organique, dont il faut tenir compte dans les systèmes de production agricole qui aspirent à la durabilité, en conservant la fertilité et la productive des sols à long terme.

C – Impacts des activités humaines sur la dégradation des sols

1. L'action des engrais

L'agriculture moderne, qui s'industrialise de plus en plus, utilise des doses d'engrais croissantes pour rendre au sol les éléments qui ont été enlevés par la récolte et qui sont emportés au loin.

La tendance actuelle est à l'emploi exclusif d'engrais minéraux et à l'abandon des engrais organiques traditionnels, comme le fumier. La conséquence en est une baisse de la teneur du sol en humus et une dégradation de sa structure. Des pratiques comme celle qui consiste à brûler les chaumes après les moissons au lieu de les enfouir ne font que renforcer cette tendance.

Dans bien des cas, les engrais et les nitrates tout particulièrement, sont répandus en trop grandes quantités, dans le but d'avoir des rendements les plus élevés possibles. Or le rendement n'augmente pas proportionnellement à la quantité de nitrates disponibles ; il devient pratiquement constant à partir d'un certain seuil. Il y a donc une véritable perte de nitrates qui, ou bien vont être entraînés par la pluie et polluer les eaux, ou bien vont s'accumuler dans les végétaux, dont certaines espèces peuvent fonctionner comme de véritables pompes à nitrates, comme les épinards. Les nitrates sont réduits dans l'intestin en nitrites, très toxiques et même en nitrosamines, qui sont de puissants

agents cancérigènes. Un excès de nitrates perturbe aussi la physiologie des végétaux, qui fleurissent mal et produisent moins de fruits et de graines.

L'excès d'engrais phosphatés est également emporté par les eaux continentales. Les eaux riches en nitrates et en phosphates qui se jettent dans les lacs sont en partie responsables de leur eutrophication.

2. La salinisation des sols

C'est un type de dégradation des sols qui se manifeste dans les zones arides et semi-arides, sous culture irriguée. Il est dû essentiellement à une gestion irrationnelle des terres irriguées, et en particulier les terres mal drainées, comme c'est le cas dans les projets d'irrigation dans la vallée de l'Euphrate en Syrie, et en Irak, dans la vallée du Nil, en Egypte et au Soudan et dans la plaine deltaïque du fleuve Sénégal en Mauritanie et au Sénégal, où des milliers d'hectares de terres irriguées ont été transformées en terres salées de fertilité réduite, et même, dans certains cas, totalement stériles lorsque la salinisation devient trop intense (11).

Cette salinisation résulte de deux phénomènes qui se produisent souvent simultanément. Tout d'abord, l'eau d'irrigation ne pénètre pas en profondeur dans les sols peu perméables, et la majeure partie s'évapore et dépose le sel qu'elle contient dans les couches superficielles. En effet, les eaux d'irrigation ne sont jamais des eaux pures, mais des eaux contenant plus ou moins de sels dissous. De plus, l'irrigation entraîne la remontée de la nappe phréatique quand elle n'est pas accompagnée d'un drainage efficace : ceci ramène en surface des chlorures prélevés dans les couches profondes. La salinisation totale des sols qui les rend inaptes à la culture est une forme de désertification assez répandue dans les projets d'irrigation dans la zones arides et semi-arides du monde. Cette forme de désertification est difficile à combattre, car la réhabilitation des sols salinisés est très coûteuse.

3. La pollution des sols par les déchets solides

Cet aspect de la pollution des sols se rencontre dans les zones urbaines et industrielles. Les polluants solides restent souvent en place plusieurs années,

à moins qu'ils ne soient brûlés (s'ils sont combustibles), ce qui ne fait que transporter une partie de la pollution des sols à l'atmosphère. Le broyage de ces déchets n'est pas une bonne solution, car les boues obtenues, par l'intermédiaire des égouts, gagnent les cours d'eau et les polluent, les rendant ainsi inutilisables pour l'irrigation.

Les cycles de la matière qui traditionnellement faisaient passer les éléments chimiques du sol aux plantes et aux animaux, avant de les ramener au sol, sont rompus dans beaucoup de cas. Les déchets animaux et végétaux s'accumulent, de même que les déchets urbains. Une solution est le compostage, surtout lorsque les déchets ont une teneur élevée en matière organique, comme c'est le cas dans la majorité des ordures urbaines des grandes villes de la région, ce qui permet de restituer aux sols de la matière organique dont ils ont besoin pour maintenir leur fertilité d'une part, et protéger l'environnement de la pollution, d'autre part.

Les causes de la pollution des sols par les engrais, les pesticides, les déchets solides, les sels de sodium ou autres pourraient être supprimées si l'on adoptait des pratiques culturales plus conformes aux exigences de la biologie et au fonctionnement des écosystèmes naturels. L'agriculture biologique apporte beaucoup dans ce sens : recours aux engrais organiques ; assolements réguliers ; rotation des cultures avec une légumineuse et enfouissement, si possible de cette légumineuse dans le sol pour l'enrichir en matière organique et en éléments fertilisants ; travail correcte du sol ; abandon des pesticides autant que possible et recours à la lutte biologique. Cette façon de pratiquer l'agriculture conserve la fertilité des sols, protège l'environnement de la pollution, donne des produits agricoles sains et fournit un rendement durable à long terme.

4. La pollution biologique des sols

C'est un aspect méconnu de la pollution des sols mais très grave, car il touche la santé humaine. C'est le cas des micro-organismes rejetés par l'Homme avec les excréments et qui contamineront d'autres personnes, soit par contact

direct avec le sol, soit par consommation de légumes ayant poussé sur ce sol et irrigués par des égouts. Bien que transmis le plus souvent par l'eau, les agents de la dysenterie, de la typhoïde et de l'amibiase sont dans ce cas. On peut aussi trouver des vers parasites à l'état d'œufs ou de larves infectantes. L'ankylostomiase ou anémie des mineurs due au ver *Ankylostomia duodénale* est la plus répandue des affections parasitaires ayant ce mode de transmission.

Certaines maladies des animaux peuvent être transmises par l'intermédiaire du sol, comme c'est le cas du charbon, du tétanos, du botulisme, etc.

Le parasitisme des bovins par les nématodes est en extension dans les pays à élevage intensif. C'est le cas de la bronchite vermineuse causée par *Dictyocaulus vivipares*. Cette infestation est le résultat de la pollution croissante des prairies, qui sont exploitées trop intensément et qui supportent une charge en bétail à l'hectare trop élevée. Les larves infestantes, dont la survie dans l'herbe n'est pas illimitée, étaient en grande partie tuées lorsque les pâturages restaient au repos une bonne partie de la mauvaise saison et que le bétail était moins nombreux. Aujourd'hui, l'utilisation presque ininterrompue des prairies ne permet plus à l'autoépuration de se faire. Il y a là une pollution du sol qui résulte d'une saturation des mécanismes naturels.

5. L'érosion des sols

La mise en culture intempestive des terres dont la structure pédologique ne se prêtait pas aux activités agricoles, en particulier sur les pentes, l'action conjuguée de la déforestation des zones montagneuses et des bassins hydrographiques et du surpâturage dans les zones boisées ou steppiques, ont exposé à l'érosion des surfaces très considérables dans le monde. Celles-ci sont devenues non seulement impropres à toute culture, mais en certains cas, comme dans les zones arides et semi-arides, se sont peu à peu désertifiées. Dès la fin du Néolithique, d'immenses contrées au Proche-Orient et dans les pays circumméditerranéens, avaient déjà été ruinées par la mauvaise gestion de la végétation naturelle ou de leurs ressources agricoles. Loin de s'atténuer, l'érosion des sols a pris des proportions considérables au cours du XX^{e} siècle, en

particulier dans les pays en développement, sous l'effet conjugué d'une pression démographique sans cesse accrue pour la satisfaction des besoins en terre agricole en vue d'une production alimentaire, de plus en plus grande, ce qui a poussé les hommes à déboiser, même les fortes pentes, et à cultiver, même les steppes, et à créer des exploitations pratiquant l'agriculture industrielle sur de grandes surfaces, sans souci de conservation du sol et de l'eau.

En Région Méditerranéenne, *l'érosion hydrique* fut historiquement la première à se manifester avec le déboisement et la surexploitation des forêts des montagnes pour l'acquisition de nouvelles terres de culture et pour la satisfaction des besoins en bois de plus en plus grands, ce qui favorise le ravinement des fortes pentes lors des précipitations. Des taux de terres érodées des pentes dénudées des chaînes des montagnes côtières de la Méditerranée Orientale, de l'ordre de 30 à 60 tonnes par hectare et par an sont fréquents, ce qui dépasse de beaucoup la pédogenèse sous ces climats (13). Avec le ravinement et le ruissellement sur les pentes, il se crée de nouveaux torrents, tandis que ceux qui existaient antérieurement dévastent de plus en plus les sols situés en bas de pente et de part et d'autres de leurs lits.

L'érosion hydrique peut exercer ses effets négatifs même dans les régions de bas relief et de faible pente en provoquant une lixiviation des sols avec entraînement de fines particules limoneuses et argileuses au bas des pentes. Cette forme de l'érosion hydrique, dite en « nappe », présente des conséquences redoutables pour la productivité des terres de culture qui lui sont exposées. – Les pays tropicaux et méditerranéens, par exemple, exposés à des pluies tombant en averses brutales paient un lourd tribut à l'érosion hydrique qui se trouve redoutable, même dans les zones montagneuses steppiques, à tel point qu'on craint la pluie pour ses effets dévastateurs, alors que la steppe en a tellement besoin.

Une autre forme d'érosion sevit essentiellement dans les zones des plaines steppiques, c'est l'érosion par le vent, ou *l'érosion éolienne*. Elle se manifeste à la suite de la mise en culture des sols à texture sablonneuse ou constituées

de fines alluvions ainsi que sous l'effet du surpâturage. La steppe et les terres marginales sont ravagées par l'érosion éolienne à la suite des cultures en sec qui y sont pratiquées, du surpâturage des parcours et de l'arrachage des plantes ligneuses utilisées comme combustibles. Le taux de terre enlevée par érosion éolienne est de l'ordre de 30 tonnes par hectare et par an dans les plaines cultivées de la région d'Alep, en Syrie, ce qui représente une pente énorme de terre. La meilleure façon de lutter contre l'érosion éolienne dans la steppe est de pratiquer une gestion rationnelle durable des parcours et d'interdire la culture en sec dans les zones de faible pluviosité.

L'érosion hydrique et éolienne des sols ont fait des ravages dans le monde, en général, et au Proche-Orient, en particulier.

En effet, les besoins en bois de construction pour les flottes Phéniciennes, Romaines, Byzantines, Arabes et Ottomanes conduisirent à la déforestation des zones montagneuses côtières et à la destruction et au quasi-anéantissement des forêts de cèdres, de sapin, de cyprès et de genévrier. Le surpâturage compléta la ruine des sols. Les montagnes de l'Afrique du Nord ont subi le même sort.

Le déboisement des montagnes de la steppe syrienne, autrefois couvertes de forêts de *Pistacia atlantica et Pistacia kinjuk*, est le facteur principal ayant provoqué la désertification de cette steppe.

L'érosion est un fléau redoutable qu'il faut combattre sur tous les fronts, par une politique nationale intégrée de conservation des sols et de la végétation naturelle forestière et pastorale qui consiste : à protéger les pentes abruptes par le maintien de la végétation forestière naturelle ; à travailler les sols selon les courbes de niveau, en bandes alternantes ou en établissant des terrasses selon la pente ; à améliorer les conditions physiques des sols par l'incorporation de la matière organique ; à conserver les pâturages et les terres de parcours steppiques par une gestion rationnelle ; à protéger les sols de culture par le paillage, l'établissement de brise-vent et de rideaux-abris, etc.

Cette politique de conservation des sols ne peut être assurée que dans le cadre d'une approche globale, intégrée et écologique du développement durable, visant à concilier les objectifs du développement socio-économique et les impératifs de protection de l'environnement, en vue d'assurer les besoins des sociétés présentes, tout en conservant l'environnement sain et productif pour les générations futures. Ce principe est à la base de l'agriculture durable et du développement agricole et rural durable.

D – Impacts environnementaux et socio-économiques des projets d'irrigation dans les zones arides et semi-arides

L'irrigation des terres dans les zones arides et semi-arides dans le but de permettre d'accroître et/ou de garantir la production agricole, entre autres pour faire face à la croissance des besoins alimentaires, remonte à la plus haute Antiquité : par exemple, les civilisations des plaines du Tigre et de l'Euphrate en Mésopotamie, à l'époque Sumérienne et de la vallée du Nil en Egypte pharaonique.

Cependant, les grands périmètres d'irrigation en Région Méditerranéenne sont relativement récents, comme c'est le cas des grands projets d'irrigation dans la vallée de l'Euphrate en Syrie et en Irak et de la vallée de Nil en Egypte et au Soudan.

Sans oublier les bienfaits et avantages de l'irrigation, ces projets d'irrigation dans des zones arides et semi-arides introduisent des modifications et des transformations des écosystèmes originels par rupture de leur équilibre du fait de l'introduction de l'eau et créent sur ces milieux arides un certain nombre d'impacts indésirables de dégradation qui ne sont que les réactions de ces milieux naturels arides contre les *actions anthropiques irrationnelles* qui ne prennent pas en considération la fragilité des écosystèmes qui les composent (14).

Ces impacts de dégradation agissent sur les sols, la végétation et la faune et aussi sur la santé humaine et animale, rendant ces projets d'irrigation très

coûteux et souvent non rentables et créent des problèmes socio-économiques dans les zones irriguées assez ardus à résoudre. *Des mesures préventives de protection, voire des techniques de réhabilitation, doivent être mises en œuvre pour contrecarrer ces impacts négatifs en vue d'éviter une dégradation très grave de l'environnement dans ces zones arides et semi-arides sous irrigation, condition indispensable pour un développement agricole et rural durable de ces zones.*

Les impacts suivants ont été décelés dans les grands projets d'irrigation dans beaucoup de régions des pays en développement.

1. Dégradation des sols

- Salinisation et alcanisation des sols ;
- engorgement et chute de perméabilité ;
- perte de fertilité par le recours quasi exclusif aux engrais minéraux ;
- formations de nappes d'eau peu profondes, souvent salées dues aux excès d'irrigation ;

Ces impacts ont pour effet la diminution des rendements des cultures, la limitation de la gamme des cultures possibles, et, dans les cas extrêmes de dégradation, les sols salinisés et imperméabilisés deviennent impropres à la culture et se désertifient.

2. Dégradation de la végétation

- Invasion de plantes halophiles dans les sols salinisés en remplacement de la végétation spontanée originelle ;
- invasion de plantes adventices des cultures indésirables hydrophiles ou halophiles ;
- disparition de la végétation spontanée au profit des plantes cultivées sur de grandes surfaces, souvent monospécifiques et monovariétales ;
- disparition de la végétation hydrophile à cause de l'assèchement de certaines zones marécageuses. C'est ainsi que *Fraxinus syriaca* qui couvrait la majeure partie de la vallée Ghab en Syrie avant son assèchement en vue de développer les cultures irriguées, devient de plus en plus rare. D'autres

plantes hygrophiles comme *Iris pseudoacorus*, sont en voie de disparition dans cette vallée.

Cette perturbation de la végétation spontanée et cultivée aboutit à une diminution drastique de la biodiversité.

3. Dégradation de la faune sauvage

Diminution de la faune sauvage et même sa disparition dans les périmètres irriguées et apparition de faune parasite (rongeurs, moineaux, etc.) dont le contrôle demande l'utilisation de produits dangereux.

Cette perturbation de la faune sauvage résulte des changements drastiques des écosystèmes dûs à l'aménagement des périmètres irrigués sur de grandes surfaces tels que : l'assèchement de certaines zones humides, la disparition de la végétation forestière et pastorale, l'augmentation de la densité humaine et des animaux domestiques, la construction de routes, de digues, de grands canaux, d'établissements humains, etc.

4. Dégradation des eaux

- Salinisation de la nappe phréatique ;
- pollution des eaux de surface et des eaux souterraines par les insecticides et les engrais chimiques liée à une intensification de l'agriculture et pouvant provoquer l'eutrophication des eaux de surface des lacs due aux résidus des engrais phosphatés et azotés ;
- pollution des eaux souterraines par concentration des nitrates et nitrites, responsables de certaines maladies chez les humains et chez les jeunes ruminants dont les vecteurs les plus fréquents, hormis l'eau potable, sont les légumes ;
- pollution directe par l'Homme (lessives et produits détergents, vidanges de matériel agricole et véhicules automobiles, déjections humaines et animales) ;
- pollution par des vecteurs de maladies transmises par l'eau telles que le paludisme, la bilharziose, la leischmaniasis, le ver de Guinée (dans les zones du barrage de Galai dans l'Ader Doutchi Maggia, au Niger).

- pollution des nappes par les effluents d'abattoirs, le lisier des élevages intensifs.

5. Impacts sur la santé humaine et animale

Une mauvaise gestion de l'eau et le manque d'hygiène dans les établissements humains créés dans le cadre du projet d'irrigation a des impacts négatifs sur la santé humaine. En effet, l'utilisation des eaux de surface pour les besoins humains et animaux sans précautions adéquates a pour résultat le développement de maladies transmises par l'eau telles que : la bilharziose, la leischamaniasis, diverses parasitoses intestinales (amibiases, diarrhées, ver de Guinée, etc.) comme c'est le cas dans les nouveaux projets d'irrigation dans les vallées de l'Euphrate en Syrie et du Nil, en Egypte.

Il a été noté aussi une pollution des eaux de surface, voire des eaux souterraines par les déjections humaines et animales, les activités ménagères (déchets, lessives), les excès de nitrates, etc. ce qui a pour conséquence la création de conditions insalubres pour la santé des populations rurales et des animaux de la ferme (propagation de la méthémoglobinémie chez les jeunes ruminants).

Cependant, la gestion rationnelle des eaux et l'application des mesures hygiéniques dans les périmètres irrigués peut contribuer à limiter l'apparition de ces maladies et rendre les conditions de vie des populations plus salubres.

Chapitre 2
Les défis du développement rural et agricole

I - INTRODUCTION

À la fin de ce siècle, le développement agricole et rurale se heurte à des défis sans précédents. Autour de l'an 2020, le monde aura à nourrir 8,4 milliards de personnes. Bien que la quantité totale de nourriture dans le monde soit suffisante pour nourrir chaque habitant de la terre, dans l'absolu, il n'en reste pas moins que 800 millions de personnes, en particulier dans les pays du Tiers monde, n'arrivent pas à manger à leur faim.

La problématique du Développement agricole et rural dans ces pays se présente de manière très aiguë en termes de déséquilibre entre les ressources d'une part (ressources en sols cultivables, en eau de qualité, en végétation forestière et pastorale, etc.) et, d'autre part, les besoins de populations en croissance rapide, à la recherche d'une amélioration générale de leurs conditions de vie.

Le développement de la production agricole dans les pays en développement se heurte donc à des contraintes climatiques, édaphiques et végétationnelles lesquelles, si elles sont jointes à une croissance rapide de la population, à une détérioration accélérée des ressources naturelles renouvelables, à une désertification galopante, à un manque d'investissement dans le secteur agricole, posent de véritables et sérieux problèmes pour l'agriculture et le développement agricole et rural durables.

Le défi principal de l'agriculture durable et du développement agricole et rural durable dans ces pays est celui de *mieux utiliser les ressources physiques, biologiques et humaines disponibles*. Ceci peut être assuré en :

a – réduisant au minimum l'emploi des intrants externes (engrais, pesticides, énergie, etc.) ;

b – optimisant l'emploi des ressources internes ;
c – ou par combinaison des deux.

Cette pratique assurera l'utilisation *effective et efficace de ce qui est disponible dans l'environnement local* et permettra aussi la persistance des améliorations effectuées par les agriculteurs dans leurs fermes, étant donné que les dépendances des systèmes extérieurs à la ferme sont réduites à leur minimum.

L'agriculture, pour être durable, devrait chercher l'intégration d'un large éventail de technologies relatives à la lutte contre les pestes, à la fertilisation des sols, à l'agroforesterie, à l'aménagement des sols et de l'eau. Les résidus de la ferme devront être efficacement utilisés pour l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols.

En outre, les processus naturels tels que le recyclage des éléments nutritifs, la fixation de l'azote et l'interaction pestes-prédateurs, devraient se substituer, d'une façon croissante aux intrants externes, ce qui réduira, d'une façon notable, l'impact négatif de l'agriculture sur l'environnement et maintiendra la productivité des terres, à long terme.

Pour affronter les défis que posent le développement agricole et rural et la sécurité alimentaire à moyen et long termes, il faudra nous imprégner du concept d'agriculture et de développement durables, et l'accepter comme une école de pensée et comme une philosophie dans la vie qui garantiront, à long terme, une production agricole durable et un environnement sain et productif pour les générations futures. C'est ce qui sera développé dans ce qui suit.

II – LE CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable peut être défini[1] comme un développement qui (4) :

a – satisfait les besoins des sociétés actuelles sans compromettre l'aptitude des générations futures à satisfaire leurs propres besoins ;

1. Sustainable en anglais : le terme « soutenable » est quelques fois utilisé.

b – exige la gestion prudente des ressources disponibles et des capacités de l'environnement et la réhabilitation de l'environnement dégradé à cause de la surexploitation ;

c – adopte les objectifs critiques suivants relatifs au développement et à l'élaboration des politiques de développement :

* la ranimation de la croissance et l'amélioration de ses qualités ;
* la nécessité de remédier aux problèmes de la pauvreté et de satisfaire les besoins humains ;
* la prise en considération des problèmes de la croissance de la population et de la conservation des ressources naturelles ;
* la réorientation de la technologie de façon qu'elle soit plus adaptable aux conditions locales ;
* la gestion du risque ;
* la fusion des problèmes environnementaux et économiques dans la « prise de décision » dans le domaine du développement durable.

Dans le cœur du concept de développement durable, on trouve la « condition importante » que les pratiques actuelles dans la gestion de l'environnement ne devront diminuer en aucune façon les possibilités du maintien ou de l'amélioration du niveau de vie des générations futures. En d'autres termes : les systèmes économiques doivent être gérés de façon à maintenir ou à améliorer la base des ressources naturelles de façon que les générations futures puissent vivre aussi bien ou même mieux que les générations présentes.

Dans les pays en développement, les systèmes de production traditionnels ont permis, durant des millénaires, la satisfaction durable des besoins d'une population de faible densité. *La croissance accélérée de la population durant ce siècle, a exercé une pression démesurée sur les ressources agricoles limitées (sol, eau, forêts, pâturages), ainsi que sur d'autres facteurs socio-économiques, culturels et politiques, ce qui est en train de compromettre cette durabilité en provoquant la surexploitation de ces ressources, ce qui conduit à*

l'épuisement des sols et des eaux et à leur pollution, à la dégradation des forêts et des parcours et à la désertification dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches.

III – LE CONCEPT D'AGRICULTURE DURABLE

A – Introduction

Le concept d'agriculture durable fait partie intégrante du concept de développement durable. En effet, *il n'y a pas de développement durable sans agriculture durable.*

En d'autres termes, le concept de développement durable est fondé sur celui de l'agriculture durable et en dépend ; c'est ce que nous allons développer dans ce qui suit.

Il est utile de signaler tout d'abord que l'agriculture durable doit être conçue, non seulement au niveau de l'exploitation agricole ou de la ferme, mais aussi au niveau de la région géographique et du pays lui-même, autant que possible. En effet, une exploitation irrationnelle des ressources naturelles dans un bassin versant donné, provoquant un ruissellement important des eaux de pluies et une érosion intense des sols, affecte aussi bien les fermes individuelles dans ce bassin, en particulier celles qui sont en bas de pente, que les canaux d'irrigation, les voies de communication et autres édifices d'intérêt publique en rapport avec la politique de développement rural déclarée dans la région.

B – Définitions

Le rapport sur les stratégies relatives à l'agriculture durable présenté en 1988 par BIFAD (Board of International Food and Agricultural Development Task Force), a donné plusieurs définitions de l'agriculture durable empruntées à plusieurs sources que nous résumons dans ce qui suit :

1re définition : C'est la gestion réussie des ressources naturelles qui permet à l'agriculture de satisfaire les changements des besoins humains, tout en maintenant et, si possible, en augmentant la base des ces ressources et en évitant la dégradation de l'environnement.

2e définition : C'est l'habilité d'un système agricole de maintenir sa production à travers le temps sous l'influence des pressions sociales et économiques.

3e définition : l'agriculture durable est celle qui devrait conserver et protéger les ressources naturelles et permettre à la fois une croissance économique à long terme, par la gestion rationnelle de toutes les ressources exploitées, en vue d'aboutir à des rendements durables.

4e définition : Knezek et al. ont défini en 1988 l'agriculture durable comme une agriculture qui :

- assure la conservation et l'utilisation des ressources internes et externes aussi efficacement que possible ;
- est écologiquement saine ; c.à.d. qu'elle améliore l'environnement naturel et n'y provoque aucune nuisance ;
- est économiquement viable en ce qu'elle assure des revenus raisonnables relatifs aux investissements agricoles.

C'est cette dernière définition que nous adoptons dans ce livre.

C – Les systèmes de production durables

Un système de production est étroitement lié à la localité où il existe et il est déterminé sur la base de l'interaction entre les facteurs physico-chimiques, biologiques, technologiques, socio-économiques et de gestion, en vue de satisfaire les objectifs spécifiques locaux.

Dans un système de production durable donné, il doit y avoir en permanence une compréhension de plus en plus grande entre :

a – des facteurs physico-chimiques, tels que le sol, le climat (pluviosité, radiations, longueur du jour, etc.) et de la façon dont ils changent et interactent entre eux, de façon que l'agriculteur puisse les orienter en vue de la création de conditions favorables pour :

b – les éléments biologiques du système de production (végétaux et animaux) dans leur interaction dans les agrosystèmes, avec les mauvaises herbes, les pestes, et ceci sur la base :

c – des technologies appropriées mises à la disposition de l'agriculteur, de façon qu'elles soient acceptables par lui et convenables à ses propres circonstances, sur la base :

d – de son niveau social et culturel et de son expérience dans le domaine de l'agriculture, du système légal du pays, de l'organisation communautaire et du marché, dans la mesure où ils interactent entre eux pour :

e – déterminer la viabilité économique du système de production et la bonne santé de l'environnement qui dépendent, en principe, de l'aptitude de gestion de l'agriculteur, des structures du marché et des prix, des méthodes rationnelles de lutte contre la dégradation de l'environnement (drainage des sols peu perméables, lutte biologique contre les pestes).

Il est évident que les mesures qui assurent une durabilité à long terme du système de production peuvent ne pas être attractives pour l'agriculteur à court terme. Dans ces conditions, certaines mesures encourageantes de la part de l'État peuvent l'aider à réaliser ses objectifs désirés.

D – Étendue et complexité des problèmes de durabilité en agriculture

Les sujets considérés dans l'agriculture durable sont complexes et étendus. Ils comprennent :

a – Des activités sectorielles telles que : l'agriculture, la foresterie, l'agroforesterie, la pisciculture et la zootechnie.

b – Des problèmes de gestion des sols, des eaux, des ressources naturelles et des bassins versants.

c – Des problèmes environnementaux tels que la désertification, la dégradation des sols, la salinisation des terres irriguées, la perte de la biodiversité, la pollution des eaux, etc.

d – La formation des cadres et le développement des ressources humaines.

e – Les rôles du gouvernement et du secteur privé.

f – La recherche agricole et la vulgarisation.

Tout ceci indique que *la durabilité dans la production et le développement agricoles affecte des aspects variés de la gestion des ressources naturelles et de l'aménagement de l'environnement et exige une approche globale et multidisciplinaire, interdisciplinaire et transdisciplinaire, nécessitant l'interaction entre les disciplines physiques, biologiques et socio-économiques dans la planification, la formulation des politiques et dans les activités de recherche et de développement.*

En conclusion :

L'agriculture durable est une philosophie fondée sur des buts humains et sur la compréhension de l'impact, à long terme, de nos activités sur l'environnement.

Cette philosophie, si nous l'acceptons et l'appliquons, pourra nous guider à utiliser notre savoir traditionnel de l'agriculture, tout en l'enrichissant par les dernières découvertes scientifiques et techniques, en vue de créer des systèmes agraires équitables, intégrés et respectueux de l'environnement.

Ces systèmes seront conçus de façons à :

a – réduire la dégradation de l'environnement ;
b – conserver la productivité agricole ;
c – améliorer la viabilité économique ;
d – maintenir la stabilité des communautés rurales et améliorer la qualité de leur vie ;
e – satisfaire les besoins des générations présentes sans compromettre ceux des générations futures.

L'agriculture durable repose, en fait, sur un compromis entre « l'agriculture biologique » qui ne peut répondre à l'accroissement de la population mondiale et l'agriculture artificialisée à l'extrême, comme elle est pratiquée dans les pays développés et même dans certaines régions irriguées des pays en développement, qui se préoccupe peu des problèmes du milieu et qui aboutit à moyen ou à long terme à la dégradation de l'environnement et à la baisse de la production des agrosystèmes. Ce qu'on cherche, en réalité, c'est une *agriculture intégrée* qui peut être, d'ailleurs, plus ou moins *intensifiée*.

Lorsque les capacités naturelles du milieu de production sont limitées et que les améliorations sont peu aisées et, par conséquent, non rentables économiquement, il est conseillé de se diriger vers des systèmes de production fondés sur une agriculture extensive, laquelle ne peut être viable, d'ailleurs, que sur des surfaces de terres et des exploitations de grandes dimensions comme c'est le cas au Brésil, en Australie, au Canada, en Nouvelle-Zélande, et dans certaines régions d'Europe, comme en Écosse, en Franche-Comté et aussi en Région Méditerranéenne.

Par contre, lorsque le milieu de production offre de meilleures capacités, il est possible et même souhaitable de se diriger vers des systèmes de production fondés sur l'agriculture intensive. Mais, pour maintenir la productivité du milieu d'une façon durable, il faudra le préserver de la dégradation.

Il est utile de signaler que dès qu'on dépasse les capacités naturelles du milieu, on risque de provoquer sa dégradation en quelques années ou en

quelques décennies, alors même qu'à court terme le système parait productif, comme c'est le cas dans les terres irriguées mal gérées des zones arides et semi-arides qui donnent une bonne production dans les premières années, avant que les sols ne se dégradent par salinisation et engorgement.

E – Les principales contraintes au développement d'une agriculture durable, la péninsule arabique prise comme exemple

Les principales contraintes au développement d'une agriculture durable peuvent être résumées comme il suit :

1. Contraintes relatives aux ressources naturelles

a – Contraintes relatives au climat

- Irrégularité des pluies mensuelles et annuelles.
- Longueur et intensité de la saison sèche.
- Grande intensité des pluies se déversant en averse, causant une érosion hydrique sévère, en particulier dans les zones montagneuses et sur les pentes escarpées à végétation naturelle dégradée.
- Prédominance des zones hyperarides, arides et semi-arides.
- Violence des vents, causant une érosion éolienne des sols dans les plaines ouvertes.

b – Contraintes relatives aux ressources en sols

- Rareté des terres arables.

Cette situation a poussé plusieurs pays à étendre l'irrigation dans des zones arides où les terres n'étaient pas aptes à la culture irriguée, avec souvent des déboires à cause de la salinisation et l'engorgement des sols.

- Pauvreté des sols en général.

D'après la carte FAO/UNESCO sur les ressources en sol, 8.3 % seulement des sols ne possèdent pas de limitations majeures de fertilité. Le reste manifeste différentes contraintes physiques et/ou chimiques. Cependant, la présence de ces contraintes ne veut pas dire que ces sols ne peuvent rien produire, mais

plutôt que les rendements seront relativement bas, à moins de surmonter ou de supprimer ces contraintes par des moyens écologiquement sains.

- Dégradation à des niveaux variables d'une grande partie des terres à cause de leur surexploitation et de leur gestion irrationnelle. Il a été estimé (8) que l'érosion éolienne affecte 35.3 % des terres, et l'érosion hydrique 17.1 %. Il est évident que l'érosion hydrique affecte une superficie beaucoup plus grande dans les zones montagneuses, à cause des pentes escarpées, comme c'est le cas des chaînes de montagne du Liban et de la Syrie où l'érosion hydrique est très sévère pouvant atteindre 50-70 tonnes/ha/an, à cause de la disparition du manteau forestier protecteur et de l'exploitation irrationnelle des sols de pente.

La salinisation, l'alcalinisation et l'engorgement des sols représentent une dégradation des plus sérieuses, résultant d'une mauvaise gestion des terres irriguées.

Il est important de signaler que la dégradation des sols sous ses différentes formes peut conduire, à long terme, à une perte complète de productivité et à la désertification.

c – Contraintes relatives aux ressources en eau

Les ressources en eau constituent la contrainte majeure pour le développement agricole et rural dont la sévérité varie évidemment d'un pays à l'autre.

d – Contraintes relatives à l'état de la végétation naturelle forestière et pastorale

Le déforestation des montagnes pour la mise en culture et pour l'habitation, ainsi que la surexploitation des forêts restantes et les parcours ont favorisé la dénudation des sols et leur érosion, provoquant ainsi la contraction drastique de la superficie couverte par les forêts.

Ce recul de la végétation naturelle a eu de sérieuses répercussions sur l'équilibre naturel et, en particulier, sur la biodiversité qui s'est manifestée par la disparition ou la dégradation de certains écosystèmes forestiers naturels et par

la perte de nombreuses espèces animales et végétales qui composaient ces écosystèmes.

2. Contraintes induites par les politiques et les stratégies de développement

Les politiques de développement économique dans la majorité des pays de la région ont donné, jusqu'à présent, *une priorité à l'industrialisation*. En plus, la majorité des plans de développement se caractérisent par *un manque ou une absence de liaison entre les différents secteurs de l'économie*. Les plans de développement agricole ne sont que très rarement liés aux secteurs apparentés tels que l'industrie agro-alimentaire, le transport, l'habitation, la construction et le tourisme. Cette situation génère souvent des conflits, qui sont généralement aux détriments de l'agriculture et du développement rural.

L'investissement insuffisant dans le secteur agricole (exception faite des pays pétroliers) et le *lent transfert d'une technologie appropriée* ont eu pour conséquence la lenteur des efforts visant à lutter contre les problèmes environnementaux.

Le résultat ultime de ces politiques s'est manifesté par un développement agricole et rural lent.

Un autre type de contraintes est lié à *la politique de subvention des engrais chimiques et des pesticides*, ce qui a amené une utilisation excessive de ces pesticides et engrais en agriculture. En ce qui concerne les pesticides, leur utilisation en excès par les fermiers a abouti à des pertes sur le plan économique et à des problèmes de santé et de pollution du sol et de l'eau. Pour ce qui est des engrais qui sont aussi très subventionnés, les fermiers ont abandonné la fumure organique et se sont éloignés des méthodes traditionnelles du maintien et de la restauration de la fertilité des sols. En outre, cette politique a engendré un excès d'utilisation des engrais chimiques, provoquant ainsi la pollution de l'environnement et, en particulier, des nappes phréatiques et souterraines par les nitrates.

Une autre contrainte d'importance majeure *est la grande subvention de l'eau,* et en particulier l'eau pour l'irrigation. Le résultat est le grand gaspillage de l'eau dans l'utilisation domestique et son utilisation irrationnelle en agriculture irriguée, sans aucune mesure de conservation et d'économie, ce qui a engendré de grandes pertes dans les canaux d'irrigation et par évaporation et cela, en plus des problèmes d'engorgement, de salinisation des sols et de propagation de maladies transmises par l'eau comme la bilharziose, le paludisme et la leishmaniasis dans les projets d'irrigation mal gérés.

Il a été démontré que de simples mesures de conservation de l'eau (nivellement, doublure appropriée des canaux d'irrigation, etc.) et une application adéquate de l'eau pour l'irrigation des cultures pourraient réduire de 40 % la consommation d'eau.

3. Contraintes induites par la technologie

Les pays de la région ont, durant les dernières décennies, préféré les technologies importées aux technologies traditionnelles pour deux raisons :

- la première est due au *retard dans le développement de la recherche scientifique et des capacités humaines au niveau national,* ce qui n'a pas permis l'adaptation des technologies traditionnelles aux temps présents, en profitant des progrès dans le domaine des sciences agronomiques, tout en préservant la dégradation de l'environnement.
- la deuxième raison est due au fait que les « *décideurs* » en matière de politiques nationales sont généralement en faveur de *l'importation de « paquets de technologies disponibles »*, et ceci sans étude préalable de leur adaptation aux conditions écologiques et socio-économiques locales. Par exemple : les machines pour le travail du sol, introduites des pays tempérés, se sont montrées inadaptées aux sols des zones arides et semi-arides et ont engendré une dégradation des sols.

4. Contraintes induites par la législation

Il existe dans les pays de la région un grand nombre de lois concernant l'irrigation, l'agriculture et les activités apparentées. Ces lois se rapportent à l'utilisation des eaux de surface et des eaux souterraines, aux critères de la qualité de l'eau, à la régulation des cultures saisonnières, aux crédits agricoles, à la réforme agraire, à la régulation du commerce des produits agricoles et des produits chimiques (engrais, pesticides). Cependant, *beaucoup de ces lois ne sont pas appliquées en pratique*, ce qui a engendré l'utilisation irrationnelle des ressources naturelles et les ressources humaines, pour des profits à court terme, aux dépens de la conservation durable de ces ressources.

5. Contraintes relatives au développement rural

Il existe une symbiose entre l'agriculture et le développement rural, d'une part, et la croissance de l'économie nationale, d'autre part. C'est pourquoi, il est de toute importance d'améliorer les conditions de vie rurale (emploi, pouvoir d'achat, nourriture, éducation, santé, communication, loisir) dans les zones rurales, pour qu'elles constituent une base solide dans l'orientation des activités vers une agriculture durable, aussi bien au niveau national qu'au niveau de la ferme, promettant ainsi un développement rural plus sûr et plus solide.

La migration de la population rurale vers les centres urbains du fait du manque de développement des zones rurales, prive celles-ci de la main d'œuvre jeune et compétente, capable de jouer un rôle capital dans la recherche d'une agriculture et d'un développement rural durables et aggrave, dans le même temps, les problèmes de l'emploi, de la sécurité, de la délinquance, etc. dans les villes.

F – La gestion des ressources pour le développement d'une agriculture durable

Le développement d'une agriculture durable exige une *approche globale et intégrée* de la conservation, de la gestion, du traitement et de l'utilisation des ressources naturelles, aussi bien que de la politique de développement et de la planification de ces ressources. Ce qui veut dire que les activités sectorielles en agriculture (y compris la foresterie et la pisciculture) et aussi le développement économique et industriel, doivent être intégrées de façon à pouvoir réduire au minimum la compétition, porter au maximum la compatibilité et la durabilité et réduire autant que possible les effets adverses défavorables que peuvent avoir ces activités entre elles.

Par conséquent, *tout programme qui vise le développement de l'agriculture durable devra inclure la gestion rationnelle et efficace de toutes les ressources naturelles du pays*, qui sont :

a – les ressources physiques : climat, sol, eau ;

b – les ressources biologiques : population humaine, végétation, animaux ;

c – les ressources en énergie : humaine, solaire, éolienne, hydraulique, géothermique, nucléaire et aussi l'énergie de source minérale et la biomasse ;

d – les ressources humaines et institutionnelles.

La plupart de ces ressources sont, au moins en partie, renouvelables. Alors que les ressources minérales de la Terre sont considérées comme non renouvelables, le sol qui est un élément clé dans l'agriculture durable est considéré comme une ressource renouvelable et ceci pour la raison suivante : quand le sol est bien géré de façon à réduire au minimum l'érosion, en particulier sur les pentes, le taux de terre érodée peut être compensé, en bonne partie, par le taux de sol formé naturellement par l'altération de la roche mère ou l'influence des conditions écologiques (pédogenèse), et ceci dans un laps de temps raisonnable.

G – Influence de l'agriculture durable sur les rendements et la production agricoles

La table suivante illustre l'amélioration des rendements en céréales après l'adoption de l'agriculture durable, dans les zones à rendements en blé élevés, moyens et faibles.

Amélioration* des rendements en céréales durant une période allant jusqu'à dix ans après l'application de l'agriculture durable (l'agriculture conventionnelle et l'agriculture pré-durable = 100 %) (21)

	Rendements moyens actuels t/ha	Changements moyens dans les zones à hauts rendements céréaliers	Changements moyens dans les zones à rendements céréaliers moyens	Changements moyens dans les zones à rendements céréaliers faibles
Toutes les céréales	2.83	102 %**	166 %	212 %
Blé	2.45	95 %	210 %	220 %
Riz	3.05	115 %	111 %	111 %
Maïs	4.33	100 %	190 %	220 %
Sorghum-Millet	1.09	95 %	265 %	265 %

* Les données proviennent de l'analyse d'une enquête qui a porté sur 1.82 millions de fermiers et sur 3.43 millions d'hectares.

** un chiffre de 102 % équivaut à une augmentation des rendements de 2 % ; un chiffre de 95 % équivaut à une diminution des rendements de 5 %.

Il ressort de cette table que l'amélioration des rendements en blé, après l'application de l'agriculture durable, varie en fonction des zones de production : zones à rendements en blé élevés, moyens et faibles. En effet, les augmentations les plus hautes ont été enregistrées dans les zones à cultures pluviales, à faibles rendements, où les nouveaux rendements du blé, du maïs et du sorgho-millet sont de l'ordre du double, comparés à ceux de l'agriculture conventionnelle ou de l'agriculture avant l'application du concept de durabilité. On s'attend, par conséquent, que les rendements en blé des systèmes de culture durables passent au double, dans les zones à culture pluviale conventionnelle en Méditerranée Orientale, par rapport aux rendements actuels, ce qui permettra de doubler la production du blé dans ces zones, tout en conservant la productivité des terres, à long terme.

De légères augmentations ont été enregistrées pour le riz dans les terres irriguées du Sud-Est et du Sud Asiatique où la productivité est déjà 3 à 5 fois plus élevée que dans les terres à culture pluviale. Dans ces conditions, les rendements de l'agriculture durable du riz sont légèrement supérieurs de 10 % par rapport aux systèmes de culture conventionnelle.

Dans les pays industrialisés, on s'attend que l'agriculture durable amène, tout au début de son application, une diminution de la productivité, du fait que les rendements sont déjà très hauts et beaucoup plus hauts que ceux d'Amérique latine, d'Asie, de la Méditerranée et d'Afrique. La diminution immédiate des rendements en céréales sera de l'ordre de 10 % à 20 %. Cependant, la diminution des coûts des intrants sera toujours profitable au fermier. Mais, à moyen et long termes (5 à 10 ans), les évidences suggèrent que, même dans ces pays, les rendements en céréales des systèmes de culture durable, augmentera jusqu'à atteindre les niveaux habituels, tout en maintenant la productivité des terres et la conservation de l'environnement, à long terme.

De ce qui précède, il ressort que *les pays à rendements agricoles moyens et faibles, profiteront beaucoup plus que les pays à hauts rendements, en terme de production alimentaire, de l'application de l'agriculture durable*, ce qui

devra encourager ces pays à appliquer le concept de durabilité en agriculture, pour pouvoir satisfaire les besoins alimentaires toujours croissants de leurs populations et préserver, dans le même temps, leur environnement de la dégradation.

H – Rapports entre l'agriculture durable et la sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire dépend de la réalisation de trois conditions majeures :

a – *une production alimentaire durable*, à travers l'utilisation de technologies régénératives, la participation totale des fermiers et pastoralistes dans les processus de la planification, de la recherche et de la vulgarisation.

b – *Une conservation de la base des ressources naturelles*, à travers des approches, des pratiques et des technologies qui maintiennent et, même, améliorent la qualité et la diversité des ressources naturelles disponibles, sans les dilapider.

c – *Un accès à la nourriture*, à travers des approches qui consolident les capacités locales et construisent des économies rurales fortes et diversifiées.

Il va de soi que la réalisation de ces conditions dépend étroitement de l'existence dans le pays d'*une politique de l'environnement* qui permet la préservation et la meilleure utilisation des ressources naturelles.

L'agriculture durable est capable de contribuer à la revitalisation et au renforcement des économies locales et, par conséquent, à l'amélioration de l'habilité des personnes à se procurer de la nourriture à travers :

- l'augmentation du revenu réel et de la possibilité de faire des épargnes ;
- la création d'emplois et la diversification des moyens d'existence ;
- la réduction de la dépendance des crédits ;
- l'augmentation de la valeur des terres et de l'investissement dans les fermes ;
- une meilleure habilité de la communauté rurale de payer les frais de scolarisation, d'hospitalisation, etc. ;

– l'augmentation de la confiance de ces communautés en elles-mêmes et en la capacité productive de leurs terres.

Cependant, l'agriculture durable ne peut pas, à elle seule, assurer la sécurité alimentaire des populations rurales. En effet, pour des raisons variées, toutes les personnes rurales ne sont pas capables de produire leur propre nourriture. En outre, l'agriculture n'est pas la seule ou la principale source de revenu pour ces personnes. Même en présence de quantités suffisantes de nourriture dans un pays donné, l'absence d'opportunités de trouver du travail pour pouvoir acheter de la nourriture, peut aboutir à la faim, au niveau des classes démunies.

Dans certaines régions, l'augmentation de la pression de la population sur l'exploitation des ressources naturelles a abouti à une absence complète de terres libres pour le développement de la production agricole.

La leçon importante que nous pouvons tirer de notre expérience nouvelle de l'agriculture durable est celle, qu'il est indispensable de la placer dans un contexte plus large d'une politique nationale d'exploitation et de conservation des ressources naturelles et de l'emploi. C'est pourquoi, il est nécessaire, à ce sujet, d'accroître les sources d'emploi dans les zones rurales telles que : la création de petites entreprises, d'unités de traitement, de centres d'artisanat et de tourisme, etc., en vue d'ôter les pressions exercées par les populations rurales sur les terres et d'assurer, dans le même temps, une source de revenus supplémentaires aux populations rurales. Ceci permettra d'atténuer la dégradation des sols, bien que cette dégradation dépende aussi de plusieurs autres facteurs tels que : les pratiques culturales, l'accès au marché, la nature de la possession de la terre, etc.

Il ressort de ce qui précède, qu'une stratégie nationale visant l'amélioration de la production agricole et l'atténuation de la pauvreté rurale, devra aussi avoir pour but la formation des revenus non agricoles des populations rurales dans leur environnement direct, ce qui leur donnera plus de chances d'avoir accès à la nourriture, en améliorant leur pouvoir d'achat.

– Perspective de durabilité dans les stratégies d'accroissement de la production alimentaire

Le souci actuel du concept de durabilité dans la production alimentaire exige l'adoption d'une perspective de durabilité dans le choix des stratégies pour l'accroissement de la productivité agricole à travers :

- une expansion de la superficie cultivée ;
- une production plus élevée par unité de surface ;
- une amélioration génétique des cultures et des animaux de la ferme ;
- une mécanisation et une technologie appropriées ;
- un aménagement intégré des pestes, des mauvaises herbes et des maladies ;
- une amélioration des technologies après récolte ;
- un aménagement plus efficace et une utilisation plus rationnelle des ressources forestières et pastorales ;
- une amélioration de la gestion des parcours ;
- un aménagement meilleur et une utilisation plus rationnelle des ressources aquatiques ;
- une utilisation des méthodes non conventionnelles de la production alimentaire, en particulier, les méthodes qui nous sont offertes par la biotechnologie.

La perspective de durabilité exige de chacun des domaines précités :

* de donner une plus grande priorité à la surveillance des effets de ses activités sur l'environnement, à court, moyen et long termes ;

* d'apporter plus de soins dans le choix des technologies, allant de la phase du travail du sol jusqu'à la phase de la récolte et aussi durant la phase après-récolte ;

* d'avoir une vue plus étendue dans le domaine de la recherche stratégique et la recherche théorique et ne pas se contenter seulement de la recherche appliquée en agriculture ;

* d'adopter une approche plus globale et plus « systémique » de la recherche en agriculture ; en d'autres termes : adopter « l'approche-systèmes » dans la recherche en agriculture.

Chapitre 3
Les moyens pour relever le défi

I – LA CONSERVATION DU SOL

A – Les buts de la conservation du sol

Rappelons que le terme « conservation du sol » est un terme très général qui englobe aussi bien la protection du sol lui-même en contrôlant son érosion que le maintien, voire l'accroissement, de sa fertilité.

Le but de la conservation du sol est l'obtention du plus grand bénéfice *permanent* du sol. Ceci veut dire qu'il est nécessaire d'utiliser le sol en essayant de maintenir, voir d'accroître, sa capacité de production. Les produits du sol sont variés : des produits agricoles ou fourragers, des produits forestiers, de l'eau, voire même la faune sauvage.

Fréquemment, c'est une combinaison de plusieurs de ces produits qu'on recherche.

Pour qu'un sol conserve sa capacité de production, il faut qu'il y ait un équilibre entre les pertes en éléments nutritifs que peut subir ce sol (à cause des exportations liées aux récoltes, de lessivage et de drainage), son contenu initial en ces éléments et les éléments nouveaux qui peuvent y prendre naissance. En plus, il faut également qu'il ne se produise aucune détérioration dans les caractéristiques physiques de ce sol (dégradation de la structure, diminution de la perméabilité pour l'air et pour l'eau), qu'il n'y ait pas de décapage des horizons supérieurs riches en matières organiques et en micro-organismes ou d'accumulation de sels nocifs, ou n'importe quel phénomène qui sera à l'origine d'une augmentation excessive de l'acidité ou de l'alcalinité.

Par conséquent, les traitements ayant pour objet la conservation du sol peuvent avoir les buts suivants :

- Obtention d'une couverture végétale adaptée au milieu qui protège le sol contre le ruissellement des eaux et l'action nocive des vents.
- Traitement du sol en améliorant sa structure pour le rendre plus résistant à l'érosion, plus perméable aux eaux de surface, et plus favorable au développement des plantes.
- Compensation des pertes du sol en éléments fertilisants.
- Diminution du ruissellement des eaux et de la vélocité des vents par des procédés appropriés.
- Orientation des eaux de ruissellement vers des exutoires aménagés.

B – Les procédés de conservation du sol

Les procédés de conservation du sol sont assez nombreux, et un choix doit être fait suivant le cas étudié. Il n'y a point de méthodes valables pour tous les cas et pour tous les sols.

Le Conservateur du sol, l'Agriculteur et le Forestier doivent adapter la méthode de conservation aux cas qui se présentent à eux. Chaque cas doit être examiné et étudié séparément pour déterminer la tactique à appliquer. Tantôt, il sera nécessaire de construire des terrasses pour conserver le sol. C'est le cas des terrains à forte pente. D'autres fois, il suffira de labourer selon les courbes de niveau et d'appliquer les bonnes pratiques agricoles pour protéger le sol. C'est le cas des sols profonds et à très faible pente. Quelquefois, on sera amené à évacuer très rapidement une quantité d'eau excédentaire. C'est le cas des régions à grande pluviosité et des sols argileux à forte pente qui peuvent être exposés à des glissements ou à des écoulements boueux lorsqu'ils sont très gorgés d'eau. D'autres fois, on s'efforcera de faciliter l'infiltration dans un sol en perpétuel état d'assoiffement. Ailleurs, on se trouvera dans l'obligation de combiner diverses méthodes dont aucune ne donnerait pleine satisfaction si elle était appliquée isolément. Nous tenons à rappeler ici, le rôle très important que peuvent avoir les *bonnes caractéristiques physiques du sol,* c'est-à-dire, *une structure bonne et stable,* dans la protection des sols contre l'érosion et le maintien de leur fertilité. Par conséquent, l'amélioration des

caractéristiques physiques des sols est une mesure de haute importance que nous devons avoir toujours présente à l'esprit dans chaque cas que nous aurons à étudier.

C – La végétation en tant que moyen de conservation du sol

Dans la planification d'un programme de conservation des sols, la couverture végétale doit être placée au premier rang parmi les moyens dont nous disposons pour lutter contre l'érosion, empêcher la dégradation des sols et assurer une production agricole durable.

Les effets favorables sur la conservation des sols varient selon la nature de la couverture végétale : végétation forestière naturelle, végétation pastorale, végétation cultivée ou végétation agroforestière.

1. La végétation forestière naturelle

La forêt constitue un moyen très efficace de conservation du sol, surtout si elle est biologiquement équilibrée et bien aménagée. Cette fonction de la forêt est maintenant bien établie et tous les services de conservation des sols dans le monde conseillent de maintenir les sols les plus sensibles à l'érosion exclusivement sous végétation forestière.

Pour que la forêt puisse jouer pleinement son rôle dans la conservation du sol, il faut qu'elle soit maintenue en permanence en équilibre biologique. Cet équilibre exige l'application d'un plan d'aménagement qui aura pour but de concilier sagement les objectifs économiques de production et les objectifs de conservation du sol et du maintien de sa fertilité. En vérité, ces deux objectifs sont réciproquement bénéfiques, car la plupart des mesures ou des pratiques de gestion forestière ont des répercussions sur ces deux catégories d'objectifs. Ces mesures se rapportent à l'exploitation rationnelle de la forêt, à l'organisation des voies de vidange, à la réglementation du pâturage, aux méthodes de coupe, au mode de traitement et à la protection contre les incendies.

Il est utile de signaler que la forêt conserve la fertilité de son sol par l'intermédiaire de son cycle biologique des éléments minéraux et azotés.

a. Exploitation rationnelle des forêts

Le forestier ne doit couper que le volume de bois correspondant à son accroissement. Dépasser l'accroissement annuel, c'est appauvrir la forêt et provoquer une diminution de la fertilité de la station qui se répercute sur l'état général de la forêt et, par conséquent, sur son effet protecteur et sur sa production durable à long terme.

b. Organisation des voies de vidange

Des précautions doivent être prises pendant et après la coupe pour diminuer au minimum les écorchures du sol dues à l'abattage des arbres abattus, surtout dans les terrains en pente. Il est recommandé de ne pas laisser dégringoler les arbres abattus qui écorcheront le sol et le rendront plus sensible au ruissellement et au décapage des horizons humifères. Le débardage des bois traînés sur le sol à l'aide de grands tracteurs peut provoquer des rainures accentuées qui pourront se développer en ravins plus ou moins profonds sur les terrains sensibles à l'érosion et sous une couverture forestière claire semée. Il est donc recommandé de bien planifier l'emplacement des chemins de débardage et de bien les entretenir et les protéger.

c. Choix des méthodes de coupe

La méthode de coupe doit être choisie de façon à conserver l'efficacité de la couverture forestière en matière de conservation du sol et de l'eau, garante d'une production forestière durable.

– Les coupes uniques ou totales qui consistent à couper toute la surface de la forêt en une seule fois dénudent le sol et le soumettent à l'action des forces érosives. Elle sont à proscrire dans les forêts dites de protection, c'est-à-dire dans les massifs forestiers ayant pour but principal la protection des terrains très sensibles à l'érosion. C'est le cas, par exemple, des forêts sur des pentes très érodables d'un bassin versant, forêts protégeant des routes et des agglomérations en bas de pente, forêts sur dunes. Dans ces forêts, on ne pratique

que des coupes de nettoyage pour enlever les arbres morts ou malades. Ce type de forêt joue un rôle important dans la conservation de la biodiversité. Les coupes de régénération doivent être faites dans ces forêts avec beaucoup de prudence.

- Les coupes sélectives et successives sont conseillées dans les forêts de protection et des forêts sur pente. Elles consistent à supprimer, à intervalles réguliers et fréquents, certains arbres choisis parce qu'ils ont atteint leur maximum de rendement, et d'autres arbres mal formés ou dominés qui doivent être coupés pour améliorer la forêt et l'éclaircir.

Au point de vue de la conservation du sol, la méthode des coupes successives n'altère pas beaucoup la voûte de la forêt et ne provoque donc pas de grands changements dans le milieu intérieur de la forêt, ce qui permet de maintenir l'humus en bon état.

d. Le mode de traitement

Dans les pays en développement, la majeure partie des forêts n'est pas encore bien aménagée. Ces forêts sont également très irrégulières. C'est pourquoi le mode de traitement de ces forêts doit être souple de façon à permettre au forestier d'assurer un rendement économique valable tout en conservant la fertilité des sols.

e. Réglementation du pâturage

Le pâturage mal réglementé et abusif est très nuisible à la forêt et provoque, à la longue, sa dégradation. En vue de maintenir la forêt en bon équilibre biologique et maintenir sa productivité durable, il est recommandé de suivre ce qui suit :

- Interdire complètement le pâturage en forêts en état de régénération, dans les jeunes plantations et dans les forêts de protection.
- Réglementer le pâturage dans les massifs forestiers en calculant le nombre de têtes de bétail en fonction de la capacité du sol et sa sensibilité au tassement.

f. Protection des forêts contre les incendies

Les incendies répétés détériorent la forêt et provoquent sa dégradation jusqu'à la disparition totale du manteau forestier et du sol. C'est pourquoi, il est de toute importance de protéger les forêts contre ce fléau par tous les moyens, tels que : la création de tranchées pare-feu cultivées ou nues – le mélange d'essences feuillues et résineuses – le maintien d'un sous-étage de feuillus dans les forêt résineuses – la construction de routes forestières – l'organisation dans les massifs résineux importants d'un service de lutte contre l'incendie bien équipé.

2. La végétation pastorale

Les prairies permanentes bien aménagées constituent, comme la forêt, un moyen très efficace de conservation du sol. Cette efficacité provient de la permanence de la végétation, de la densité de la couverture qui est constituée principalement de graminées et de légumineuses vivaces et de la bonne structure du sol.

Cependant, pour que ces prairies puissent jouer leur plein rôle dans la conservation des sols, il faudra les maintenir en bon état, en leur appliquant un aménagement équilibré, en leur apportant une fumure minérale suffisante et en réglementant le nombre de têtes de bétail et des espèces ainsi que les périodes de pacage.

La prairie assolée constitue une possibilité exceptionnelle d'augmenter la productivité de nombreuses terres dont les propriétés physiques laissent à désirer et constitue un moyen très efficace de la protection des sols contre l'érosion. C'est même la seul solution pour les sols nécessitant des restitutions humiques très importantes.

3. La végétation cultivée

La mise en culture d'un sol le rend plus sensible à l'érosion et plus fragile quant au maintien de sa fertilité. Il est donc nécessaire, dans le but de préserver le sol et conserver sa fertilité pour une production durable, de suivre des

procédés de cultures antiérosives, de choisir des plantes cultivées et des rotations de culture adéquates et d'orienter les travaux du sol de façon à réduire au minimum les dégâts.

Une mention spéciale doit être faite en ce qui concerne les plantes de couverture qui sont plantées tout spécialement pour réprimer l'érosion du sol, lui ajouter des matières organiques et améliorer sa fertilité. Les cultures en larges sillons de plantes telles que le coton, le maïs, la pomme de terre et le tabac, entraînent des pertes considérables d'humus. On doit les cultiver selon un plan de rotation systématique et faire entrer dans la rotation des cultures de couverture, si l'on veut réduire au minimum les pertes d'humus, et maintenir les rendements.

Le procédé consistant à utiliser les plantes de couverture comme engrais verts constitue un excellent procédé de conservation du sol. Des plantes telles que la luzerne, le trèfle, le mélilot, le lupin, la vesce, les pois chiches, les bromes, le blé et l'avoine peuvent être utilisées comme des plantes de couverture sur les terres cultivées. Toutes ces plantes, lorsqu'elles sont employées dans un but de conservation du sol, doivent être semées à la volée.

4. La végétation agroforestière

L'approche agroforestière dans l'exploitation des terres repose essentiellement sur les interactions délibérées entre des végétaux ligneux (arbres ou arbustes) à usages multiples d'une part, et d'autres productions du sol, animales ou végétales.

Un système agro-forestier présente les caractères suivants :

- Il implique au moins deux espèces dont au moins un ligneux pérenne à usages multiples.
- Il y a toujours une interaction biologique et/ou économique entre les arbres et arbustes et les plantes de culture et les animaux.
- Il donne au moins deux produits ; mais le choix des arbres et arbustes à usages multiples fait que ce système fournit plusieurs produits (bois, fruits,

fourrages, produits agricoles, etc.) ce qui contribue à accroître la stabilité de l'approvisionnement alimentaire.

- Son cycle est supérieur à un an.
- Il est plus complexe écologiquement (par sa structure et ses fonctions) et économiquement qu'un système de monoculture.

Les systèmes agro-forestiers jouent un rôle important dans la conservation du sol. En effet, les ligneux, par leur feuillage, protègent le sol du choc des gouttes de pluie, et permettent ainsi de réduire l'érosion. Mais aussi, par le chevelu de leurs racines ils ameublissent le sol et facilitent la pénétration de l'eau du sol. Par leurs racines, ils exploitent le sol en profondeur et remontent des nutriments jusque dans leurs feuilles, qui, en se décomposant à la surface du sol, les mettent à la disposition des cultures.

Certains ligneux, notamment des Légumineuses, sont fixateurs d'azote atmosphérique et améliorent donc la fertilité du sol. Par la décomposition de leurs feuillages, les ligneux améliorent aussi la structure du sol par l'humus qui en dérive.

L'une des techniques agroforestières les plus prometteuses à ce sujet est la culture en allées qui consiste à intercaler une ligne de ligneux à usages multiples, de préférence fixateurs d'azote, entre quelques lignes d'une culture vivrière.

Rappelons ici, que les systèmes agroforestiers jouent un rôle important dans la lutte contre la désertification, en particulier les systèmes traditionnels adaptés depuis des siècles aux conditions écologiques et socio-économiques des zones arides et semi-arides. D'où l'importance de la réhabilitation de ces systèmes traditionnels en tant que moyen efficace de lutte contre la désertification et comme une forme durable d'exploitation des terres.

D – Les pratiques culturales en tant que moyen de conservation des sols cultivés

1. L'amélioration de la structure du sol

Un des premiers objectifs de l'amélioration des sols, du point de vue du contrôle de l'érosion est l'amélioration de la structure du sol et de sa stabilité, en vue d'augmenter l'infiltration de l'eau et l'amélioration de ses caractéristiques physiques. En effet, maintenir une bonne structure constitue probablement la partie la plus importante dans un programme d'aménagement d'un sol contre l'érosion. L'agriculteur ne peut avoir qu'une action très limitée sur la texture, la nature de l'argile et la profondeur du sol, alors qu'il peut grandement influencer la structure du sol. Dans ce domaine, la matière organique joue un rôle prépondérant, d'où l'importance de l'utilisation du fumier et des engrais verts dans l'amélioration de la structure du sol et de sa stabilité.

2. La fertilisation

Dans la planification d'un système de contrôle de l'érosion et de conservation de la fertilité des sols dans une ferme, le problème de la fertilisation équilibrée doit être mis au même plan que la rotation des cultures et des procédés mécaniques de protection des sols contre l'érosion. En effet, en améliorant la fertilité d'un sol par la fumure, on améliorera la croissance des plantes, lesquelles couvriront mieux le sol et donneront plus de déchets qui seront incorporés au sol après la récolte et on compensera les pertes d'éléments nutritifs exportés par les récoltes. Les engrais verts jouent un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols et leur protection contre l'érosion. Cependant, on ne peut pratiquer ce mode de fertilisation, en densité normale, qu'en régions humides, recevant en moyenne plus de 600 mm de pluies annuelles. Il y a une relation mutuelle entre la fertilisation et la conservation du sol, l'une bénéficiant de l'autre. L'effet de fertilisation ne se fait sentir que si le sol est protégé contre la dégradation physique et contre l'érosion.

3. Le travail du sol

Le travail du sol n'a qu'un faible avantage dans la conservation des sols. En rendant le sol plus perméable, il favorise la pénétration de l'eau et diminue le ruissellement, mais ce bénéfice est temporaire, car le sol lui-même devient plus sensible à l'érosion à la suite de la détérioration de la structure par destruction rapide de la matière organique.

Pour concilier les buts agronomiques recherchés par le travail du sol et les exigences de la conservation du sol, il est conseillé de faire ce qui suit :

- Ne pas travailler le sol d'une façon excessive. L'état motteux d'un sol est celui qui permet le mieux de lutter contre l'érosion.
- Travailler le sol quand il contient une quantité optimale d'humidité.
- Fournir au sol la matière organique pour compenser les pertes dues à l'oxydation.
- Adapter les façons culturales à la nature du sol (sol argileux, sol sableux).

4. La rotation des cultures

La rotation des cultures est un moyen efficace de lutte contre l'érosion et de conservation du sol. Elle doit être recommandée partout où faire se peut.

5. Le paillage (mulching)

Le paillage qui consiste à couvrir le sol par les résidus des récoltes est recommandé pendant la période où le sol reste nu et, par conséquent, soumis aux actions des forces érosives. Cette couverture du sol augmente la capacité d'infiltration et diminue le ruissellement et les pertes par érosion, pratiquement dans tous les cas, à la suite de l'amélioration des caractéristiques physiques du sol et de la diminution des chocs dûs aux pluies.

E – Les procédés de conservation du sol sur les pentes

1. Les travaux selon les courbes de niveau

La conduite des travaux de labour, semis, plantations et récolte selon les courbes de niveau constitue un moyen efficace de protection des pentes contre l'érosion

et de conservation du sol et de l'eau dans les terres cultivées de faible pente ne dépassant pas 4 %. Sur ces pentes, ce type de travail suffit généralement à empêcher l'érosion en couche que l'on ne remarque pas toujours dans ses débuts.

Si cette technique est suffisante pour protéger des sols perméables à pente ne dépassant pas 4 %, elle s'avère insuffisante pour protéger des sols peu perméables, même si leur pente ne dépasse pas 4 %, surtout dans les régions à moyenne et forte pluie. Dans ces conditions, on aura intérêt à faciliter l'infiltration de l'eau en effectuant un scarifiage profond ou un sous-solage selon les courbes de niveau

Dès que la pente du terrain dépasse 4 %, les travaux selon les courbes de niveau se révèlent insuffisants et il est nécessaire d'avoir recours à d'autres méthodes plus efficaces, telles que la culture en bandes alternantes et la construction des terrasses.

2. La culture en bandes alternantes

C'est un procédé de culture en bandes parallèles (le plus souvent parallèles aux courbes de niveau), deux bandes successives ne portant pas la même culture ou n'étant pas travaillées en même temps, de façon que l'eau concentrée sur l'une d'elles trouve un obstacle sur la bande immédiatement inférieure.

Cette technique est utilisée lorsque la pente du terrain augmente mais ne dépassant 10 % pour des sols mal drainés, 15 % pour des sols moyens et 20 % pour des sols bien drainés et résistants à l'érosion. Quand la pente est plus forte, ce procédé doit être combiné avec celui de la construction des terrasses. C'est l'un des procédés les plus efficaces de conservation du sol sur pente, parce qu'il réduit le ruissellement, facilite l'entretien du sol et les autres pratiques de conservation.

3. La construction des terrasses

Ce procédé est très efficace pour la conservation du sol et de l'eau. En effet, les terrasses permettent d'intercepter et de détourner l'écoulement superficiel de l'eau ou de le capter en augmentant la puissance d'absorption du sol pour l'eau. Lorsqu'elles sont bien construites, employées et entretenues d'une

manière rationnelle et que leur action est secondée par des cultures et des procédés de travail du sol qui ont fait leur preuve, les terrasses constituent l'une des méthodes les plus efficaces de contrôle de l'érosion qu'on puisse employer pour les terres cultivées sur les grandes pentes. Par contre, lorsqu'elles sont mal construites ou que leurs terres arables ne sont pas utilisées comme elles doivent l'être, elles accélèrent souvent le processus d'entraînement de l'eau au lieu de le retarder.

II – LA CONSERVATION DES RESSOURCES EN EAU

A – Introduction

Il est important de signaler que l'eau est un élément important à prendre en considération dans toute politique nationale d'aménagement intégrée des ressources naturelles pour un développement durable de l'agriculture. En effet, sans eau, pas d'agriculture, pas d'élevage, pas de forêts et pas de sociétés humaines stables, et il est indispensable que le planificateur, l'agriculteur, le forestier, le pastoraliste et l'aménagiste aient toujours dans l'esprit que l'eau constitue une *source rare* dans les pays arides, semi-arides et subhumides, et qu'elle doit être le fondement de toute stratégie de développement durable et la base de toute planification de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables.

Le champ d'application spécifique des ressources en eau embrasse tout ce qui a trait aux aménagements hydro-agricoles, mais également à toutes autres activités rurales consommatrices d'eau (alimentation en eau humaine et animale, activités artisanales, touristiques et industrielles consommatrices d'eau et/ou ayant une incidence sur la qualité de l'eau).

La disponibilité d'eau en quantités et qualités suffisantes pour les besoins des humains, des animaux et des végétaux dépend de nombreux paramètres de fonctionnement des écosystèmes naturels et des agrosystèmes, en particulier, le sol et la végétation naturelle et cultivée dont il faut tenir compte dans tout projet d'aménagement du territoire et d'exploitation des ressources naturelles.

L'inadéquation croissante entre la demande d'eau et la ressource disponible actuellement, surtout perceptible au travers des pénuries localisées, est l'un des défis importants auxquels sont confrontés la plupart des pays qui connaissent une augmentation de population rapide et des limitations climatiques permanentes, comme dans les zones arides et semi-arides. C'est pourquoi, la gestion rigoureuse des ressources en eau est une politique indispensable qui devra être appliquée dans ces pays, car l'eau bon marché se fera de plus en plus rare. Par exemple, la croissance démographique au Proche-Orient et en Afrique du Nord, qui est de l'ordre de 3.5 % est incompatible avec le maintien des prélèvements actuels par habitant et avec le prix trop bas de l'eau. L'indice d'exploitation des ressources en eau, c'est-à-dire le ratio ressources exploitées sur ressources renouvelables, tend à augmenter d'une façon drastique. C'est ainsi que les eaux souterraines diminuent d'un mètre par an dans la zone d'Alep, au Nord de la Syrie, en raison de leur surexploitation.

Cette appréciation globale est aggravée par le fait que les ressources les plus importantes ne sont pas toujours situées dans les régions de fortes densités de population, là où le besoin est le plus élevé. Aussi, de coûteux et importants programmes de transferts d'eau du bassin versant producteur vers la région de forte consommation sont-ils souvent nécessaires : en Syrie, par exemple, transfert des eaux du bassin de l'Euphrate vers les plaines et la ville d'Alep et au Maroc, de l'oued Tessaout vers la zone de Marrakech.

Il est utile de signaler que sur l'ensemble de la Région Méditerranéenne, les usages agricoles représentent en moyenne 80 % de la consommation d'eau.

B – Facteurs principaux de la surexploitation des ressources en eau

La surexploitation des ressources en eau tient à quatre facteurs principaux :

- Insuffisance des connaissances sur les conditions de renouvellement de la ressource en eau.
- Choix politique d'une utilisation minière d'aquifères fossiles pour la production agricole et la création de nouveaux établissements humains dans les

zones arides comme dans la région de Koufra en Lybie et en Arabie Saoudite. Dans de telles conditions, le développement agricole et rural va à l'encontre du concept de durabilité.

- Projection sous-estimée des besoins, surtout lors de la création des grands projets d'irrigation avec leurs établissements humains qui induisent d'autres besoins qui ne sont pas toujours suffisamment pris en considération : afflux de population, augmentation de la consommation *per capita*, modifications dans les rotations culturales et dans l'intensification de la mise en valeur, pertes incompressibles sur réseau et au champ, création d'infrastructures sanitaires et sociales et d'activités touristiques, artisanales et/ou industrielles.
- Gaspillage et mauvaise gestion : mauvaise conception, réalisation et entretien des réseaux d'irrigation et de drainage.

C – Spécialité des ressources en eau dans les pays à aridité climatique

Gérer les ressources en eau revient essentiellement à adapter l'offre et la demande, en quantité et en qualité, dans l'espace et dans le temps. Dans la Région Méditerranéenne, par exemple, cette entreprise peut se révéler particulièrement ardue devant la rareté et la variabilité spectaculaire des ressources en eau, d'une part, et l'augmentation rapide et discordante de leur utilisation de l'autre. Les difficultés apparaissent surtout en termes de quantité et de qualité des eaux. La pollution des eaux entraîne non seulement de sérieux problèmes pour l'environnement, mais pour l'approvisionnement des utilisateurs.

Il est évident que dans la Région Méditerranéenne l'eau constitue un handicap pour la croissance économique et le développent social. Ce handicap ne s'exprime pas seulement en termes de pénurie, mais aussi en termes d'énormes fluctuations saisonnières entre l'offre et la demande. Des étés longs et secs, surtout en Méditerranée Orientale, suivis d'hivers courts et humides sont la caractéristique essentielle du climat méditerranéen. Dans de nombreux pays, 80 à 90 % des pluies interviennent sur deux ou trois mois de l'année. Ce phé-

nomène typiquement méditerranéen est encore aggravé par une variation saisonnière analogue de la demande. L'agriculture et le tourisme font augmenter les besoins au printemps et en été, lorsque l'eau se fait plus rare. La consommation domestique s'accroît elle aussi en période sèche et chaude.

Toute politique d'utilisation rationnelle de l'eau et de la protection de l'environnement en Méditerranée doit tenir dûment compte de cette spécifié des ressources en eau.

La gestion de ces ressources doit tenir compte des risques potentiels d'érosion du sol, pour trois raisons : (a) l'eau est le principal agent, (b) elle entraîne la désertification, ce qui modifie profondément les rapports entre le sol et l'eau, (c) elle fait charrier aux cours d'eau des alluvions qui rompent l'équilibre dynamique de leurs lits et envasent dangereusement réservoirs et estuaires.

Il faut souligner le rapport qui existe entre la gestion des ressources en eau et l'aménagement du territoire qui prend une importance particulière en Région Méditerranéenne. En effet, pour diverses raisons économiques, sociales et culturelles, la population rurale méditerranéenne est souvent attirée vers les zones métropolitaines, ce qui provoque et accentue le contraste entre grandes villes et petites collectivités rurales. L'approvisionnement en eau de toute grande agglomération pose des problèmes, tout comme le traitement des eaux usées. Mais les villes en expansion rapide et anarchique sont elles, le véritable cauchemar des planificateurs, surtout lorsqu'il s'agit des ressources en eau. Leur aménagement devra aller de pair avec l'aménagement des sols et dans un cas, comme dans l'autre, la planification est essentielle pour devancer les problèmes.

Toutes ces questions relatives à l'eau et aux eaux usées sont autant d'arguments en faveur d'une gestion intégrée des ressources, au niveau de la quantité et de la qualité. Intégrée par rapport aux autres ressources naturelles, principalement celles du sol ; intégrée dans l'espace, le bassin fluvial représentant la base de la planification et de la gestion ; intégrée dans le temps, avec des échéances à court, moyen et long terme ; intégrée dans l'ensemble

des usages et du développement considéré comme un tout et intégrée à tous les niveaux de l'administration, national, régional et local.

Il convient d'évoquer ici les changements du climat méditerranéen à cause de « l'effet de serre » qui est dû au fait que les quantités de CO_2 ont doublé dans l'atmosphère. Cependant, cet effet de serre n'a pas été clairement mesuré et il n'a pas été aisé de coupler des modèles valables de circulation générale et des modèles hydrologiques. D'importantes recherches s'imposent avant de pouvoir tirer des conclusions définitives. Compte tenu, toutefois, des résultats actuels, il y a lieu de s'attendre, dans la Région Méditerranéenne, à des fluctuations climatiques plus prononcées, assorties d'une répartition plus inégale des ressources en eau et d'une sensibilité accrue à l'érosion et à la désertification (10). Les changements du climat affecteront aussi les régions côtières par suite de l'élévation du niveau de la mer. Des inondations pourront se produire en plaine et certaines régions du littoral, notamment les basses terres et les zones humides autour des estuaires, seront menacées.

D – Impacts environnementaux et socio-économiques des grands barrages

En général, les impacts environnementaux et socio-économiques d'un barrage sont d'autant plus forts qu'il intéresse un bassin versant plus vaste, un cours d'eau plus puissant et qu'il contrôle une part plus importante des écoulements, comme le barrage d'Assouan sur le Nil en Egypte et le barrage Attabka sur l'Euphrate, en Syrie.

La réalisation des barrages, en particulier dans les zones arides et semi-arides présente des conséquences bénéfiques qui constituent autant d'*impacts positifs* (production d'énergie hydroélectrique ; diminution, voire suppression des risques d'inondations à l'aval ; régularisation des lâchers ; création de réseaux d'irrigation et intensification de la production agricole, etc.

Cependant, l'expérience en Région Méditerranéenne a montré que la construction de grands barrages n'a jamais procuré tous les effets attendus en matière

d'augmentation des revenus agricoles et a considérablement perturbé ces écosystèmes naturels dont l'Homme tirait divers profits depuis des générations. Elle a même créé de nouveaux problèmes environnementaux et socio-économiques qui constituent autant d'*impacts négatifs* dont les principaux sont les suivants :

1. **À l'amont de l'ouvrage :**
   - Disparition de sites historiques, d'établissements humains, de terres agricoles, de zones forestières et pastorales.
   - Ennoiement de tronçons de routes et voies ferrées ou autres infrastructures.
   - Modifications de la faune halieutique et plus généralement modification des milieux biologiques associés aux eaux de surface.
   - Risques de dégradation du lac de barrage pouvant aller jusqu'à l'eutrophication.
   - Risques de propagation des maladies transmises par l'eau : bilharziose, paludisme, leischmaniasis, etc.

2. **À l'aval de l'ouvrage :**
   - Modification des débits, du système des crues et des conditions d'alluvionnement.
   - Effets physiques et biologiques le long de l'axe d'écoulement du fleuve et particulièrement dans la zone de contact eau douce-eau marine.
   - Diminution de la production de phytoplancton ainsi que des ressources halieutiques associées, comme dans la partie marine de l'estuaire du Nil, après la construction du barrage d'Assouan.
   - Des remontées d'eau saumâtre peuvent avoir lieu dans la partie aval de certains fleuves pendant les périodes d'étiage à cause de la diminution des crues, comme c'est le cas du Chattel Arab en Irak, du fait que les deux fleuves qui le constituent, le Tigre et l'Euphrate, sont équipés, très en amont, de plusieurs barrages régulateurs, en Turquie, en Syrie, et en Irak et que les périmètres d'irrigation dans ces trois pays consomment une partie importante du débit pendant les périodes de basses eaux.
   - Perturbation des écosystèmes adaptés aux crues.

- Une mauvaise gestion des terres agricoles, des forêts et des parcours aboutit à une érosion accélérée des sols et provoque :
- une turbidité des eaux ;
- l'envasement prématuré des retenues de barrage, diminuant ainsi leur durée de vie et leur capacité de stockage et nécessitant des travaux de nettoyage onéreux ;
- l'envasement des réseaux d'irrigation et de drainage, alourdissant ainsi les charges d'entretien.
- Modification de la biodiversité de la faune, de la flore et de la végétation à cause des perturbations de l'environnement, du fait de la régression des zones aquatiques.
- Effets négatifs sur la réalimentation des nappes phréatiques des plaines, à cause de la diminution des crues.
- Dans les zones arides et semi-arides où les eaux possèdent un taux moyen de salinité non négligeable, la suppression des crues a pour effet direct : la salinisation des sols par les remontées salines dans le sol, une baisse de la nappe phréatique et sa salinisation et une perturbation de la production agricole, comme dans le cas des palmeraies et de l'agriculture oasisienne dans la région de Tafilalet au Maroc après la construction du barrage de l'oued Ziz.
- Risques de propagation des maladies transmises par l'eau comme la bilharziose, la leishmaniasis, le paludisme à cause d'une mauvaise gestion des eaux et des déchets, comme il a été observé dans les périmètres d'irrigation dans la vallée de l'Euphrate en Syrie et en Irak et dans la vallée du Nil en Egypte et au Soudan (11). Sur les 900 000 ha. de terres irriguées de la Gesireh au Soudan, la contamination par la bilharziose est de l'ordre de 60 à 70 % ; elle touche plus de 90 % des enfants scolarisés (9).
- Le barrage empêche la transhumance et la reproduction de certaines espèces de poissons, à moins de mettre en place des échelles à poissons.

Les impacts négatifs de la construction des barrages peuvent être allégés par des techniques préventives qui doivent privilégier les études préliminaires des

systèmes hydrologiques et les impacts potentiels représentés par les aménagements projetés. Des études d'impact sur l'environnement de la construction des barrages doivent être réalisées avant la réalisation du projet, en vue de porter au minimum les impacts négatifs et de trouver des alternatives qui permettent de satisfaire les constructeurs du barrage et dans le même temps protéger l'environnement, aidant ainsi à poursuivre une politique d'agriculture durable en aval et en amont du barrage.

E – Amélioration de l'utilisation de l'eau et des terres pour une agriculture durable

Il est reconnu que la production durable d'aliments dépend de façon croissante d'une utilisation sage et efficace de l'eau et de pratiques de conservation de l'eau qui comprennent avant tout le développement rationnel de l'irrigation et de la gestion de l'eau dans les zones à agriculture pluviale.

Le Programme International d'Action pour l'Eau et l'Agriculture Durable (ISAP-WASAD) initié en coopération avec d'autres organismes internationaux reflète la stratégie concernant l'eau et l'agriculture durable. L'objectif principal de ce programme est d'aider les pays membres à planifier, développer et gérer les ressources en eau d'une manière intégrée, afin de satisfaire leurs besoins actuels et futurs pour un développement agricole durable en utilisant une approche souple compatible avec les politiques et les besoins des gouvernements nationaux. Ce programme – cadre d'action est centré sur les cinq domaines prioritaires suivants :

– utilisation efficace de l'eau, engorgement, salinité et drainage ;
– gestion de la qualité de l'eau ;
– programmes hydrauliques à petite échelle ;
– gestion des ressources en eau rares ; et
– augmentation des capacités nationales.

L'ISAP-WASAD reconnaît l'importance d'une *approche globale* de la gestion des ressources en eau pour satisfaire les besoins du développement agricole et

rural. Il prône le développement intégré de l'agriculture irriguée et pluviale, l'élevage, la pisciculture et l'agroforesterie. Il souligne l'importance de la conservation des eaux et du sol et de la protection de l'environnement.

III – LA CONSERVATION DES RESSOURCES GÉNÉTIQUES ET DE LA BIODIVERSITÉ

A – Définitions

La conservation des ressources génétiques vise à assurer que soit identifiée et conservée la gamme la plus étendue possible de variation génétique pour une espèce donnée. La conservation *in situ* des ressources génétiques exige l'aménagement systématique d'espèces cibles clairement définies dans un réseau d'aires de conservation ou de zones de ressources aménagées. Elle devrait viser à sauvegarder ou à renforcer la variation intraspécifique des espèces en question. Le premier but de la conservation des ressources génétiques n'est donc pas de délimiter, mettre en défens et surveiller des zones protégées renfermant des ressources génétiques, mais bien plutôt de préserver la *variabilité génétique* d'espèces cibles dans une multitude d'utilisations du territoire économiquement et sociablement acceptables. Il peut s'agir de zones strictement protégées, de réserves à usages multiples, de zones aménagées pour la foresterie, l'agroforesterie, le pastoralisme et l'agriculture.

Il devrait être possible de faire cohabiter conservation des ressources génétiques et utilisation durable d'une grande partie des terres d'un pays en incluant une composante conservation génétique d'espèces cibles dans les stratégies de planification et de gestion de l'utilisation des terres.

La conservation de la biodiversité porte sur toute la gamme des espèces végétales ou animales et leurs relations mutuelles dans l'écosystème. Les objectifs peuvent facilement se confondre, car les écosystèmes naturels sont eux-mêmes en perpétuelle mutation, avec de nouvelles espèces qui sont introduites ou qui évoluent. Par exemple, le nombre d'espèces présentes dans une

forêt climacique est très inférieur à celui des stades sériels intermédiaires. Il est donc indispensable de préciser si le système d'aménagement entend bloquer la diversité biologique dans son stade actuel, établir un nouvel équilibre ou bien laisser la nature suivre son cours. En tout état de cause, il faudra obtenir l'assentiment et la collaboration des populations autochtones si l'on veut mener à bien l'aménagement des zones à protéger aux fins de protéger à long terme la diversité biologique et les ressources génétiques. Tenter d'évincer les gens des zones dont ils dépendent pour leur nourriture, leur combustible et d'autres biens ne peut que se solder par un échec. Les populations locales doivent participer dès la planification et jusqu'à la phase finale du système d'aménagement, et pouvoir en tirer des bénéfices tangibles. Si on les force à renoncer à des avantages ou à des droits d'accès existants, on devra les dédommager convenablement.

Il ressort de ce qui précède que la conservation de la diversité biologique et la conservation des ressources génétiques sont deux concepts distincts, car l'action ne se situe pas au même niveau : au niveau de l'écosystème dans un cas, et au niveau de l'espèce dans l'autre. Il est, par exemple, parfaitement possible de conserver un écosystème ou une espèce et de perdre la diversité génétique ; *vice versa* on peut conserver la diversité génétique alors que diminue le nombre d'espèces dans l'écosystème.

B – Comment peut-on concevoir la conservation de la biodiversité et des ressources génétiques pour une agriculture durable, le bassin méditerranéen pris comme exemple ?

La Bassin Méditerranéen est caractérisé par une grande diversité écologique, ce qui a permis l'émergence d'un grand nombre d'espèces et d'écosystèmes. La région est caractérisée aussi par un climat irrégulier du point de vue pluviométrique et thermique, ce qui contribue à amplifier la diversité. Mais, dans le même temps, cette irrégularité climatique rend les écosystèmes méditerranéens plus ou moins fragiles, en particulier dans les zones arides et semi-arides.

Cette diversité biologique accompagnée d'une grande richesse en espèces végétales et animales a probablement aidé à l'épanouissement des différentes civilisations qui ont pris naissance dans cette région, et en Méditerranée Orientale, en particulier.

L'Homme méditerranéen a découvert l'agriculture et domestiqué un grand nombre d'espèces végétales et animales. Il a aussi colonisé tous les milieux, et il est difficile maintenant de trouver dans le Bassin Méditerranéen des zones encore non anthropisées ou n'ayant pas connu l'influence humaine.

Le développement des activités humaines était au début une source de diversité à travers la création de nouveaux biotopes et de nouveaux taxons, en particulier ceux utilisés en agriculture pour l'alimentation humaine. Mais, graduellement et avec le temps, l'utilisation de ces mêmes taxons sur grande échelle a causé une homogénéisation de vastes régions agricoles et, par conséquent, contribuer à la diminution de la diversité initiale. Il est utile d'indiquer que cette situation fragilise la production agricole, ce qui nécessite une révision des modèles présents de production et des différentes variétés utilisées dans cette production, qui deviennent de plus en plus uniformes. Il y a une *simplification des ressources génétiques utilisées en agriculture*, ce qui se répercute sur la durabilité des systèmes de production agricole.

Il faut signaler que l'intensification de la production agricole qui a commencé depuis le 19^{e} siècle, dans la partie Nord de la Méditerranée et depuis la première moitié du 20^{e} siècle dans sa partie mériodionale et orientale, a eu pour résultat la généralisation de pratiques qui tendent à rendre l'environnement plus productif. L'utilisation d'engrais chimiques, l'irrigation, le drainage, les pesticides, etc. tendent à homogénéiser et standardiser les systèmes agricoles. Il en est résulté la disparition d'espèces herbacées appelées « mauvaises herbes » et d'insectes utiles, sans mentionner les effets, encore peu connus, de ces pratiques sur la flore et la faune du sol, ce qui fragilise les systèmes agricoles.

La standardisation et l'homogénéisation des systèmes agricoles facilitent l'invasion des champs par des espèces allochtones qui profitent de la diminution de la résilience de ces espèces et deviennent ainsi des pestes majeures.

En optant pour une production agricole de plus en plus élevée, l'agriculture intensive a eu pour conséquence la limitation du nombre de variétés et de races végétales et animales, avec une préférence pour celles sélectionnées pour leur haut rendement.

En outre, l'utilisation irrationnelle des zones de pâturage depuis des siècles en zone méditerranéenne a causé une dégradation sérieuse et quelquefois irréversible de la végétation naturelle, avec pour conséquence une perte de la biodiversité, du fait de la disparition d'espèces animales et végétales, à la suite de la dégradation de leurs habitats.

De plus, la disparition des haies et d'habitats variés a abouti, et pourra aboutir aussi, à une perte de biodiversité à l'échelle régionale.

Une agriculture raisonnée qui n'est pas uniquement basée sur un profit immédiat de l'utilisation des ressources naturelles, pourra jouer un rôle important dans l'amélioration de la biodiversité. C'est ainsi que l'utilisation des variétés locales traditionnelles pourra améliorer la conservation *in situ* des stocks de gènes qui sont très bénéfiques pour l'agriculture présente et future, tout en conservant le goût et le parfum traditionnels de ces variétés auxquels le consommateur est habitué. Ces gènes peuvent être utilisés pour améliorer les variétés à hauts rendements, en ce qui concerne leur résistance aux maladies et insectes. Le mélange d'espèces et de variétés dans le même champ ou dans une petite région réduira les risques d'invasion des pestes des cultures. La conservation de paysages variés, haies et corridors aidera à améliorer la biodiversité et facilitera, par exemple, la survie d'insectes utiles pour la lutte biologique contre les insectes ravageurs des cultures.

Enfin, l'utilisation de variétés adaptées aux conditions locales pourra réduire l'utilisation des engrais et des pesticides et, par conséquent, diminuer le risque de pollution de l'environnement.

Entre la surexploitation et l'abandon, il y a probablement des procédés qui améliorent la conservation de la biodiversité qui est une ressource potentielle pour l'agriculture, spécialement dans les zones très modelées par l'Homme, comme le Bassin Méditerranéen, sa partie orientale, en particulier.

La question que nous pouvons poser ici est la suivante : *Est-il possible d'envisager une agriculture orientée en vue d'un développement durable autour de la Méditerranée et, en particulier, dans sa partie orientale ?*

Une agriculture qui respecte l'environnement ne devrait pas être synonyme « d'agriculture à peu de profits », c'est pourquoi, l'utilisation de variétés moins performantes est difficile à envisager en dehors d'un contexte économique plein d'entrain avec des secteurs de production et de marketing bien structurés, une agriculture organique, ainsi que des groupes de producteurs et de consommateurs qui recherchent une forme différente de la qualité.

Quelle carte peut jouer un producteur de variétés locales dans le contexte actuel pour regagner des surfaces abandonnées et conserver la diversité des paysages créés par l'Homme ? Les systèmes de production traditionnels qui conservent un certain degré de diversité, peuvent-ils être considérés comme un héritage ? Comment peut-on les évaluer et contrôler leur changement à temps ? Dans quelle mesure la lutte chimique contre les pestes peut-elle être remplacée par la gestion intégrée, ou même, par la lutte biologique, ce qui permettra de favoriser dans l'environnement, les interactions biologiques par rapport aux interactions chimiques ? Est-il possible de ne pas se contenter de réhabiliter la fonction pastorale des terrains de parcours dégradés, mais de restaurer, en même temps, sa diversité primitive ? Quel rôle joue la biodiversité dans la stabilité de ces écosystèmes ? Comment peut-on la prendre en considération dans la restauration des écosystèmes dégradés ?

La réponse à ces questions demande des études pluridisciplinaires, interdisciplinaires et transdisciplinaires visant l'exploitation rationnelle et durable des ressources naturelles renouvelables avec la participation des communautés, aussi bien au niveau national que local.

C – La sauvegarde du fonds génétique

La sauvegarde du fonds génétique animal et végétal est indispensable pour l'agriculture, donc pour la subsistance d'une population en croissance rapide.

En effet, les plantes cultivées et les animaux domestiques proviennent de souches sauvages dont le maintien est nécessaire pour l'amélioration des variétés sélectionnées par l'Homme. *La résistance aux diverses maladies s'est affaiblie chez de nombreuses variétés à haut rendement, et pose dans certaines cultures, dès à présent, de sérieux problèmes. Seul le recroisement avec une souche sauvage permettra de restaurer le caractère de résistance perdu par une trop grande consanguinité.*

De façon générale, ce sont les souches sauvages, non sélectionnées, qui offrent la plus grande probabilité de présenter le caractère adaptatif recherché par le sélectionneur. Or, de telles souches végétales ou de telles races animales ne peuvent être cultivées dans des champs ou élevées en enclos sous peine de perdre rapidement leur variabilité. Leur survie n'est possible que dans leurs écosystèmes originels, exposés aux divers facteurs écologiques qui les caractérisent, d'où la nécessité de préserver leur habitat primitif.

La sauvegarde du fonds génétique implique donc la *conservation, non seulement de spécimens, mais aussi de populations assez nombreuses d'espèces voisines*, la valeur de chaque gène se définissant par l'ensemble de la population au sein de laquelle il est échangé.

La préservation de ce stock génétique est primordial pour l'amélioration des plantes cultivées des animaux domestiques.

Enfin, parmi les innombrables espèces végétales et le grand nombre d'oiseaux et de mammifères décrit à l'heure actuelle, il est fort surprenant que l'Homme n'utilise qu'un très faible nombre d'animaux et de plantes à des fins agronomiques. Les générations futures sauront, très probablement, tirer un bien meilleur parti des nombreuses espèces vivantes considérées à l'heure actuelle comme inutiles.

Par conséquent, *la protection des espèces végétales et animales existantes, constitue une impérieuse nécessité pour le développement rural et agricole durable aussi bien à l'heure actuelle qu'à l'avenir.*

D – La conservation des ressources biologiques et leur utilisation durable

1. Le concept de réserves de la biosphère

Les réserves de la biosphère sont des aires protégées sur des écosystèmes ou une combinaison d'écosystèmes terrestres et côtiers/marins, reconnues au niveau international dans le cadre du Programme de l'UNESCO, sur l'Homme et la Biosphère (MAB)[1]. Les réserves sont proposées par les gouvernements nationaux, chacune d'entre elles devant répondre à un minimum de critères et remplir un minimum de conditions avant d'être admise dans le Réseau Mondial de Réserves de la Biosphère.

Les réserves de la biosphère sont destinées à remplir trois fonctions complémentaires : (a) une fonction de *conservation*, pour préserver les ressources génétiques, les espèces, les écosystèmes et les paysages, (b) une fonction de *développement*, pour encourager un développement économique et humain *durable*, et (c) une fonction de *support logistique*, pour soutenir et encourager les activités de recherche, d'éducation, de formation et de surveillance continue, en relation avec les activités d'intérêt local, national et global, visant à la conservation et au développement durable (23).

Concrètement, chaque réserve de la biosphère devrait contenir trois éléments : une, ou plusieurs, *aire(s) centrale(s)* bénéficiant d'une protection à long terme et permettant de conserver la diversité biologique, de surveiller les écosystèmes les moins perturbés, et de mener des recherches et autres activités peu perturbantes (éducation, par exemple) ; une *zone tampon*, bien identifiée, qui normalement entoure ou jouxte les aires centrales, utilisées pour des activités de coopération compatibles avec des activités de coopération et des pratiques

1. Man and Biosphere.

écologiquement viables, y compris l'éducation relative à l'environnement, les loisirs, l'écotourisme et la recherche appliquée et fondamentale ; et une *zone de transition* flexible (ou aire de coopération ou de développement) qui peut comprendre un certain nombre d'activités agricoles, d'établissements humains ou autres exploitations, et dans laquelle les communautés locales, agences de gestion, scientifiques, organisations non gouvernementales, groupes culturels, intérêts économiques et autres partenaires travaillent ensemble pour gérer et développer durablement les ressources de la région. Ces trois zones, bien que conçues à l'origine comme une série de cercles concentriques, ont été mises en place sous des formes très variées afin de s'adapter aux conditions et aux besoins locaux. En fait, l'une des grandes forces du concept de réserves de la biosphère réside dans la flexibilité et la créativité avec lesquelles il a été mis en œuvre dans les situations très diverses. Les statuts de propriété peuvent aussi varier. Dans la plupart des cas, les aires centrales des réserves de la biosphère sont des terres publiques, mais elles peuvent aussi appartenir à des propriétaires privés ou à des organisations non gouvernementales. Dans beaucoup de cas, la zone tampon appartient à des particuliers ou des communautés, ce qui est généralement aussi le cas des zones de transition.

Les réserves de la biosphère sont conçues pour répondre à une des questions les plus essentielles qui se posent au monde d'aujourd'hui : *comment concilier la conservation de la biodiversité et des ressources biologiques avec leur utilisation durable ?* L'efficacité d'une réserve de la biosphère implique que les scientifiques en sciences naturelles et sociales, les groupes de conservation et de développement, les autorités gestionnaires et les communautés locales travaillent tous ensemble sur cette question si complexe.

2. La stratégie de Séville pour les réserves de la biosphère

La convention sur la diversité biologique signée au « Sommet de la terre », à Rio de Janeiro en juin 1992, a pour objectifs principaux la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et

équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. Les réserves de la biosphère favorisent cette approche intégrée et se trouvent bien placées pour contribuer à la mise en œuvre de la conservation (23).

La conférence internationale sur les réserves de la biosphère, organisée à Séville (Espagne) du 20 au 25 Mars 1995, a élaboré une stratégie qui présente une vision pour le 21e siècle en ce qui concerne le développement des réserves de la biosphère qui seront, non seulement un moyen de permettre aux populations qui y vivent, ou qui vivent dans leur périphérie, de s'épanouir en équilibre avec le milieu naturel, elles vont également contribuer aux besoins de la société en général, en montrant la voie d'un avenir plus durable.

Les réserves de la biosphère devraient contribuer à la préservation et à l'entretien des valeurs culturelles, grâce à une gestion durable, s'appuyant sur des bases scientifiques correctes et une créativité culturelle. Le Réseau Mondial de Réserves de la Biosphère, fonctionnant selon la stratégie de Séville, constitue un instrument d'intégration qui peut contribuer à instituer une plus grande solidarité entre les peuples et les nations du monde.

La stratégie de Séville pour les réserves de la biosphère a prévu au niveau national les principaux objectifs suivants :

- Intégrer les réserves de la biosphère dans les stratégies de conservation et d'exploitation durable de la biodiversité, dans les plans concernant les zones protégées et dans les stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité.
- Utiliser les réserves de la biosphère pour la conservation *in situ* des ressources génétiques, y compris les espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées et domestiques.
- Identifier et encourager des activités compatibles avec les objectifs de conservation, par le transfert de technologies appropriées, intégrant les connaissances traditionnelles et de nature à promouvoir le développement durable dans les zones tampon et de transition.
- Intégrer les réserves de la biosphère dans les programmes de recherches régionaux et nationaux, et assurer la liaison de ces activités avec les poli-

tiques nationales et régionales en matière de conservation et de développement durable.

- Encourager les initiatives du secteur privé, visant à créer et à maintenir des entreprises durables du point de vue environnemental et social, dans les zones appropriées de la réserve de la biosphère et aux alentours, afin de stimuler le développement local.

3. Principes de base pour un développement durable des réserves de la biosphère

a – Faire de la réserve de la biosphère une entité territoriale pleinement fonctionnelle tant pour la protection de la biodiversité (dans la zone centrale) que pour le développement rural et agricole durable (dans la zone tampon et la zone de transition).

b – Poursuivre des recherches d'accompagnement et des observations de surveillance continue des paramètres dominants de l'environnement afin d'accroître nos connaissances sur les écosystèmes naturels et les agrosystèmes qui le composent, d'arrêter la dégradation des ressources naturelles et promouvoir l'exploitation rationnelle de ces ressources. Une réserve de la biosphère fonctionnelle peut devenir un laboratoire de terrain pour un développement rural et agricole durable.

c – Contribuer, par des opérations pilotes intégrées, menées dans la zone de transition de la réserve, à la mise en valeur rationnelle des ressources naturelles (agriculture, foresterie, agroforesterie, pastoralisme, tourisme, etc.) pour le bénéfice des communautés locales.

d – Favoriser l'adhésion et la participation des communautés rurales au projet de développement dans la réserve de la biosphère tout en favorisant la protection de la biodiversité. Pour susciter les populations locales à adhérer au projet, il faut penser à améliorer leurs niveaux de vie par tous les moyens disponibles dans la région.

e – Développer l'éducation, la formation socioprofessionnelle, la vulgarisation et la sensibilisation des populations locales vivant à l'intérieur et autour de la réserve.

IV – L'AMÉNAGEMENT DURABLE DES FORÊTS

Le concept de durabilité a toujours été profondément enraciné dans la forêt et chez les forestiers, mais sous la forme de *rendement soutenu de bois*. On y est parvenu en maintenant l'équilibre entre les volumes à exploiter et ceux qu'auraient produit la régénération et la plantation. L'aménagement durable des forêts pour la production de bois se fondait sur un principe d'une simplicité trompeuse. Tout ce qu'il fallait faire, c'est exploiter le bois à un rythme annuel moyen qui ne dépasse pas le taux de régénération de la forêt en question.

Visant en premier lieu la production, cet aménagement néglige les problèmes plus généraux, à savoir les fonctions écologiques et sociales de la forêt, avec lesquelles il n'est souvent compatible qu'accidentellement, sinon en désaccord.

Une façon de corriger ces distortions est d'élargir le concept de rendement soutenu du bois à la gestion durable de l'écosystème forestier. De nombreux efforts sont déployés aujourd'hui afin de mettre au point, des technologies nécessaires pour gérer les forêts comme des *écosystèmes* et pour protéger leur valeur en tant que source de diversité biologique, d'habitat pour la faune sauvage et pour les populations autochtones, de réservoirs de carbone et de régulateurs du débit des cours d'eau et du climat.

La notion d'*aménagement forestier durable* a évolué ces dernières années et embrasse maintenant toutes les fonctions de la forêt. Il est perçu désormais comme un aménagement polyvalent de la forêt qui produira non seulement du bois d'œuvre sur une base durable, mais continuera de fournir à ses habitants et à ceux qui vivent aux alentours du bois de feu, des aliments et d'autres biens et services. En outre, la forêt maintiendra son rôle dans la conservation des sols et de l'eau, des ressources génétiques et de la diversité biologique ainsi que dans la protection de l'environnement dans son ensemble.

L'aménagement durable des forêts recouvre donc trois dimensions : *une dimension écologique* visant la conservation perpétuelle des ressources, *une dimension économique* qui embrasse la production des denrées et de services et *une dimension sociale* qui fait intervenir les populations dans les processus décisionnels concernant la gestion des forêts et la répartition des avantages forestiers.

Mis en œuvre selon cette définition élargie aux différentes fonctions de la forêt, l'aménagement forestier[2] représente un progrès immense par rapport au concept classique de l'aménagement des forêts pour la production de bois et services. Cependant, on risque de l'interpréter comme une limitation de cet aménagement aux seules zones où un rendement durable des produits et services forestiers est, du moins en principe, réalisable, en laissant de côté les zones où les forêts disparaissent du fait de l'empiétement et du défrichage à des fins agricoles, où le surpâturage interdit la régénération des arbres et où l'abattage pour la production de charbon de bois et de bois de feu entraîne la dégradation ou la disparition des forêts claires comme dans les zones méditerranéennes et tropicales.

C'est précisément dans ces zones que se fait davantage sentir l'urgence d'aménager la forêt naturelle résiduelle sur une base durable.

Pour s'attaquer à ces problèmes, il conviendra d'adopter une *approche globale*, qui comprendra la planification de l'utilisation des terres et les questions plus générales de développement rural et agricole. Dans ce cadre, l'aménagement forestier durable devient une activité à plusieurs facettes. Il tiendra, en premier lieu, à améliorer les moyens de subsistances des générations présentes, tout en préservant le patrimoine forestier pour les générations à venir.

2. Selon la définition officielle de la FAO, « l'expression aménagement forestier » recouvre tous les aspects administratifs, économiques, juridiques, sociaux, techniques et scientifiques de la conservation et de l'utilisation des forêts. Elle implique divers degrés d'intervention humaine délibérée, allant de la sauvegarde et de l'entretien de l'écosystème forestier et de ses fonctions à intérêt particulier pour certaines espèces précieuses sur le plan social ou économique, visant à améliorer la production des biens et des services liés à l'environnement.

En outre, le potentiel forestier devra s'inscrire dans le contexte plus général du développement rural et agricole, où l'affectation des terres à différents usages fait partie d'un processus dynamique, mais qui sauvegrade l'équilibre entre les formations forestières et les autres formes d'utilisation des terres dans lesquelles les arbres jouent un rôle.

Enfin, les communautés locales devront être associées au projet d'aménagement des forêts depuis sa conception et dans ses différentes phases d'exécution et de suivi-monitoring.

En effet, les populations vivant dans les forêts et aux alentours, et même celles qui habitent loin, doivent prendre part aux décisions sur leur gestion et sur la répartition des coûts et bénéfices. La forêt doit être aménagée désormais *avec* et non plus *pour* les populations. Gérer les forêts avec les populations signifie dialoguer avec les populations et profiter de leur connaissance et expériences locales, ce qui nécessite aussi l'extension de la responsabilité de la forêt aux sociologues qui auront à travailler avec les techniciens forestiers pour la gestion durable des forêts.

De cette façon, l'aménagement durable des forêts, non seulement comportera la planification de la production de bois à des fins commerciales, mais constituera aussi un moyen de répondre aux besoins locaux en bois de feu, perches, aliments, fourrages et autres. Il comprendra aussi la protection ou la mise en défens de certains espaces pour y créer des réserves pour la protection des plantes et des animaux en danger, ou des lieux de loisirs et de sauvegarde de l'environnement. Il concernera aussi la conversion des terres forestières à l'agriculture et à d'autres usages, et assurer sa réalisation planifiée et contrôlée.

Il couvrira, en outre, la régénération de terres incultes et des forêts dégradées, l'intégration des arbres dans le paysage et la promotion de l'agroforesterie.

Il est utile de signaler ici que l'aménagement durable des forêts a un rôle vital à jouer dans le bien-être et le développement harmonieux de l'humanité toute

entière dans les décennies à venir, ce qui lui donne une importance particulière au niveau de la planète pour la conservation des ressources forestières mondiales.

Les activités humaines ont modifié la composition de l'atmosphère, et ces changements, en dépassant la capacité de défense des écosystèmes du monde, auront un impact notable sur l'écosystème forestier. Il faudra que les pratiques d'aménagement des forêts s'adaptent à ces changements.

En effet, tous les modèles de circulation générale pour mieux comprendre les changements climatiques, notamment en présence de niveaux élevés de CO_2, indiquent que le climat tend vers un réchauffement du globe. On s'attend à ce que les précipitations s'accroissent légèrement, mais l'effet net sera une augmentation sensible du taux d'évaporation dans les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord.

Cette conclusion doit nous orienter dans les actions futures de l'aménagement forestier en vue d'activer la fixation du carbone de l'atmosphère par les forêts et les plantations forestières pour qu'elles puissent jouer un rôle plus efficace dans l'absorption du CO_2 et par conséquent, limiter le réchauffement de l'atmosphère.

V – L'AMÉNAGEMENT DURABLE DES PÂTURAGES NATURELS

A – Buts

Les pâturages naturels sont les terrains de parcours utilisés pour le pacage des animaux et se rapportant aussi bien à la prairie (constituée de graminées vivaces), à la lande découverte, à la pelouse, à la steppe, à la savane, à la garrigue, au maquis ou au bois. Exemples :

– Pelouses à *Brachypodium ramosum* et *B. phoenicoïdes*, landes à *Rosmarinus officinalis* et bois clairs à *Quercus ilex*, du midi de la France.

- Steppes à *Stipa lagascae* et *Salsola vermiculata*, steppes à *Artemisia herba alba* des zones arides et semi-arides, de Syrie, Garrigue à *Quercus calliprinos* de Syrie et du Liban.

- Pelouses à *Stipa tenacissima* de l'Afrique du Nord.

- Savanes tropicales presque pures en passant par tous les stades de savanes plus ou moins arborées.

Très souvent, on a affaire à des *systèmes agro-sylvo-pastoraux* qui sont des systèmes d'élevage qui, à un moment ou à un autre de l'année, utilisent des espaces boisés d'un point de vue fourrager, ces espaces boisés étant eux-mêmes le plus souvent l'objet de traitements sylvicoles orientés vers des objectifs de production ligneuse. Il est extrêmement rare d'observer des élevages utilisant ce type d'espace à l'exclusion de tout autre ; la plupart d'entre eux s'appuie aussi sur des espaces fourragers plus classiques : prairies cultivées, pelouses naturelles, chaumes de céréales, pelouses d'altitude. C'est d'ici que vient la dénomination systèmes agro-sylvo-pastoraux.

Ce sont des systèmes complexes, constitués de formations végétales variées et diversifiées, à plusieurs strates (herbacée, arbustive et arborée) qui interagissent fortement entre elles et qui de ce fait, fonctionnent globalement assez différemment d'un point de vue écologique. La gestion de ces systèmes demande une approche intégrée qui prend en considération les différentes productions fourragère, ligneuse et agricole en fonction des conditions écologiques, sociales et culturelles locales, en vue de tirer le meilleur profit durable tout en les protégeant de la dégradation.

Il est donc important de prendre toutes les mesures nécessaires permettant d'empêcher la détérioration du sol et de la végétation et facilitant le maintien d'une productivité optimale de ces systèmes. Pour arriver à ce but, il conviendra d'adopter *une approche globale qui comprendra la planification de l'utilisation des terres et les questions plus générales de développement rural et agricole.*

B – Amélioration et gestion

Un bon programme d'aménagement des pâturages naturels doit prendre en considération la nécessité de procéder à des améliorations permanentes des terrains de parcours. Les principes de base de ces améliorations sont les mêmes à peu près partout ; seules peuvent varier les modalités locales de la réalisation d'un programme de mise en valeur.

Nous présentons dans ce qui suit les différents moyens qui peuvent être utilisés suivant les cas qui se présentent, pour améliorer les terrains de parcours et les gérer d'une façon durable.

1. Mise en défens

C'est le moyen le plus simple et il est utilisé dans les conditions suivantes :

- Quand il reste encore des porte-graines des bonnes espèces fourragères spontanées sur le terrain de parcours à améliorer.
- Quand on envisage de remettre sous pâturage les terrains protégés dans un délai de temps assez court ne dépassant pas cinq ans.

La mise en défens d'une zone pastorale peut présenter des inconvénients majeurs si elle n'est pas suivie d'autres mesures. En effet, la mise en défens peut conduire à un accroissement de la charge sur les autres zones et contribue ainsi à la détérioration de ces dernières. Les mesures supplémentaires qui peuvent être suivies sont : – un affouragement et un approvisionnement en eau – une diminution des effectifs des troupeaux.

2. Réglementation du pâturage

La mesure la plus importante à prendre en considération dans un programme d'aménagement des pâturages est la réglementation du pâturage.

En effet, le pâturage doit être conçu de façon à pouvoir assurer le maintien des espèces de bonne valeur fourragère et la conservation du sol et de l'eau. Une bonne croissance des plantes est très importante pour le maintien de la fertilité des sols et la prévention de l'érosion.

À cet effet, on doit pouvoir assurer la reproduction sexuée et asexuée des plantes fourragères et un bon développement du système radiculaire de ces plantes. Si on laisse les plantes exposées à un pacage excessif pendant la saison de croissance, il en résultera généralement, une diminution de la taille et de la vigueur du système radiculaire, qui, à son tour, diminue l'aptitude des plantes à utiliser les éléments nutritifs et l'humidité du sol. Si le bétail est maintenu sur une zone donnée jusqu'à ce qu'il commence à perdre du poids, la végétation peut être endommagée, et en particulier les bonnes espèces fourragères, au point qu'elle ne sera plus capable de produire une récolte équivalente au cours de la saison prochaine. Si le surpâturage continue la végétation se dégrade, le sol s'érode graduellement et le ruissellement s'accentue sur les pentes.

3. Époques du pacage

Le pacage doit être aussi léger que possible au début du printemps dans la majorité des cas, c'est-à-dire, au début de la saison de croissance des plantes qui est la phase la plus critique dans la vie des plantes, qu'elles soient vivaces ou annuelles. Le temps opportun pour le pâturage dépend de la nature et de l'état de la végétation naturelle de la zone soumise au pâturage. Une végétation très dégradée et épuisée se régénère plus vite que par n'importe quel autre moyen lorsqu'on restreint le pâturage et lorsqu'on la protège pendant la saison de croissance des plantes. Cette mesure est vitale pour les pâturages en mauvais état, parce que les plantes doivent non seulement se maintenir en vie, mais aussi développer un supplément de vitalité indispensable à l'amélioration de la prairie.

Pour les plantes qui poussent mieux après les pluies d'été qu'après les pluies de printemps, il est conseillé de restreindre le pâturage dans e cours de l'été, plutôt qu'au début du printemps dans les zones où ces plantes constituent les espèces fourragères les plus intéressantes. De même, certaines plantes sont broutées par le bétail quand elles sont en pleine végétation car elles deviennent ligneuses et sans valeur nutritive à maturité.

Le meilleur moyen pour arriver à régénérer une prairie naturelle est d'appliquer un système de rotation qui donne à chaque pâturage au moins une fois tous les 3 à 4 ans la possibilité de laisser sa végétation pousser et se développer jusqu'à maturité. Ce repos des prairies naturelles devient impératif dans les zones à végétation très dégradée ou dans celles qui sont soumises à une forte érosion où il faudra favoriser le développement des plantes fourragères utiles par rapport aux plantes indésirables.

4. Charge du pâturage

Un pâturage équilibré est celui qui permet de produire le plus grand gain possible en poids dans une zone donnée avec le plus petit nombre possible d'animaux. Les experts du pâturage doivent déterminer la charge à l'hectare en fonction de la nature de la végétation, du climat et de la nature du bétail. Dans les zones arides les charges à l'hectare seront inférieures à celles des zones semi-arides, subhumides et humides. De même, pendant les années sèches, on aura intérêt à diminuer la charge dans chaque zone par rapport aux années normales. Le pâturage excessif d'une prairie pendant une année sèche pourra devenir tellement nuisible que la productivité de cette prairie restera affaiblie lorsque les conditions climatiques redeviennent favorables. Par contre, pendant les années à pluviométrie supérieure à la normale, on peut dépasser la charge à l'hectare sans risquer de détériorer la végétation. L'adaptation du nombre de bêtes à l'hectare pendant les années de sécheresse est une mesure impérative et ne doit pas être sous-estimée sous peine de voir subir des pertes de bétail, un épuisement extrême du sol et une diminution terrible des bonnes espèces fourragères.

Dans le Midi de la France (12) :

- Les pelouses à *Brachypodium ramosum* et à *Brachypodium phoenicoïdes* peuvent nourrir de 1.5 à 2 moutons de race caussenarde par hectare et pendant la période normale de 8 mois d'utilisation.
- Les landes boisées à *Buxus sempervirens, Quercus ilex,* etc. avec un tapis de graminées sous le couvert peuvent nourrir de 0.5 à 0.75 mouton par hectare et pendant 8 mois.

En Afrique du Nord :

- Le terrain de parcours amélioré à *Echiochilon fruticosum, Helianthemum sessiliflorum, Plantago albicans, etc.* peuvent nourrir un peu moins de 1 tête de moutons de race barbarine par hectare et pendant 12 mois.

- Les terrains de parcours à base d'alfa (*Stipa tenacissima*) peuvent nourrir 0.75 mouton de race locale par hectare et par an.

Dans une zone de pâturage déterminée, il est de toute importance, aussi, de maintenir une juste répartition des animaux de manière que certaines parties n'aient pas à souffrir d'un surpâturage alors que d'autres parties de la même zone ne subiront qu'un pacage insuffisant. Pour éviter ceci, il est conseillé de bien répartir les points d'eau et les abreuvoirs dans la zone pâturée et de bien situer les clôtures.

L'excès de piétinement des bestiaux autour des points d'eau peut aussi amener à une forte dégradation du sol et le soumettre à l'érosion. Il est souhaitable que les points d'eau ne soient pas éloignés plus d'un kilomètre et demi environ dans les terrains accidentés et montagneux.

Dans des conditions favorables de température et sur un terrain relativement plat, on peut permettre au bétail de parcourir jusqu'à 3 à 5 Km pour les bovins et 7 Km pour les ovins.

5. Lutte contre les plantes nuisibles ou indésirables

Certaines prairies et, en particulier, celles qui sont dégradées sont infestées de plantes nuisibles au bétail. Toutes ces plantes ne sont pas vénéneuses, mais elles provoquent un affaiblissement de la valeur fourragère du terrain de parcours à cause de leur faible valeur alimentaire. Dans les terrains de parcours steppiques du Proche-Orient les plantes suivantes sont considérées comme indésirables : *Artemisia herba alba, Achillea fragrantissima, Carex stenophylla, Haloxylon articulatum, Peganum harmala* (toxique), *Poterium spinosum, Teucrium polium, Zizyphus lotus,* etc.

En France méditerranéenne, on lutte contre les plantes suivantes dans les terrains de parcours : *Cistus salviaefolius, Juniperus oxycedrus, Genista scorpius, Quercus coccifera, Thymus vulgaris,* etc.

Voici à titre d'exemple aussi, quelques genres et espèces qui sont considérés parmi les plus toxiques dans les terrains de parcours en Amérique du Nord.

	Les animaux endommagés
Delphinium sp. (le genre le plus toxique)	bovins
Zygadenus sp. (*Z. venenosus*)	ovins
Astragalus sp. (*A. mollisimus*)	tous les animaux
Oxytropis sp. (*O. lambortii*)	=
Lupinus sp. (*L. laxiflorus*)	ovins
Hypericum sp. (*H. perforatum*)	tous les animaux
Halogeton sp. (*H. glomeratus)*	= = et surtout les ovins
Triglochin sp. (*T. maritima*)	tous les animaux
Cicuta sp. (*C. occidentalis*)	= = et surtout les bovins
Conium sp. (*C. maculatum*)	

Les plantes nuisibles sont, en plus de leur faible valeur fourragère ou de leur toxicité, beaucoup moins efficaces, en général, que l'herbe pour la conservation de l'eau et du sol.

Une saine réglementation du pâturage peut aider à freiner le développement des plantes nuisibles. Des procédés de conservation des eaux dans la zone dégradée pourront arrêter l'invasion de ces plantes.

6. Enrichissement des pâturages par l'introduction d'espèces fourragères

Il est utile d'envisager l'introduction d'espèces fourragères spontanées ou étrangères dans les terrains de parcours qui se sont appauvris en bonnes

espèces fourragères. Chaque fois qu'il est possible d'utiliser des espèces spontanées, on aura intérêt à le faire. Mais si la zone à enrichir ne possède plus de bonnes espèces fourragères, ou s'il existe d'écotypes étrangers de meilleure valeur fourragère que les écotypes locaux on devra penser à faire appel à ces espèces et écotypes étrangers.

L'introduction d'écotypes étrangers ou d'espèces étrangères demande des essais préalables dans les zones d'introduction avant leur utilisation sur grande échelle.

La flore fourragère apontanée est nettement plus appauvrie dans le Sud de la France que dans les zones équivalentes du Proche-Orient ou de l'Afrique du Nord. Les spécialistes français auront intérêt à y envisager l'introduction de nombreux écotypes de bonnes espèces fourragères telles que *Festuca elatior, Dactylis glomerata, Phalaris tuberosa, Oryzopsis holciformis,* etc. qui paraissent nettement supérieurs aux écotypes français des mêmes espèces (12).

L'enrichissement des pâturages naturels dégradés par l'introduction d'espèces fourragères est peu utilisé dans les pays en développement. Par contre, il est largement employé pour l'amélioration des terrains de parcours dégradés aux États-Unis d'Amérique où il est connu sous le terme de « artificial reseeding » (réensemencement artificiel) et réalisé par semis ou plantation. Les aménagistes américains visent dans cette pratique l'augmentation de la capacité fourragère des terrains de parcours dégradés, le contrôle de l'érosion et l'amélioration du sol. Ils utilisent aussi bien les plantes fourragères cultivées que les plantes spontanées.

Une méthode d'enrichissement des pâturages dégradés qui consistent à planter des arbres ou arbustes fourragères commencent à se généraliser, selon leurs exigences écologiques, dans les steppes méditerranéennes tels que : *Acacia cyanophylla, A. cyclops, Atriplex sp.* et dans les parcours sahéliens tels que : *Faidherbia alba, Prosopis* sp.

7. Débroussaillement

a. Débroussaillement mécanique

Ce procédé est utilisé pour débarrasser les terrains de parcours des espèces ligneuses de faible valeur fourragère. Le coût élevé de cette opération limite son utilisation dans les terrains de parcours très productifs. Des terrains infestés par des genévriers (*Juniperus pinchotii* et *Juniperus pachyphloca*) et d'autres infestés par l'Armoise *Artemisia filifolia* ont été débroussaillés mécaniquement aux U.S.A. mais à des prix très élevés. L'opération a été répétée plusieurs années successives et à une époque où les réserves des racines sont à leur point le plus bas (période de floraison).

b. Débroussaillement chimique

Ce procédé est utilisé pour l'amélioration des terrains de parcours mais avec beaucoup de prudence. Il est d'application plus facile dans les terrains accidentés que le précédent.

c. Lutte biologique

Beaucoup de travaux de recherches dans le but d'utiliser la lutte biologique dans l'amélioration des pâturages naturels sont en cours. Ce procédé vise à introduire artificiellement des ennemis de plantes (insectes, bactéries, virus, champignons) indésirables dans le but de les affaiblir et de les éliminer des terrains de parcours. Ce procédé doit être utilisé avec beaucoup de prudence et, une étude écologique détaillée doit être effectuée avant l'introduction de n'importe quel agent biologique dans la zone à traiter, pour être sûr que cet agent ne perturbera pas l'équilibre biologique aux dépens des espèces utiles.

S'il est utilisé convenablement, ce procédé est très efficace et rentable. Il a été appliqué avec succès pour lutter contre *Lantana camara* à Hawaï et *Ulex europeus* en Nouvelle Zélande en utilisant des insectes consommant les graines. De même, *Hypericum perforatum*, plante toxique d'origine européenne et qui a infesté l'Ouest des U.S.A., a été efficacement combattue par l'introduction d'un papillon (*Chrysolina*) d'origine européenne aussi se nourrissant sur *Hypericum perforatum*.

d. Le feu

Le feu a été utilisé depuis longtemps et dans beaucoup de pays pour éliminer les espèces ligneuses indésirables dans les terrains de parcours. Cependant, ce procédé présente de graves dangers quand le feu n'est pas bien contrôlé et peut endommager d'une façon sévère les plantes utiles et le sol. L'époque, la fréquence et l'intensité du feu, ainsi que le choix de la végétation à mettre sous feu doivent être étudiés avec beaucoup de prudence avant l'opération. À Idaho, aux U.S.A., des terrains infestés d'*Artemisia tridentata* ont été efficacement traités au feu et souvent en faisant passer le feu une fois seulement et à n'importe quelle saison. Après le feu, les terrains de parcours doivent être protégés du bétail pendant un certain temps afin de permettre à l'herbe spontanée de reprendre de la vigueur.

8. Utilisation efficace de l'eau de pluie

Dans les régions soumises à un climat se caractérisant par une mauvaise répartition des eaux de pluie le long de l'année, l'eau représente un facteur déterminant du développement des pâturages naturels, ce qui nécessite de prendre des mesures de conservation des eaux par tous les moyens possibles. Ces moyens sont les suivants :

– *Lutte contre la dégradation de la végétation en réglementant les pâturages et en déterminant la charge du pâturage.*

Ce procédé de conservation des eaux est très efficace et constitue le meilleur moyen qu'on puisse utiliser pour empêcher les pertes d'eau résultant de l'écoulement superficiel.

– *Établissement de sillons et de remblais le long des courbes de niveau.*

Ce procédé peut être d'une grande efficacité dans la conservation des eaux et du sol sur les pâturages dégradés et sur les pentes. Cependant, ce procédé est encore très peu utilisé sur les pâturages de grands parcours et il reste encore beaucoup à apprendre sur sa rentabilité.

9. Accroissement des réserves d'eau

L'accroissement des réserves d'eau dans les zones des pâturages naturels est un principe de base pour un bon aménagement des pâturages et en particulier, dans les zones arides et semi-arides. L'insuffisance des réserves d'eau dans les pâturages de grand parcours présente de grands inconvénients :

- Instabilité dans l'industrie de l'élevage du bétail.
- Graves pertes dans les troupeaux.
- Mauvaise utilisation des zones de pâturage dont on a un besoin considérable.
- Excès de pacage aux voisinages des points d'eau.

L'établissement d'un bon système d'accroissement des réserves d'eau contribue également à conserver le sol et l'eau dans les zones de pâturage de grands parcours. En effet, quand on aura amélioré et bien réparti les réserves d'eau sur toute la zone à pâturer, on pourra avoir la possibilité de restreindre le pâturage sur des terres surpâturées ou érodées et d'entreprendre une rotation systématique du bétail sur d'autres terrains proportionnellement aux réserves d'eau dont ils disposent.

Les ouvrages qu'on peut utiliser pour accroître les réserves d'eau peuvent être temporaires ou permanents. Des réservoirs peu profonds ou des cours d'eau intermittents ne donnent généralement de l'eau que pendant une courte période de l'année ; des puits et des réservoirs profonds assurent, par contre, une réserve d'eau permanente. La rosée et la neige constituent aussi des réserves d'eau supplémentaires qu'il est utile d'en profiter.

Partout où l'on peut construire des ouvrages permanents, il ne faut pas laisser passer l'occasion.

Des réservoirs de captation des eaux sont d'une grande utilité dans l'amélioration des pâturages naturels si on ne dépasse pas la capacité de charge limite.

Les pâturages naturels dans la région du Sahel africain, sont en voie de dégradation rapide et nécessitent l'adoption de méthodes adéquates permettant leur réhabilitation en applicant une gestion raisonnée, comme il suit (3) :

- Exploiter modérément les parcours avec une charge faible en saison des pluies.
- Adapter la charge de saison sèche au stock fourrager de l'année.
- Protéger contre les feux courants les parcours desservis par des points d'abreuvement permanents fréquentés en saison sèche.
- Réserver des parcours (stocks de paille sur pied) pour la période chaude de la fin de la saison sèche.
- Mettre au repos périodiquement les parcours pendant la saison de croissance (saison des pluies et saison sèche).
- Mettre en défens 3 à 5 ans les parcours appauvris pour permettre la régénération des ligneux et des herbes vivaces, dans une opération de réhabilitation.

VI – L'ÉTUDE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (EIE) DES PROJETS DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE ET RURAL

Le concept de durabilité des projets de développement agricole et rural exige une étude préalable de l'impact de ces projets sur l'environnement, en vue de porter à leur minimum leurs effets négatifs sur les ressources naturelles, la santé publique, l'économie locale et régionale, etc. C'est pourquoi, il est nécessaire, dès la conception d'un projet de développement, de se poser un certain nombre de questions et d'y apporter des réponses concrètes.

C'est ainsi qu'il faudra connaître :

a – les potentialités naturelles de la zone du projet en ce qui concerne les facteurs sur lesquels on se propose d'intervenir ;

b – les interférences des facteurs principaux entre eux ;

c – les tendances d'évolution des écosystèmes naturels (forêts, parcours), des agrosystèmes, des ressources en eau et en sol, etc.

d – les impacts bénéfiques ou négatifs sur ces différents facteurs.

Il faudra donner des réponses à ces diverses questions qui seront incorporées dans le processus de l'étude de l'impact du projet de développement sur l'environnement en vue d'en dégager une stratégie pour la protection de l'environnement de la zone du projet qui permettra d'assurer une durabilité à long terme. Cette stratégie aura des composantes techniques, sociales et économiques.

Il est utile de signaler que quels que soient son niveau de précision et la pertinence de ses recommandations, une étude d'impact sur l'environnement n'a d'intérêt que si ces recommandations sont incorporées dans le plan d'opération dès les premiers stades de la conception du projet et suivies dans le cours de la vie du projet.

L'étude d'impact sur l'environnement se fait dans le même temps que les études techniques préliminaires d'un projet, de façon à pouvoir s'assurer que les questions d'environnement et de gestion des ressources naturelles seront prises en considération à un stade précoce où l'influence des effets néfastes du projet pourra être balancée ou, au minimum, atténuée par le choix d'alternatives ou de variantes à effets négatifs moindres.

Le choix d'une variante du projet initial qui respecte l'optique du développement durable pourra faire l'objet d'une étude de faisabilité en y intégrant des paramètres économiques spécifiques de l'étude d'impact sur l'environnement. D'une façon générale, cette évaluation environnementale préalable consistera à :

- Préciser les types de ressources mobilisées par le projet en étude et qui sont susceptibles d'être transformées comme le sol, la végétation naturelle, les cours d'eau, les terres de culture, etc.
- Effectuer un inventaire exhaustif de ces ressources qui existent dans la zone du projet et dans les zones avoisinantes, voire lointaines, qui peuvent être affectées par des impacts du projet, comme dans les projets de construction de barrages en montagne pour le développement agricole et rurale.

– Apprécier le cadre socio-économique dans lequel s'inscrit le projet.
– Indiquer le cadre institutionnel des acteurs du développement : représentation des agriculteurs, administration technique et politique.

VII – LA LUTTE CONTRE LA DÉSERTIFICATION

A – Définition de la désertification

La Conférence des Nations Unies sur la Désertification tenue à Nairobi en 1977 a défini la désertification comme il suit (22) :

« La désertification est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre, qui conduit finalement à l'apparition de conditions désertiques. »

Elle est l'un des aspects de la dégradation généralisée des écosystèmes sous la pression combinée des conditions climatiques adverses et capricieuses, et d'une exploitation excessive. Cette surutilisation réduit ou détruit le potentiel biologique, c'est-à-dire la production végétale et animale destinée à de multiples usages au moment même où un accroissement de la production est nécessaire pour satisfaire les besoins de populations grandissantes aspirant au développement.

Pour mettre en lumière l'importance des variations climatiques et les longues périodes de sécheresse qui sévissent dans les zones affectées par la désertification, la définition suivante a été acceptée sur le plan international pour la désertification, lors de la Conférence Internationale sur l'environnement et le Développement en 1992 :

« La désertification est la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches due à des facteurs divers parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines. »

La désertification est le problème environnemental le plus sérieux qui touche aujourd'hui la Terre.

La perte de la capacité de production qu'entraîne la désertification peut se manifester par : – une baisse continue des récoltes – des échecs culturaux de plus en plus nombreux – des dommages aux récoltes par le vent qui déchausse les racines des plantes ou blesse les feuilles – l'ablation de la couche humique superficielle du sol – des vents de poussière – l'accroissement du ruissellement – la réduction de l'infiltration – la formation de rigoles et de goulets d'érosion – la mobilisation du sable et la formation de dunes – la réduction de la diversité biologique par perte d'espèces – l'échec des systèmes traditionnels qui fonctionnent bien sur le plan économique et sur le plan social – la baisse de la nappe d'eau phréatique – la réduction des eaux de surface – l'insuffisance des fourrages – la crise dendro-énergétique – des condition de vie plus dures pour les hommes, les plantes et les animaux – la dégradation des écosystèmes forestiers et des parcours – la dégradation des sols, etc.

La désertification doit être vue comme un processus qui est une expression intégrée de l'évolution socio-économique et des processus naturels ou causés par l'Homme et qui détruit les équilibres entre ressources naturelles (sol, air, eau et leur expression intégrée : la végétation) et demandes humaines, dans les zones qui subissent une aridité édaphique et/ou climatique par l'exploitation irraisonnée de ces ressources.

B – Les causes de la désertification

On estime au nombre de deux les causes de la désertification :

– Celles liées aux contraintes de l'environnement aride, semi-aride et subhumide sec et qui sont : le climat, les sols et la végétation.

– Celles liées à la surexploitation et à la mauvaise gestion de cet environnement (13).

1. Les causes directement liées à l'environnement

a. Le climat

Les zones arides, semi-arides et subhumides sèches méditerranéennes et tropicales sont des zones fragiles à cause de la faiblesse des pluies, de l'ampli-

tude de leurs variations mensuelles et annuelles et de leur forte intensité. Ces pluies sont concentrées sur un nombre restreint de jours et tombent en averse.

Les longues périodes de sécheresse excessive qui caractérisent ces climats constituent un facteur important aidant à la désertification si elles sont accompagnées d'une mauvaise gestion des sols, de l'eau, et de la végétation et d'une surexploitation des ressources naturelles.

b. Les sols et la végétation

Les sols des zones arides *s.l.*, de faible épaisseur et à faible teneur d'eau, sont prédisposés à l'érosion en raison de leur faible couverture végétale et de la nature agressive des pluies.

Ces zones sont constituées par des écosystèmes fragiles et vulnérables face à l'intervention de l'Homme sur les sols.

L'instabilité de ces écosystèmes est accrue en période longue de sécheresse excessive où toutes variations, même faibles, des bilans hydriques et énergétiques (bois), ont des retombées importantes sur le couvert végétal et le sol et par le fait même sur les érosions hydrique et éolienne qui se trouvent amplifiées.

Ces processus peuvent être très rapides et suffisent parfois pour faire franchir à l'écosystème le seuil critique au-delà duquel il n'y a pas de régénération naturelle : il s'effondre parce qu'il ne peut plus se reconstituer et la désertification prend place.

c. Les causes liées à l'activité humaine

Les activités de l'Homme dans l'exploitation des ressources naturelles renouvelables ont souvent des conséquences moindres dans des environnements humides, où une grande variété de biotopes et de biocénoses facilite le processus de restauration, de régénération et de reconstitution des écosystèmes.

En revanche, leurs effets sont intensifiés dans les zones arides, où l'Homme et ses activités sont fréquemment à l'origine de la désertification.

Les principales causes dues à l'activité humaine sont (13 et 16) : le déboisement, la surexploitation des forêts et des parcours, la mauvaise conduite des travaux sur les pentes, la mauvaise gestion des terres irriguées, la surexploitation des eaux souterraines, la culture mécanisée en sec, la forte pulvérisation des sols sableux, l'urbanisation galopante.

C. Comment lutter contre la désertification ?

La lutte contre la désertification est une lutte pour la survie. Elle fait partie intégrante des programmes de développement socio-économique ayant pour objectif un développement agricole et rural durable qui conserve la terre, l'eau, les ressources génétiques végétales et animales. Un tel développement ne dégrade pas l'environnement et repose sur une agriculture, elle-même durable.

La lutte contre la désertification requiert une *approche globale* de l'agriculture, de l'élevage, des pâturages, des terres boisées, des politiques énergétiques et d'occupation des terres.

En général, la désertification peut être combattue et les zones désertifiées régénérées et rendues à la production, sauf dans certains cas extrêmes de certaines zones ayant complètement perdu leur sol par érosion et où la roche-mère dure a affleuré en surface, et d'autres où l'érosion a atteint un niveau au-delà duquel l'eau du sol devient insuffisante pour assurer le cycle biologique des espèces végétales pérennes.

La lutte contre la désertification est d'autant plus difficile que l'environnement est dégradé et le climat aride. En effet, il est plus facile de régénérer des zones de parcours désertifiées, et les résultats de cette opération sont plus rapides, si le sol est profond, la végétation apte à la cicatrisation et s'il existe des sources disponibles à partir desquelles les espèces peuvent revenir coloniser les terres dégradées en restauration.

Un ensemble de mesures doit être pris en vue de la lutte contre la désertification. Ces mesures sont résumées dans ce qui suit, sans entrer dans le détail des techniques à appliquer (17) :

- Adoption de méthodes efficaces, saines du point de vue social, économique et écologique, pour la mise en valeur et la gestion des ressources en eau.
- Prise de dispositions pour améliorer les terres de parcours dégradées, introduire des systèmes de gestion appropriées pour ce qui concerne les forêts, les systèmes agroforestiers traditionnels, les pâturages, le bétail ainsi que la flore et la faune sauvage, mettre en place des systèmes diversifiés et intégrés de production et améliorer les conditions de vie des habitants des zones désertifiées ou en voie de désertification.
- Adoption de mesures globales pour conserver et améliorer le sol et pour utiliser rationnellement l'eau dans les zones de cultures non irriguées.
- Prise d'urgence de mesures pour combattre la désertification des terres irriguées en empêchant et en maîtrisant l'engorgement par l'eau, la salinisation et l'alcalinisation, selon une approche intégrée.
- Maintien et protection de la végétation existante et prise de mesures spéciales pour la mise en état, l'entretien et la protection des terres dénudées, la conservation des sols et la fixation des dunes.
- Renforcement ou création, selon les cas, des systèmes nationaux ou interrégionaux de surveillance des conditions climatiques, hydrologiques et pédologiques et des conditions écologiques des terres, des eaux, des végétaux et des animaux.
- Nécessité d'analyser et d'évaluer les facteurs sociaux, économiques et politiques qui jouent un rôle important dans la désertification.

VIII–LA RECHERCHE EN AGRICULTURE DURABLE

A – Principes de base

Il est évident que le développement de systèmes de production durables nécessite plus de travail et implique une grande étendue d'activités, de conception et d'évaluation des capabilités des terres que ne nécessitait la recherche en agriculture conventionnelle, jusqu'à nos jours.

En effet, la recherche en agriculture durable ne peut être que *pluridisciplinaire,* et même *interdisciplinaire* et *transdisciplinaire*. Elle exige aussi une

approche plus globale ou une « approche systémique » et demande *une surveillance de la performance sur une période de temps plus étendue que ne l'exigeait la recherche agricole conventionnelle*, comme elle a été pratiquée jusqu'à présent. Ceci nécessitera également l'utilisation de *critères d'évaluation* des systèmes de production dans lesquels il faudra incorporer toujours une *perspective de durabilité*.

Dans la conception des projets de recherche en agriculture durable, il est nécessaire de mettre l'accent sur *l'utilisation des ressources locales de la ferme*, au lieu d'utiliser des ressources importées et à des prix élevés, spécialement les engrais chimiques, de façon que le fermier puisse utiliser au maximum les résidus végétaux et animaux de sa ferme pour la fertilisation des sols. L'objectif principal de ceci est de limiter l'utilisation « d'intrants » qui ne sont pas normalement accessibles au fermier et qui sont plus sains pour l'environnement.

Il est utile de signaler à ce propos, l'importance de la *participation des communautés locales* dans la conception et la mise en pratique des projets de recherche en agriculture durable. Les scientifiques et les chercheurs auront toujours intérêt à prendre l'avis de ces communautés avant de concevoir et de mettre en exécution leurs projets de recherche, ce qui permettra de profiter du *savoir local et souvent ancestral* relatif aux pratiques agricoles et à la conservation de la fertilité des sols.

C'est ainsi que le développement d'*agrosystèmes durables* (systèmes cultivés durables) dans une région géographique donnée demande, de la part des chercheurs, l'exploration de plusieurs technologies individuelles et l'étude de la manière dont on peut les intégrer d'une façon efficace, en vue d'arriver à une production agricole durable et respectueuse de l'environnement.

Ceci nécessitera de grands efforts pour pouvoir adapter les cultures agricoles aux conditions climatiques et édaphiques existantes de façon à arriver au but fixé qui est celui de l'amélioration de l'efficacité et de la durabilité des ressources agricoles.

C'est pourquoi, les chercheurs, avec la participation active des communautés rurales, auront à mettre au point :

1 – des méthodes efficaces de lutte contre les différentes pestes telles que : la lutte biologique et la lutte intégrée ;
2 – une approche intégrée pour la lutte contre les mauvaises herbes ;
3 – des méthodes appropriées pour la conservation du sol et de l'eau, adaptées aux conditions locales ;
4 – des rotations des cultures spécifiques selon les régions géographiques, avec l'incorporation d'une légumineuse, pour l'amélioratioin des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols ;
5 – une approche intégrée dans la gestion de la biologie des sols pour une productivité meilleure et, en particulier : le travail du sol, la gestion des résidus de la ferme, l'utilisation des engrais synthétiques et des engrais organiques, la rotation des cultures, etc.

B – La gestion durable des terres (GDT)

La gestion durable des terres joue un rôle directe dans la sécurité alimentaire en augmentant la production alimentaire et en préservant les ressources de base. C'est pourquoi, il est de toute urgence de combattre la dégradation des terres due à l'épuisement des sols, à l'érosion, à la salinisation et à l'engorgement.

Dans les pays en développement, des contraintes majeures empêchent le développement et l'adoption des principes de base de la gestion durable des terres. Ces contraintes peuvent être résumées comme il suit :

1. Déficit dans le savoir scientifique

Il y a beaucoup d'aspects de la gestion durable des terres qui demandent des études de recherche plus poussées, particulièrement dans les zones marginales où vivent des populations très pauvres. Jusqu'à présent, la plupart des recherches faites, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement, ont été surtout axées sur les terres riches et orientées, en particulier, sur la production.

Une approche moderne interdisciplinaire dans la recherche sur la gestion des terres est indispensable pour pouvoir inclure les différentes composantes des agrosystèmes ainsi que les différents aspects socio-économiques des interventions humaines dans ces agrosystèmes.

2. ***Déficit dans les capacités des institutions à effectuer la recherche, la vulgarisation et le développement dans le domaine de la gestion durable des terres***
En effet, il s'est avéré, durant ces dernières décennies, que la génération, la vérification et l'adoption de technologies se rapportant à la gestion des terres ont été inefficaces ; et il est de toute nécessité de combler le fossé qui existe entre le chercheur, le vulgarisateur et le fermier. Ceci peut être atteint en améliorant les capacités des institutions nationales, régionales et internationales d'utiliser des approches appropriées qui permettent la participation effective des scientifiques, des décideurs, des techniciens et des bénéficiaires (les familles des fermiers et les communautés) dans l'élaboration, l'exécution et le suivi des plans de gestion des terres.

3. ***Déficit dans les outils de liaison entre la recherche, le développement, la politique et la vulgarisation***
En effet, la recherche courante dans la gestion durable des terres manque d'outils appropriés tels que les équipements nécessaires pour effectuer un contrôle fiable des changements qui se produisent dans les agrosystèmes dans le sens de la durabilité. Les méthodes qui doivent être utilisées, devront évaluer la production, les aspects socio-économiques ainsi que ceux des ressources de base.

Les preneurs de décision ont besoin, en particulier, des informations adéquates sur l'impact des politiques courantes et améliorées des ressources en eau et en sols pour qu'ils puissent soutenir avec conviction les projets de gestion durable des terres.

4. ***Déficit dans l'information de base des communautés agricoles et des agences d'exécution des projets***
Bien que certains domaines de la gestion durable des terres requièrent encore des recherches de base aussi bien que des recherches stratégiques et adapta-

tives, cependant, beaucoup de pays en développement possèdent des technologies variées et des pratiques améliorées qui sont bien développées et éprouvées et ne demandent qu'à être adaptées aux conditions locales pour être appliquées par les communautés agricoles locales. Le défi est d'essayer d'aider les communautés agricoles et les agences d'exécution à avoir accès à toutes les données existantes et à l'information relative à la gestion durable des terres.

Il est actuellement bien reconnu qu'il est urgent de développer des systèmes de gestion durable des terres dans ces pays et que la problème de la gestion durable des terres est devenue un des centres essentiels d'intérêt des instituts de recherche agricole, des agences de développement et de vulgarisation et des institutions de politique agricole.

De nouveaux modes d'opération sont nécessaires pour pouvoir combler les quatre déficits et insuffisances identifiés plus haut. Les principaux domaines dans lesquels il faudra orienter les efforts sont les suivants :

a – Identification des problèmes de GDT dans les différentes zones écologiques et établissement d'une liste des priorités pour la recherche relative à chaque zone.
b – Développement en profondeur d'une base de connaissance relative à la GDT.
c – Raffinement des paradigmes pour la recherche sur la GDT.
d – Amélioration des outils de la recherche sur la GDT en utilisant les développements les plus récents dans l'approche participatoire et la technologie de l'information.
e – Meilleure compréhension de l'impact de la recherche sur la GDT.
f – Renforcement des centres de recherche nationaux et régionaux dans le domaine de la GDT.
g – Meilleure collaboration entre les centres de recherche nationaux, dans le domaine de la GDT.

C – Problématique de la recherche dans les zones arides et semi-arides

Dans les zones arides s. l, des systèmes traditionnels d'aménagement et de gestion de l'espace ont été élaborés au cours du temps en vue de tirer le meilleur profit de la microdiversité que présente cet espace et de valoriser les ressources limitées disponibles, en particulier les ressources en eau. Toutefois, ces systèmes ont atteint dans la plupart des cas leur limite, notamment en raison de la progression continue de la pression humaine. Il est alors devenu nécessaire de recourir à des systèmes plus performants fondés sur des technologies nouvelles et une connaissance approfondie du milieu et du savoir-faire ancestral local.

La réhabilitation et l'amélioration des systèmes traditionnels et la mise au point de nouveaux systèmes plus adaptés ne peuvent être assurés que dans le cadre d'une approche intégrée et écologique du développement rural, visant à concilier les objectifs du développement socio-économique et les impératifs de protection de l'environnement.

Les recherches nécessaires pour élaborer et mettre en œuvre une telle approche se situent à trois niveaux :

- Un niveau scientifique qui vise à bien connaître la structure et le fonctionnement des systèmes écologiques, leurs seuils de rupture et les conditions de réhabilitation.
- Un niveau technologique (agronomique au sens large) qui consiste à mettre au point des solutions pratiques permettant d'assurer l'accroissement de la production biologique et la prévention des différents processus de dégradation du milieu.
- Un niveau socio-économique portant sur l'étude de viabilité et de rentabilité des solutions et des techniques proposées ainsi que sur les conditions de leur acceptation et de leur adoption par les populations.

La distinction entre ces trois niveaux ne doit pas faire oublier qu'ils sont souvent fortement imbriqués. En conséquence, il est indispensable

d'assurer un continuum entre ces trois niveaux de sorte que les recherches soient menées de façon interdépendantes et complémentaires dans le cadre d'une vision globale et cohérente des problèmes à résoudre et des objectifs à atteindre. Cela suppose qu'elles puissent être menées, dans la mesure du possible, par des équipes de chercheurs animées par un esprit interdisciplinaire et travaillant en relation étroite avec les planificateurs, les décideurs, les agents de développement et les populations concernées.

D – Rôles du système de recherche nationale et des institutions d'enseignement

Le développement d'une agriculture durable ne peut pas être conduit sectoriellement et d'une façon isolée. Il doit faire partie intégrante d'une stratégie générale de développement intégral qui donne la priorité à la gestion rationnelle et à la bonne conservation des ressources, de façon que leur utilisation pour la satisfaction des besoins humains ne provoque que peu de dégâts à l'environnement. Par conséquent, *le développement durable de l'agriculture devra être considéré sur le plan national comme une des composantes d'une politique nationale générale de conservation des ressources qui devrait inclure la gestion, la production, le traitement efficace et l'utilisation de ces ressources.*

En outre, il sera nécessaire d'adapter l'éducation, la formation, la recherche et le développement, le soutien politique et administratif aux exigences du concept de durabilité.

Les institutions de recherche et d'enseignement devront évoluer dans ce sens en adaptant leurs projets de recherche relatifs à l'exploitation des ressources naturelles et à la production agricole et leurs programmes d'enseignement et de formation des cadres au concept de durabilité.

IX – CONCEPTION D'UN PROJET DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE ET RURAL DURABLE

A – Principes de base

Tout projet de développement durable devra prendre en considération les principes de base suivants :

- La planification qui met en œuvre les ressources de l'environnement devra s'inspirer, non seulement des principes de croissance, mais également *de durabilité, de maintien ou de développement harmonieux des écosystèmes locaux.*
- Les ressources naturelles renouvelables devront être protégées contre les *pressions excessives* du développement qui résultent en général d'une vision à court terme des profits économiques, sans tenir compte de la conservation de ces ressources.
- Donner *la priorité au développement des écosystèmes naturels et à l'enrichissement du patrimoine environnemental* en général en y subordant les actions productives en vue d'asseoir les actions de développement sur le concept de durabilité.
- Favoriser la *participation des communautés rurales autochtones* dès le début de la conception du projet et dans ses différentes phases d'exécution et de suivi-monitoring.
- Prendre en considération que, dans le milieu rural, les populations ne changeront que très progressivement leurs habitudes, surtout quand il s'agit de l'espace vivrier qui assure leur alimentation.
- Privilégier la *prévention* plutôt que la restauration, beaucoup plus coûteuse et généralement moins accessible aux niveaux des ressources des pays en développement. Pour cela, il faudra incorporer les stratégies de protection de l'environnement dans les politiques sectorielles.
- Les projets de développement agricole et rural devront être conçus et réalisés comme un *fait global de transformation du milieu physique et social,* en prenant soin d'y intégrer la préoccupation environnementale de la gestion

des ressources naturelles renouvelables. Ces projets devront s'appuyer sur des unités spatiales de référence, comme le *bassin versant.*

L'approche bassin versant constitue un compromis entre une approche purement technique dans la conception du projet de développement et une approche strictement humaine des problèmes de l'environnement. En effet, cette approche permet à la fois de prendre en compte les relations inter-villageoises et de mesurer les effets physiques des actions entreprises sur les écoulements et transports solides. Elle répond également bien à des préoccupations de conservation des sols et des eaux par des aménagements antiérosifs, des reboisements, etc. à condition que la trame foncière traditionnelle puisse s'y intégrer.

- Il est nécessaire, en outre, d'effectuer un *suivi-monitoring* en vue de suivre l'impact des programmes pour les ajuster aux capacités de réponse du milieu physique et social. Les actions de suivi-monitoring auront d'une manière générale à affiner au cas par cas aussi bien le suivi des indicateurs techniques (évolution des ressources naturelles renouvelables, transformations du milieu naturel, etc.) que le suivi des indicateurs sociaux et socio-économiques, ce qui permettra de créer une interaction entre le suivi-monitoring et la conduite du projet dans une optique de développement durable.

- Il est conseillé aussi d'effectuer une *évaluation ex-post des projets*, ce qui permettra de connaître les effets réels du projet sur les habitants et/ou sur l'environnement et de mesurer *a posteriori* l'efficacité des moyens mis en œuvre. De plus, il appartiendra à l'Administration de conserver avec les communautés rurales des relations de partenariat favorisant la durabilité des acquis.

B – L'approche systématique

1. Introduction

Tout projet de développement rural et agricole exige l'étude des milieux naturels, des communautés rurales et de leurs activités socio-économiques et de leurs valeurs culturelles. L'étude des milieux naturels implique deux groupes de méthodes :

- Le groupe des méthodes analytiques qui regroupe le complexe des facteurs mésologiques relatifs à la climatologie, à la phytosociologie, à la zoocœnlogie, à la pédologie, à l'écologie en général, etc. qui sont développés habituellement dans des manuels d'écologie et que nous ne développerons pas ici.
- Le groupe des méthodes synthétiques appliquées normalement aux *ensembles systémiques* qui sont plus adaptés à l'étude des problèmes environnementaux plus ou moins complexes et que nous allons traiter dans ce qui suit.

Une entité territoriale, quelles que soient ses dimensions peut être considérée comme un *système* auquel s'appliquent les différents concepts de *l'analyse systémique.*

Dans ce but, il faudra tout d'abord réunir les *connaissances* sur l'environnement physique que nous possédons sur la région du projet en faisant place aux connaissances socio-économiques et culturelles, car, il n'y a pas de solution valable à un problème qui affecte l'environnement, ce qui est le cas dans n'importe quel projet de développement rural et agricole, sans que l'on ne prenne en compte les dimensions sociologiques, économiques et culturelles.

Si les connaissances que nous possédons ne sont pas suffisantes, il peut s'avérer utile de lancer des programmes de recherches qui doivent être *bien ciblés.* Il faudra être critique à l'égard de ces programmes, car la recherche coûte cher et prend du temps et il faudra éviter la dispersion si coutumière aux chercheurs si ceux-ci ne sont pas à la fois des aménageurs et des gestionnaires. Dans le cas des projets de développement, ce sont des *recherches d'accompagnement* qui doivent être faites sous forme de *recherches-action* ou de *recherches-démonstration.*

Avec les possibilités qu'offre l'informatique, il devient de plus en plus facile de procéder à des études de simulation et à des modélisations. Ceci permettra de suivre l'évolution du modèle en fonction des différentes alternatives. Il y a

là une démarche utile qui permet de prédire l'évolution des systèmes ruraux, par exemple, en fonction des interventions humaines.

Sur la base des connaissances auxquelles il faudra ajouter les valeurs culturelles, appuyées le cas échéant par des recherches d'accompagnement, il est possible de dégager les *lignes directrices* du projet de développement qui sera fondé sur la gestion rationnelle des ressources, des écosystèmes naturels et des systèmes de production, indispensable pour faire de l'agriculture durable et, par conséquent du développement durable.

Il est utile de signaler que l'approche systémique n'est pas encore très appliquée dans les projets de développement rural et agricole, en particulier, dans les pays en développement. Or, il y a là une démarche de pensée et une méthodologie synthétique particulièrement riches, incomparablement supérieures à l'approche analytique classique.

2. Définition du système et caractéristiques fondamentaux

Pour DE SAUSSURE, le système est une totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité.

Il ressort de cette définition, les deux notions *d'interrelations et de totalité* : c'est l'approche du réel dans sa globalité et sa complexité, caractéristique du développement rural et agricole. De la notion de système appliquée au milieu rural, ressortent les aspects suivants :

- *Multiplicité* des éléments ou composants du milieu rural (biophysique, humain, technique, infrastructurel) qu'il faudra prendre en compte.
- *Complexité* : l'ensemble est complexe à cause de la multiplicité des éléments.
- *Totalité* organisée d'éléments, ce qui implique que le monde rural doit être appréhendé dans tous ses aspects, c.à.d. dans sa totalité.
- *Interrelations* entre les éléments ; exemple : interrelations entre qualité de l'environnement, système de production, nutrition, niveau de vie, santé, etc.

– *Interactions* entre les éléments qui agissent les uns sur les autres ; exemple : production, commercialisation, infrastructures, qualité de vie.
– *Dynamique et évolution* ; le monde rural est en perpétuel évolution en fonction des facteurs internes et externes.

On déduit de ce qui précède qu'il faudra distinguer en systémique quatre concepts fondamentaux ; 1 – concept d'interaction ; 2 – concept de totalité ; 3 – concept d'organisation ; 4 – concept de complexité. Ces quatre concepts doivent être pris en considération dans toute étude relative au développement rural et agricole.

3. Description d'un système

a – Sous l'aspect *structurel,* un système est composé de quatre éléments :

– Une limite qui le sépare des autres systèmes.

– Des éléments nombreux qui peuvent être identifiés, dénombrés et classés. Ces éléments sont ceux des écosystèmes, des systèmes de production, des secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de l'agroforesterie, de l'élevage, de la santé, de l'éducation, de l'assainissement, etc.

– Un réseau de transport et de communication.

– Des réservoirs dans lesquels sont stockés des matières, de l'énergie, des produits, de l'information, de l'argent.

b – Sous l'aspect *fonctionnel,* chaque système comporte :

– Des flux de natures diverses : matières, énergie, information, monnaie.

– Des centres de décision qui transforment les informations reçues en actions.

– Des informateurs qui informent les décideurs de ce qui se passe en aval pour les aider à prendre leurs décisions.

– Des délais, nécessaires à la bonne marche du système.

À ce qui précède, il faudra ajouter les entrées et les sorties qui matérialisent les rapports du système avec son environnement.

4. Problématique des systèmes

Les systèmes sont confrontés avec cinq types de problèmes que nous résumons dans ce qui suit :

a. Rapports des systèmes avec leur environnement

Les systèmes ont des échanges nombreux avec leur environnement, ce qui se traduit par des interactions systèmes-environnement. Ces rapports doivent être pris en considération dans l'élaboration et l'exécution des projets de développement rural et agricole.

b. Organisation des systèmes

Il y a une organisation hiérarchique des systèmes qui se composent d'ailleurs de sous-systèmes : sous-système biophysique, sous-système de production, sous-système énergétique, sous-système infrastructurel, sous-système des services. Cette organisation hiérarchique s'exprime par les différents niveaux d'intégration et par la complexité des systèmes eux-mêmes.

D'où la nécessité de recourir à la planification, ce qui permet d'éviter un fonctionnement aléatoire, qui n'amène pas les systèmes au stade de l'autodéveloppement.

c. Conservation du système

Hiérarchiquement organisé, un système assure sa conservation, sa survie par son « homéostasie » (qui est l'ensemble des processus organiques qui agissent pour maintenir l'état stationnaire du système dans sa morphologie et ses conditions intérieures) en dépit des perturbations extérieures. Les processus de rétroaction et de régulation qui visent à maintenir le fonctionnement du système entre certaines limites, participent à l'homéotasie. Cependant, le système peut se déstabiliser si les perturbations extérieures dépassent les limites qu'il peut supporter.

d. Diversité du système

La stabilité d'un système est fonction de sa diversité qui est liée à la richesse de ses composantes et à leurs interrelations. La diversité du système implique donc la « complexité ».

La diversité du système – village, par exemple – constitue en quelque sorte le réservoir dans lequel il puise pour maintenir son équilibre et qui lui permet une certaine marge d'adaptation.

Sur le plan pratique, un village est un système vivant de grande complexité, très diversifié et le maximum de sa stabilité sera atteint lorsque son degré d'organisation sera maximum.

Dans le cas d'un système rural simple – un village, par exemple – il faut analyser sa diversité propre, ce qui implique : l'examen de la biodiversité – l'analyse des systèmes de production et de la diversité de ses composantes et de la multitude de ses productions – l'évaluation de la diversité sociale et culturelle – les relations avec les villages voisins.

Il est utile de signaler que plus le centre de peuplement est important, plus sa diversité sera grande et plus sera-t-il stable et en mesure de jouer un rôle important comme pôle de développement rural et agricole.

e. Évolution du système

Le système par sa diversité, sa complexité, sa stabilité et son équilibre évolue dans le temps vers plus de complexité, ce qui lui donne plus de stabilité.

La finalité du développement rural durable est de faire en sorte que les systèmes de production et leur environnement qui est le village deviennent apte à l'autodéveloppement harmonieux, ce qui nécessite une diversité polyvalente. Quand la diversité diminue à cause de la dégradation de l'environnement et de la migration des jeunes vers les villes, le développement peut être stoppé.

5. Les niveaux d'intégration dans un système

L'approche systémique dans l'étude d'un projet de développement rural et agricole intégré, fondé sur le concept de durabilité, implique la prise en considération de la totalité des éléments qui composent le milieu rural et d'en considérer les différentes interactions. D'où découle la « notion d'intégration ».

Dans les projets de développement rural et agricole, on distingue habituellement les six niveaux d'intégration suivants : (1) l'écosystème (2) les systèmes de production ; (3) les politiques sectorielles liées à la mise en valeur des ressources naturelles (agriculture, agroforesterie, foresterie, pastoralisme, élevage, zones protégées, etc.) ; (4) les politiques sectorielles liées au développement communautaire (intégration entre la ville et la campagne) ; (5) l'approche multisectorielle et l'intégration institutionnelle qui comprend l'ensemble des secteurs qui concourent au développement (éducation, agriculture, santé, industrie, transport, etc.) ; (6) l'environnement qui intègre la totalité des éléments qui s'interagissent dans la zone rurale à développer.

Bibliographie

1. BAUMER M. – « Agroforesterie et désertification. » ICRAF, CTA, Wageningen. Pays-Bas, 260p., 1987.

2. BENACHENHOU A. – « Environnement et développement. » *Revue Tiers Monde*, t. XXXIII, Avril-Juin 1992.

3. BOUDET G. – « Peut-on améliorer la gestion des pâturages sahéliens ? » *Sécheresse*, n° 1, 55-60, 1990.

4. « Commission mondiale sur l'environnement et le développement. » – *Notre avenir à tous*, Montréal, Les Éditions du Fleuve, 255p., 1988.

5. DRIJVER C.A. – « L'impact sur l'environnement, désastre ou progrès. » *Le Courrier ACP*, n° 124, l'Irrigation, Nov.- Déc., 68-71, 1990.

6. DUFUMIER M. – « Environnement et développement rural. » *Revue Tiers Monde*, t. XXXIII, n° 130, Avril-Juin, 295-310, 1992.

7. FAO – « Le défi de l'aménagement durable des forêts. Quel avenir pour les forêts mondiales ? » FAO, Rome, 122p., 1994.

8. FAO – « Méthode provisoire pour l'évaluation de la dégradation des sols » (avec 2 cartes) FAO/UNEP/UNESCO, Rome, 1980.

9. GENY P., WAECHTER P., YATCHINOVSKY A. – « Environnement et développement rural. » : *Guide de la gestion des ressources naturelles.* Éditions Frison-Roche, 418p., 1992.

10. JUNG H.J., BACH W. – « The effects of Model Generated Climatic Changes due to CO_2 Doubling on Desertification Process. » In : Fantechi and Margaris Ed.- *Desertification in Europe.* D. Reidel Publ. Cie, Dordrecht, 1986.

11. KABALA D.M. – « Protection des écosystèmes et développement de la société : état d'urgence en Afrique. » Collection Environnement. Ed. L'Harmatan, Paris, 271p., 1994.

12. LONG G. – « Les terrains de parcours de plaine, de plateau et de basse montagne dans la région méditerranéenne. » *Fourrage*, vol. V, 97-127, 1956.

13. NAHAL I. – « L'Homme et la désertification au Proche-Orient. » *Sécheresse*, n° 4, vol. 2, décembre, 271-278, 1991.

14. NAHAL I. – « La désertification dans le monde Arabe. » Publications de l'Institut Arabe pour le Développement, Beyrouth, 263p. (en Arabe), 1987.

15. NAHAL I. – « Classement provisoire des terrains et remèdes pour la lutte contre la désertification en Syrie. » *In : SOLS*, I.N.A. Paris – Grignon, n° 14, 39-70, 1984.

16. NAHAL I. – « Problèmes de désertification en Région Méditerranéenne. » *In : SOLS,* I.N.A. Paris – « Grignon, n° 14, 71-103, 1984.

17. NAHAL I. – « Principes de conservation du sol. » Masson et Cie, Paris, 140p., 1975.

18. ONU – « Perspectives socio-économiques mondiales jusqu'à l'an 2000. » – Département des affaires économiques et sociales internationales. New York, F.90. II, C2 et Annuaire satistique 1977, 1990.

19. STREETEN P. – « Des institutions pour un développement durable. » *Revue Tiers Monde*, t. XXXIII, Avril-Juin, 455-469, 1992.

20. TABUTIN D., THILTGES E. – « Relations entre croissance démographique et environnement. Du doctrinal à l'empirique. » *Revue Tiers Monde*, t. XXXIII, n° 130, Avril-Juin, 273-294, 1992.

21. PRETTY J.N., THOMPSON J., HINCHCLIFFE F. – « Sustainable Agriculture : Impacts on Food Production and Challenges for Food Security. » IIED, *GateKeeper Series*, No. 60, London, 27p., 1996.

22. UNEP – « Conférence des Nations Unies sur la désertification. » Résumé, plan d'action et résolutions, Nairobi, Kenya, 42p., 1978.

23. UNESCO – « Réserves de la biosphère : la stratégie de Séville et le cadre statuaire du réseau mondial. » UNESCO, Paris, 20p., 1996.

24. WRI/UICN/PNUE – « Global biodiversity strategy, guidelines for action to save, study and use of earth biotic wealth sustainably and equitably. » (En collaboration avec la FAO et l'UNESCO), Washington DC. 244p., 1992.

Glossaire[1]

Agro-sylvo-pastoral (équilibre) : proportion satisfaisante entre les cultures (ager), la forêt (sylva) et les pâturages.

Association végétale : groupement de végétaux en équilibre, au moins momentané, avec le milieu, et caractérisé par sa composition floristique.

Capacité agrologique des terres : La capacité agrologique d'une terre est l'ensemble des caractéristiques de cette terre qui la désigne pour un emploi déterminé : soit pour la production de produits végétaux, soit pour la production d'une végétation permanente (herbages, forêts).

Climax : association vers laquelle tendent la végétation et la faune d'un lieu donné, dans des conditions naturelles, en l'absence de l'intervention de l'Homme.

Culture de couverture : culture de plantes spécialement couvrantes utilisées pour la lutte contre l'érosion du sol.

1. Les définitions sont tirées pour la plupart du *Dictionnaire des sols* de Plaisance et Cailleux, 1958, du *Dictionnaire de l'environnement, les termes normalisés*, Association française de normalisation (AFNOR), 1994 et du *Dictionnaire forestier multilingue* de A. Métro, 1975, CILF.

Communauté végétale : tout rassemblement de plantes vivant ensemble, sans que cela corresponde forcément à une écologie particulière.

Cycle de l'azote : cycle des processus par lesquels l'azote et ses composés sont utilisés et transformés dans la nature.

Cycle du phosphore : cycle des processus par lesquels le phosphore et ses composés sont utilisés et transformés dans la nature.

Cycle de l'eau : cycle naturel où l'eau s'évaporant de la surface de la terre, en particulier des océans vers l'atmosphère, y retourne sous forme de précipitations. Ce cycle inclut l'absorption de l'eau par les plantes suivie de l'évaporation, de même que le passage de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur préalablement à son retour à la terre sous forme de précipitations.

Eau saline : eau ayant une teneur en sels, et notamment en chlorure de sodium, supérieure à celle de l'eau douce, mais inférieure à celle de l'eau de mer.

Écologie : science traitant des relations des organismes vivants entre eux et avec leur milieu.

Édaphique : qui a rapport au sol ; (ex : facteur édaphique).

Eutrophisation : enrichissement de l'eau, qu'elle soit douce ou saline, par des nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accéléreront la croissance d'algues et des formes plus développées de la vie végétale.

Évapotranspiration : somme de l'évaporation issue d'une surface recouverte de végétation. Elle comprend l'eau captée par la végétation puis éliminée par évaporation, l'eau éliminée par évaporation à la surface sèche des feuilles (transpiration), et l'évaporation venue du sol.

Garrigue : formation végétale dense résultant de la dégradation de la forêt sur sol calcaire et formée d'arbustes et d'arbrisseaux sous climat méditerranéen.

Lande : formation d'arbrisseaux et sous arbrisseaux en buisson épars et plantes herbacées sous climat tempéré.

Lutte biologique : méthode qui consiste à réduire, plus ou moins durablement, les dommages causés aux cultures, aux forêts ou à toute autre formation végétale par des animaux, végétaux, ou virus qui leur nuisent, en utilisant rationnellement les ennemis biotiques naturels de ces derniers.

Lutte intégrée : méthode qui consiste à protéger rationnellement les cultures, les forêts ou toute autre formation végétale contre les animaux, végétaux ou virus, en utilisant judicieusement tous les facteurs biotiques ou abiotiques qui peuvent avoir une action sur ces ennemis, ainsi que sur les plantes hôtes elles-mêmes.

Maquis : formation végétale dense d'arbustes et arbrisseaux sur sol siliceux et sous climat méditerranéen.

Nappe phréatique, nappe libre : niveau supérieur d'une eau souterraine dormante ou naturellement mobile sous laquelle, le sol est saturé d'eau, excepté là où cette surface est imperméable.

Polluant : altéragène physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance.

Pollution : 1) introduction, directe ou indirecte, d'un polluant dans un milieu déterminé ; 2) résultat de cette action : présence de ce polluant dans le milieu.

Roche-mère : roche (cohérente ou meuble) à partir de laquelle s'est constitué le sol par les altérations physiques, chimiques et biologiques.

Structure du sol : mode selon lequel les particules des diverses fractions des sols se combinent en agrégats élémentaires.

Texture du sol : composition proportionnelle d'un sol en fractions granulométriques, c.à.d. en éléments de la terre fine classés par catégories de grosseurs. Ex : texture argileuse, texture limoneuse, etc.

Achevé d'imprimer sur les presses d'Offset Services
56, rue Lucien Dupuis - 28500 VERNOUILLET

La collection **Universités francophones**, créée en 1988 à l'initiative de l'Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche, propose des ouvrages modernes répondant prioritairement aux besoins des étudiants et chercheurs francophones, et se compose de titres originaux paraissant régulièrement.

Leurs auteurs appartiennent conjointement aux pays du Sud et du Nord et rendent compte des résultats de recherches et des études récentes entreprises en français à travers le monde. Ils permettent à cette collection pluridisciplinaire de couvrir progressivement l'ensemble des enseignements universitaires en français.

Enfin, la vente à un prix préférentiel, des ouvrages destinés aux pays du Sud tient compte des exigences économiques nationales et assure une diffusion adaptée aux pays francophones.

Ainsi, la collection **Universités francophones** constitue une bibliothèque universitaire de référence riche et complète répondant aux besoins de l'étudiant, du chercheur et du professionnel.

Prix 59 FF • Prix préférentiel UREF (Afrique, Asie, Amérique Latine, Moyen-Orient, Haïti) :

9 782843 710285

ISBN 2 84371 028 6