



Date: 19 mars 2012

**5<sup>ème</sup> SESSION DE LA RÉUNION DES PARTIES CONTRACTANTES**  
*14 – 18 mai 2012, La Rochelle, France*

*« Les oiseaux d'eau migrateurs et les hommes – des zones humides en partage »*

---

**LES EFFETS NÉGATIFS DES PRODUITS AGROCHIMIQUES  
SUR LES OISEAUX D'EAU MIGRATEURS EN AFRIQUE**

Septembre 2011

*Compilé par M. Peter Wolanski*

*sous la forme de sa thèse de maîtrise dans le cadre du programme international de maîtrise de  
Sciences agricoles et Gestion des ressources dans les régions tropicales et subtropicales, au  
Département d'écologie paysagère culturelle et d'écologie animale,  
Université rhénane Friedrich-Wilhelms de Bonn, Allemagne*

## Table des matières

Table des matières.....	2
Avant-propos.....	3
Remerciements.....	3
Liste des abréviations.....	4
Résumé analytique.....	5
Introduction.....	8
1. Une introduction aux conditions de la migration des oiseaux et au déclin des oiseaux migrateurs en Afrique.....	9
1.1 Les conditions de la migration des oiseaux.....	9
1.2 La migration intra-africaine, migration à l'intérieur du continent africain.....	10
1.3 La migration paléarctique, migration d'Europe en Afrique.....	11
1.4 Le phénomène de déclin des populations d'oiseaux.....	12
2. L'état des populations d'oiseaux d'eau migrateurs couvertes par l'AEWA en Afrique.....	14
2.1 Répartition sur le continent africain.....	15
2.2 Habitats.....	16
2.3 Nourriture.....	16
2.4 Conclusion.....	17
3. Les produits agrochimiques et leur impact sur l'environnement et la faune sauvage.....	18
3.1 Produits agrochimiques, une définition.....	18
3.2 Les fertilisants et leurs impacts sur l'environnement et la faune sauvage.....	19
3.3 Les pesticides et leurs impacts sur l'environnement et la faune sauvage.....	22
3.4 L'impact des produits agrochimiques sur les oiseaux.....	31
3.5 Impact des pesticides sur les oiseaux migrateurs en Afrique.....	37
4. Agriculture et application de produits agrochimiques en Afrique.....	39
4.1 Une introduction à l'utilisation des sols en Afrique.....	39
4.2 Application des produits agrochimiques en Afrique.....	40
4.3 Introduction au zonage agro-écologique et la diversité de l'agriculture africaine.....	44
4.4 Études de cas.....	47
4.5 L'avenir de l'agriculture africaine.....	56
5. Synopsis.....	59
6. Références.....	61
Annexe I – Tentative d'analyse des populations de l'AEWA en Afrique.....	66
Annexe II – Tableaux croisés originaux.....	74
Annexe III – Les Systèmes de production agricole en Afrique.....	80

## **Avant-propos**

Le présent rapport a été élaboré par Peter Wolanski sous forme de thèse de maîtrise de sciences au Programme international de maîtrise de sciences : Sciences agricoles et gestion des ressources dans les régions tropicales et subtropicales au Département d'écologie culturelle du paysage et d'écologie animale, à l'Université Friedrich-Wilhelms de Bonn, Allemagne. Il a été supervisé en coopération avec le Secrétariat PNUE/AEWA.

Beaucoup d'oiseaux d'eau migrateurs sont en déclin et aujourd'hui, les raisons exactes en sont encore inconnues. L'objectif de cette thèse est de réunir des données prouvant qu'entre autres facteurs, l'utilisation de produits agrochimiques a un impact sur les oiseaux d'eau migrateurs. Des données empiriques faisant défaut, cette thèse s'appuie entièrement sur les ouvrages écrits sur ce sujet.

## **Remerciements**

Je remercie tout spécialement :

Le Prof. Dr. Dieter Wittmann et le Prof. Dr. Bodo M. Mösel (Université de Bonn), Sergey Dereliev, (Secrétariat PNUE/AEWA), le Dr. Beate Pfistner et ses collègues (Université de Bonn), Susanne Hermes (ARTS), le Dr. Renate van den Elzen, le Dr. Fiona Sanderson, Bert Lenten, Marie-Therese Kämper, Florian Keil, Catherine Lehmann, Dunia Sforzin, Jolanta Kremer, Nina Mikander, Evelyn Parh Moloko, Camillo Ponziani (Secrétariat PNUE/AEWA) et Robert Vagg (Secrétariat PNUE/CMS).

## Liste des abréviations

ACSF-CA/FEMME	Déclaration de la société civile africaine au conseil d'administration/Forum ministériel mondial sur l'environnement
AEWA	Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie
CAAPD/PDDAA	Programme détaillé de développement de l'agriculture africaine
ChE	Acétylcholinestérase
CMDT	Compagnie malienne de développement des textiles
DDE	Un métabolite du DDT
DDT	Dichlorodiphényltrichloréthane
EMEA	Agence européenne des médicaments de l'Union européenne
EPA	Agence américaine pour la protection de l'environnement
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation
FAOSTAT	Base de données statistiques de la FAO
GTZ	Coopération technique allemande
HBC	Hexachlorate
LGP	Durée de la période de végétation
NEPAD	Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique
OC	Pesticide organochloré
OP	Pesticide organophosphaté
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMS-MCL	Limites maximales de contamination par les pesticides fixées par l'OMS
PAN	Réseau d'action contre les pesticides
PICC	Panel intergouvernemental sur le changement climatique
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
RDM	Rapport sur le développement mondial
SPSS	Progiciel de statistiques pour les sciences sociales
UA	Union africaine
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
USDA	Ministère de l'Agriculture des États-Unis
ZAE	Zone agro-écologique
ZAER	Zone agro-écologique régionale

## Résumé analytique

De nombreux oiseaux d'eau migrateurs sont en déclin. Afin d'examiner les causes possibles du déclin des populations à l'intérieur de l'Afrique, la présente étude tente d'analyser les effets négatifs des produits agrochimiques sur les oiseaux d'eau migrateurs sur le continent africain.

Pour se ravitailler durant leur périple, les oiseaux migrateurs ont besoin de réserves corporelles massives. La nourriture n'étant pas distribuée de façon égale tout le long de leur voyage, chaque année, beaucoup d'entre eux meurent de fatigue ou sont confrontés à des conditions de plus en plus dégradées.

Les oiseaux migrateurs arrivent en Afrique à la fin de la grande saison des pluies, lorsque la végétation est verte et que les insectes sont abondants. Toutefois, les conditions se détériorent de plus en plus jusqu'à ce que pour eux, le moment de partir soit venu.

On pense cependant que les principaux facteurs entraînant la diminution de leurs effectifs sont la sécheresse, la déforestation, mais aussi le remplacement des habitats naturels par l'agriculture.

Les oiseaux hivernant dans les savanes souffrent des plus importants déclinés alors que ceux hivernant dans les régions boisées sont moins affectés. Des déclinés particulièrement abrupts sont le plus communément observés parmi les oiseaux migrateurs afro-paléarctiques nichant dans les terres agricoles et la steppe ; en Eurasie, plus de la moitié des oiseaux migrants sur de longues distances sont classés comme étant des oiseaux des terres agricoles et de la steppe.

L'un des aspects de l'impact négatif de l'agriculture est celui des effets négatifs des produits agrochimiques, notamment les pesticides et les fertilisants. Principalement en Afrique subsaharienne, la législation des pesticides est insuffisante ou n'est pas mise en œuvre ou en application. Évaluer l'impact des produits agrochimiques – notamment les pesticides – sur les oiseaux d'eau migrateurs est relativement difficile. Des données empiriques font défaut et la libéralisation agricole a conduit à un commerce illicite des pesticides et à une utilisation non réglementée de ces derniers.

L'utilisation croissante de pesticides fait que les insectes dont les oiseaux migrateurs se nourrissent sont moins disponibles, tandis que les pesticides peuvent aussi intoxiquer directement et tuer les oiseaux.

En raison de l'incohérence des données, une tentative d'analyse statistique demeure relativement hypothétique, comme le montrent les résultats suivants :

- Des 255 espèces couvertes par l'AEWA, un total de 217 espèces d'oiseaux d'eau migrateurs résident ou hivernent sur le continent africain.
- Un total de 382 populations a été enregistré par le document MOP 4.8/AEWA<sup>1</sup> comme résidents en Afrique.
- Les principales sources de nourriture de la majorité des oiseaux sont les insectes et leurs larves, et les arachnides, les crustacés, les gastéropodes et les poissons.
- Malgré les efforts pour protéger ces populations d'oiseaux d'eau migrateurs, un grand nombre d'entre eux sont en déclin.
- La majorité des oiseaux sont paléarctiques.
- Les migrants paléarctiques semblent décliner plus fortement que les migrants intra-africains.
- Les populations d'Afrique du Nord semblent décliner davantage (40,3 %) que celles d'autres parties de l'Afrique.

---

<sup>1</sup> [http://www.unep-aewa.org/meetings/en/mop/mop4\\_docs/mop4\\_docs.htm](http://www.unep-aewa.org/meetings/en/mop/mop4_docs/mop4_docs.htm)

Tous les résultats sont très vraisemblablement déformés par une distribution inégale des tailles de l'échantillon au sein des variables. Toutes les hypothèses doivent être examinées plus avant avec des données empiriques.

Les habitats naturels rivalisent avec les terres cultivées. La population croît et l'expansion des marchés de matières premières conduit à la transformation de la végétation naturelle en terres agricoles. L'expansion des terres agricoles et l'intensification de l'agriculture constituent la principale raison et un accélérateur de la dégradation des habitats et des pertes de biodiversité.

Il est prévu que la demande alimentaire double durant les cinquante prochaines années, principalement dans les pays en développement, et l'intensification agricole devrait s'accroître en Afrique subsaharienne. L'intensification de l'agriculture résulte automatiquement dans l'utilisation d'une quantité croissante de produits agrochimiques.

*Produits agrochimiques* est un terme générique désignant une vaste gamme de produits chimiques utilisés dans l'agriculture. Toutefois, dans le présent document, on se concentrera sur les fertilisants et les pesticides qui affectent directement ou indirectement les oiseaux d'eau migrateurs et leurs habitats. L'impact des produits agrochimiques sur les oiseaux est multiple et il faut faire une distinction entre les impacts directs et indirects.

Les fertilisants, par exemple, ont ainsi un effet indirect car ils peuvent entraîner l'eutrophisation induisant une détérioration des habitats, qui peut à son tour engendrer une baisse des ressources alimentaires disponibles et, dans le pire des cas, l'empêchera que les oiseaux mourront de faim.

Les impacts directs des pesticides sont par exemple la mort, les dérèglements hormonaux et les échecs de reproduction si, par exemple, un oiseau en a absorbé avec sa nourriture. Un impact indirect, par exemple, est la détérioration des habitats de par l'utilisation d'herbicides ou de fertilisants, de même que la perte de nourriture due à l'impact des insecticides sur les invertébrés. Il est bon de mentionner que bien que de nombreux oiseaux puissent se remettre rapidement de l'impact direct d'un pesticide, certaines populations peuvent demeurer restreintes en permanence ou même s'éteindre. Il est toutefois difficile d'évaluer le nombre d'oiseaux dont la mort est causée par les pesticides.

En Afrique, l'utilisation des sols est complexe et liée au développement économique, à la politique nationale et aux coutumes locales d'un pays ou d'une région. L'agriculture africaine est vulnérable, car elle est menacée par la sécheresse, l'épuisement des nutriments entraînant une baisse de la fertilité du sol, l'élevage croissant et les nuisibles. Ce qui distingue la majorité des agriculteurs africains des agriculteurs européens est le manque de contrôle sur leur environnement. L'utilisation de technologies mécaniques agricoles est moins développée en Afrique, notamment dans les parties sud du Sahara. C'est en Afrique subsaharienne que l'utilisation de fertilisants inorganiques est la plus faible du monde. La plus grande partie de l'Afrique est sèche ; l'irrigation est limitée et la plupart des cultures sont dépendantes des précipitations. Pour cette raison, l'agriculture est souvent victime de sécheresses périodiques. Les pertes et les échecs de cultures, par exemple en raison des nuisibles, représentent une menace importante pour le bien-être et la survie physique.

En outre, la population de la plupart des pays d'Afrique augmente, s'accroissant deux fois plus vite dans les villes que dans les campagnes. Ce processus d'urbanisation a un impact direct sur l'agriculture. La demande de produits agricoles change. Le riz et le blé pour le pain remplacent les cultures traditionnelles telles que le millet et le sorgho. La majorité des fermiers africains sont trop pauvres pour intensifier leur production en irrigant ou au moyen de produits agrochimiques, et ont de ce fait besoin de plus grandes parcelles. La culture itinérante, une utilisation des sols traditionnelle laissant les sols en jachère pour

éviter la diminution des nutriments, a été progressivement remplacée par la culture permanente. En conséquence les nutriments s'épuisent, entraînant une diminution de la matière organique du sol et des nutriments et, finalement, de plus faibles rendements.

Selon les tendances actuelles du marché mondial d'engrais, l'Afrique ne compte que de façon marginale dans la consommation mondiale de fertilisants. Des coûts de transport élevés, notamment dans les pays enclavés dans les terres et toute une série d'autres facteurs qui limitent encore les marchés d'intrants et d'extrants, entravent fortement l'utilisation de fertilisants.

Dans les agro-écosystèmes tropicaux, la production agricole est fortement affectée par les nuisibles tels qu'arthropodes, pathogènes, nématodes et plantes adventices. Dans les tropiques, la période de croissance des végétaux ne connaît pas de périodes annuelles de repos. Par conséquent, les nuisibles se reproduisent toute l'année sans connaître les déclin communs aux climats tempérés. Ceci rend les agro-écosystèmes tropicaux imprévisibles et difficiles à gérer.

À travers les siècles, les fermiers africains ont développé des méthodes traditionnelles pour s'attaquer aux nuisibles et aux maladies, et ils sont bien venus à bout des nuisibles indigènes des cultures indigènes. Avec l'introduction de rendements plus élevés et de variétés plus résistantes, l'agriculture africaine a changé et est devenue de plus en plus dépendante des pesticides. Ceci est encore aggravé par la croyance que les pesticides sont la porte de sortie à la pauvreté, menant à un afflux mal coordonné de pesticides de l'étranger formant de larges stocks de pesticides obsolètes qui deviennent un danger pour l'environnement.

Des programmes d'ajustement structurels ont mis les fermiers en difficulté financière. Les prix des pesticides et des fertilisants augmentant, et la majorité des fermiers étant trop pauvres pour les acquérir, la productivité a décliné. Pour faire face à la baisse de la productivité, la superficie cultivée s'accroît. Peu de réserves naturelles offrent refuge aux espèces de faune sauvage telles que les oiseaux migrateurs. Les autorités africaines manquent également de fonds et de main d'œuvre pour assurer la qualité des pesticides et le contrôle de l'utilisation des produits agrochimiques.

Notamment les petits exploitants, ce que sont la majorité des fermiers africains, manquent de fonds pour acquérir des pesticides par des voies officielles et ils se tournent de plus en plus vers les marchés illicites. Ceux-ci commercialisent souvent des pesticides extrêmement dangereux dont la qualité n'a pas été testée. Le peu d'informations et de connaissances, dus à diverses raisons, entraînent l'utilisation de mauvais dosages, le maintien d'intervalles trop courts ou même l'utilisation de pesticides inappropriés.

L'impact sur l'environnement est sensible. La biodiversité décline, le cycle des nutriments dépendant du renouvellement de la faune est menacé et une résistance croissante aux pesticides conduit à une utilisation encore accrue de ces derniers.

Les études de cas confirment qu'en Afrique, il a été et il est toujours question de pollution par les pesticides. Ces études confirment également que les fermiers ont des connaissances limitées sur les nuisibles et les pesticides qu'ils utilisent, et que de plus en plus de pesticides sont employés dont il est prouvé qu'ils ont un impact négatif sur les oiseaux.

Toutes ces constatations corroborent l'hypothèse que la cause du déclin des effectifs d'oiseaux d'eau migrateurs est, entre autres facteurs, l'expansion et l'intensification agricoles, et l'utilisation croissante de produits agrochimiques.

## Introduction

Depuis des siècles, la migration de très nombreux oiseaux est l'un des plus beaux spectacles offerts par la nature et l'effort qu'elle demande est toujours considéré comme miraculeux. Les nombreux oiseaux migrateurs afro-paléarctiques et intra-africains sont en déclin et les raisons de cette évolution n'ont toujours pas été déterminées. Entre autres facteurs, les produits chimiques agricoles tels que les pesticides (principalement les herbicides et les insecticides) et les fertilisants utilisés dans l'agriculture africaine (comme en Europe) peuvent avoir un impact sur leurs populations. Les produits agrochimiques peuvent tuer les oiseaux directement, affecter leur métabolisme, leur reproduction et leurs ressources alimentaires, et détruire leurs habitats.

Toutefois, il est difficile d'évaluer l'impact qu'ont les produits agrochimiques, et notamment les pesticides, sur les oiseaux d'eau migrateurs en Afrique, parce que des données empiriques font défaut et que la libéralisation de l'agriculture a conduit au commerce illicite des pesticides et à une utilisation mal réglementée de ces derniers. Principalement en Afrique subsaharienne, la législation des pesticides est insuffisante ou n'est pas mise en œuvre ou en application. De nombreux fermiers pauvres acquièrent leurs pesticides par l'intermédiaire du commerce illicite et manquent de connaissances sur les quantités à utiliser. L'extension de la superficie agricole diminue les habitats naturels des populations d'oiseaux d'eau migrateurs et selon toutes les probabilités, ceux-ci sont également affectés par les produits agrochimiques.

La présente thèse tente – malgré la disponibilité limitée de littérature utilisable – de réunir des preuves concernant les impacts négatifs des produits agrochimiques sur les oiseaux d'eau migrateurs.

- Le Chapitre 1 offre une introduction à l'écologie de la migration des oiseaux et au déclin des oiseaux migrateurs en Afrique,
- Le Chapitre 2 évalue les informations sur 382 populations d'oiseaux d'eau couvertes par l'AEWA pour l'Afrique. Il résume les principales constatations de l'analyse statistique qui a été réalisée afin d'évaluer la corrélation entre les populations d'oiseaux d'eau déclinantes et leur comportement migratoire et distribution géographique,
- Le Chapitre 3 définit les termes *produits agrochimiques*, *fertilisant* et *pesticide*, et décrit l'impact qu'ont les fertilisants et les pesticides sur l'environnement et les oiseaux,
- Le Chapitre 4 compile les informations disponibles sur l'utilisation des produits agrochimiques en Afrique et l'impact qu'ils ont sur l'environnement. Il comprend des études de cas de plusieurs pays, présente au lecteur le concept de zonage agro-écologique, décrit différents systèmes agricoles en Afrique et tente de fournir les perspectives d'avenir de l'agriculture africaine, et
- Le Chapitre 5 récapitule les informations de tous les chapitres afin de prouver que les oiseaux d'eau migrateurs sont très probablement affectés par l'utilisation de produits agrochimiques en Afrique.

# **1. Une introduction aux conditions de la migration des oiseaux et au déclin des oiseaux migrateurs en Afrique**

Depuis des générations, les hommes considèrent la migration annuelle des oiseaux comme un miracle. Le voyage des oiseaux migrateurs peut couvrir des distances de plus de 10 000 km et il leur fait traverser des aires inhospitalières tels que les mers et les déserts (Newton 2008).

## **1.1 Les conditions de la migration des oiseaux**

Les épreuves présentées par le voyage migratoire annuel sont contrebalancées par les bénéfices offerts. S'il n'avait pas été avantageux de migrer deux fois par an, ce comportement n'aurait pas évolué ou une sélection naturelle typique l'aurait éliminé. La migration doit de ce fait être considérée comme une merveilleuse stratégie de survie.

Le premier avantage est la capacité des oiseaux migrateurs à vivre dans deux régions différentes au fil des saisons, quand chacune des ces régions offre des conditions favorables. Le second avantage est qu'en quittant au printemps leurs sites d'hivernage pour leurs sites de reproduction, les oiseaux migrateurs réduisent la compétition entre eux et les autres espèces d'oiseaux résidentes pour l'espace et les ressources telles que la nourriture pour eux-mêmes et leur progéniture.

Toutefois, outre d'extraordinaires talents de navigation, la migration requiert des réserves corporelles massives pour alimenter leurs vols non-stop d'au moins dix heures d'affilée (Newton 2008 et al.) et même plus. Des réserves de graisse sont nécessaires pour alimenter la contraction aérobie des muscles de vol qui permettent à l'oiseau de voler longtemps avec un minimum de fatigue. La digestion des oiseaux est très rapide. Pour remplacer l'énergie nécessaire à un vol de longue durée, il est essentiel soit que de la nourriture soit ingurgitée dans des intervalles relativement courts, soit qu'elle soit stockée avant la migration. Au cours de périodes en-dehors de la migration, la graisse représente de 3 à 5 % du poids du corps d'un oiseau. Cependant, ce taux de graisse augmente d'environ 15 % pour les oiseaux migrant sur des distances courtes et moyennes et de 30 à 50 % pour ceux qui migrent sur de longues distances. Par conséquent, on peut dire que les oiseaux migrateurs deviennent « littéralement obèses » (Zimmerman 1998). Il est bon de mentionner que certaines espèces qui se sont principalement déplacées en marchant ou en nageant, telles que les grèbes et les râles, ont à peine volé au cours des mois précédents leur migration. Certains oiseaux migrent même en marchant et en nageant pendant au moins une partie de leur voyage, même s'ils sont capables de voler. Néanmoins, le principal avantage du vol demeure la rapidité.

La capacité des oiseaux migrateurs à voler non-stop est limitée par le besoin de ravitaillement, c'est-à-dire de nourriture et d'eau, plutôt que par le besoin de repos. Toutefois, des quantités plus importantes de nourriture emportée sous forme de graisse, réduisent également la longueur maximum de vol non-stop possible (Newton 2008).

La plupart des oiseaux sont diurnes et il est remarquable que beaucoup d'entre eux choisissent de voyager de nuit et non de jour pour voyager (Zimmerman 1998). Si l'on compare différentes familles d'oiseaux, on ne trouve aucun lien évident et cohérent entre les temps de migration, la difficulté du voyage, les habitats, le mode d'alimentation ou autres aspects écologiques (Newton 2008). Les oiseaux planeurs terrestres tels que les cigognes dépendent de thermiques de jour et doivent donc voler durant la journée.

Les plus petits oiseaux insectivores peuvent migrer de nuit pour éviter les ennemis, mais aussi pour pouvoir profiter de la journée pour chasser. Se nourrissant exclusivement de jour, ils seraient incapables de trouver de la nourriture avant le lendemain matin s'ils atteignaient leur destination à la tombée de la

nuit. Cette incapacité à se nourrir retarderait d'autres vols et pourrait entraîner un plus grand épuisement des oiseaux ou même leur mort si leur arrivée dans la soirée coïncidait avec un temps froid ou orageux. Le calendrier des migrations nocturnes permet un rétablissement complet et la poursuite du voyage le soir suivant, après la restauration de stocks de graisse suffisants. En bref, les migrants nocturnes ont l'estomac plein pendant leurs voyages dans la nuit.

L'effort du vol génère une chaleur considérable. Pour conserver une température du corps optimale, les oiseaux en vol perdent activement de la chaleur grâce à l'évaporation de l'eau par le biais des poches d'air qui font partie de leur système respiratoire. La migration nocturne offre également l'avantage de températures environnementales plus fraîches.

Les échassiers et les oiseaux nageurs peuvent se nourrir à toute heure et migrer de jour ou de nuit, ou même les deux. Certains oiseaux plongeurs, y compris les canards qui s'immergent en cas de danger, voyagent souvent au-dessus de l'eau de jour et au-dessus des terres la nuit (Zimmerman 1998 et al). Même si pour tous les oiseaux migrateurs, migrer le plus rapidement possible pourrait constituer un avantage, minimisant le temps passé à voyager et maximisant la période de reproduction, d'hivernage ou de mue, seuls peu d'entre eux sont capables de réaliser tout le voyage en un seul vol. Les vols longs non-stop exigent de grosses réserves alimentaires et par conséquent, la migration est habituellement divisée en périodes de vol, réduisant les réserves et périodes de halte pour les reconstituer. Certains oiseaux peuvent trouver de la nourriture disponible le long de leur voie de migration et ils peuvent s'arrêter presque n'importe où. D'autres doivent rallier de longues distances entre les sites d'alimentation successifs. En partant de leurs sites de reproduction, de nombreux oiseaux migrent en un seul vol vers des régions spécifiques du sud de l'Europe ; ils s'y réapprovisionnent et reprennent leur voyage sans d'autres longues interruptions jusqu'en Afrique subsaharienne. Les plus petits oiseaux ne peuvent pas survivre beaucoup plus d'un jour sans nourriture. Leur méthode de voyage se compose de vols courts, d'à peine quelques heures, suivis de haltes pour se nourrir. Les plus grands oiseaux, tels les cygnes et les oies, sont en mesure de survivre plusieurs jours sans nourriture et de voyager pendant de longues périodes sans se ravitailler. Les oiseaux planeurs, notamment, dépensent à peine un peu plus d'énergie pendant leur migration que pendant leur vie quotidienne normale (Newton 2008).

Pendant le processus de migration, des volées d'une seule espèce sont constituées et le mélange de différentes espèces, observé dans des volées de canards, demeure une exception. Généralement, les espèces proches parentes ou des espèces utilisant la même nourriture ne migrent pas en même temps à travers la même région.

Les périodes de migration intenses ont été échelonnées et les espèces d'oiseaux ont été réparties de façon égale tout au long de la saison par le processus d'évolution afin d'éviter l'épuisement des vivres.

Beaucoup d'espèces d'oiseaux migrateurs demeurent en volées denses, d'autres demeurent en volées dispersées et certains encore voyagent seuls. La formation de volées offre des avantages tels que la protection contre les prédateurs, et facilite la découverte de nourriture. Les volées en V ont une fonction de conservation de l'énergie et permet aux oiseaux qui la constituent de gagner en aérodynamique grâce aux tourbillons des bouts d'ailes de l'oiseau de tête (Zimmerman 1998).

## **1.2 La migration intra-africaine, migration à l'intérieur du continent africain**

La région d'Afrique comprend moins de la moitié de la taille des sols de reproduction eurasiens, mais même au sud du Sahara, l'Afrique est un vaste territoire s'étendant sur plus de 21 millions de km<sup>2</sup>. De chaque côté de l'équateur, les précipitations et les zones de végétation sont identiques. Par conséquent, beaucoup d'oiseaux peuvent trouver de part et d'autres des habitats équivalents, allant de forêts à feuilles caduques jusqu'à des savanes de plus en plus sèches en passant par des prairies. Les saisons sèches sont inversées entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud. Un total de 500 oiseaux africains qui résident sur

le continent africain et migrent sont appelés « migrants intra-africains ». La plupart d'entre eux migrent entièrement dans les tropiques Nord ou demeurent entièrement dans les tropiques Sud et les zones tempérées. La tendance générale consiste à éviter la saison sèche en se déplaçant des régions les plus sèches vers des régions plus humides. Peu d'espèces traversent l'équateur pour vivre dans des habitats équivalents. Ceux-ci se reproduisent dans les tropiques Nord et demeurent en-dehors de la période de reproduction dans les tropiques Sud. En outre, dans les régions montagneuses de l'est et du sud de l'Afrique, beaucoup d'espèces d'oiseaux se déplacent entre différentes altitudes (Newton 2008 et collègues).

### **1.3 La migration paléarctique, migration d'Europe en Afrique**

Chaque automne, après s'être reproduits en Eurasie, plusieurs millions d'oiseaux se rendent dans leurs sites d'hivernage d'Afrique tropicale, pour revenir ensuite au printemps suivant. Pour les oiseaux migrateurs, il s'agit d'un voyage long et difficile. Les oiseaux de l'ouest de l'Eurasie doivent traverser la mer Méditerranée et le désert du Sahara, et ceux venant de plus à l'Est doivent traverser les déserts du sud-ouest de l'Asie et d'Arabie. Les espèces d'oiseaux réalisant ces migrations sont appelés « migrants paléarctiques » (Newton 2008). Malheureusement, on en sait peu sur les cycles biologiques de la majorité des populations d'oiseaux traversant le Sahara. La plupart des migrants du paléarctique sont des oiseaux d'eau et des insectivores. Ils se dispersent à travers le continent africain. Certains demeurent au nord du Sahara mais un nombre important d'entre eux le traverse pour hiverner sous les tropiques Nord et Sud. Ceux qui traversent le Sahara demeurent en Afrique sub-saharienne pendant environ six mois et se dispersent à travers le continent africain (Zwarts 2009). La migration vers l'Afrique n'est pas sans risque. Le taux de mortalité des juvéniles migrants traversant le Sahara est de 31 % comparé à une mortalité de 2 % pour les oiseaux adultes (Strandberg 2009).

On distingue sept catégories :

1. Les oiseaux ayant leurs quartiers d'hiver en Afrique équatoriale et australe (par exemple la Bondrée apivore, le Faucon hobereau et l'Hirondelle rustique),
2. Les oiseaux hivernant en grande partie au nord du Sahara mais dont des effectifs importants traversent le désert pour hiverner sous les tropiques Nord et Sud (par exemple le Héron cendré et le Pouillot véloce),
3. Les oiseaux hivernant en grande partie au sud du Sahara, souvent largement dispersés à travers le continent, y compris le Sahel et la zone littorale (par exemple le Balbuzard pêcheur et le Chevalier aboyeur),
4. Les oiseaux hivernant en grande partie au sud du Sahara et se déplaçant progressivement vers le sud du Sahel, à destination de la zone du Soudan et de Guinée (par exemple le Gobe-mouche noir et la Fauvette épervière),
5. Les oiseaux demeurant dans la zone du Sahel et du Soudan jusqu'en novembre, souvent muant et s'engraissant avant d'entamer la seconde phase de la migration vers le Sud, dans les sites d'hivernage de la zone de végétation guinéenne (par exemple le Rossignol progné, la Rousserolle turdoïde et la Fauvette des jardins),
6. Les oiseaux hivernant dans le Sahel en Afrique de l'ouest, mais allant plus au Sud en Afrique de l'Est (par exemple les oiseaux d'Europe de l'Est et d'Asie tels que le Busard cendré, le Combattant et l'Hirondelle des rivages). Cette catégorie inclut des espèces dont les populations d'Europe septentrionale dépassent celles d'Europe méridionale (par exemple le Busard des roseaux et la Bergeronnette printanière), et
7. Des oiseaux demeurant dans les savanes tropicales du Nord tout au long de l'hiver septentrional, l'accent étant mis sur le Sahel et le Soudan voisin, et la zone nord de la Guinée. Cette catégorie inclut des oiseaux d'eau largement restreints aux plaines inondables (par exemple l'Ibis falcinelle et le canard) et aux habitats typiques des savanes (par exemple la Tourterelle des bois, le Torcol fourmilier et l'Alouette calandrelle) (Zwarts 2009 et collègues).

Pour les migrants paléarctiques, il y a moins de nourriture disponible au nord qu'au sud de l'équateur. La croissance végétale a lieu durant la saison humide, qui est également la principale période de productivité (Newton 2008).

Les migrants arrivent à la fin de la grande saison des pluies, lorsque la végétation est verte et les insectes abondants (Zwarts 2009). Lorsque les migrants du Nord arrivent, la saison des pluies est terminée et ils rencontrent des conditions qui se détériorent de plus en plus jusqu'au moment où ils repartent (Newton 2008). La végétation change, les points d'eau temporaires s'assèchent et le nombre d'insectes décroît (Zwarts 2009). Les oiseaux des zones humides, notamment, dépendent de l'eau de pluie qui s'est accumulée dans les trous et les vastes zones inondables. À la fin des pluies, ces réserves s'évaporent. Même si les plus petites zones s'assèchent vers la fin décembre, les zones les plus étendues fournissent toute l'année des sources de nourriture productives, même au sommet de la saison sèche, offrant les riches prairies impériales à la survie de communautés entières de faune sauvage. Ces zones sont toutefois menacées car elles sont réduites par le drainage et l'exploitation humaine (Newton 2008). Les forêts pluviales tropicales sont presque entièrement évitées tandis que le Sahel reçoit des nombres disproportionnés d'oiseaux d'Eurasie (Zwarts 2009).

La zone de savane du Sahel qui s'étend d'Ouest en Est à travers les tropiques Nord du continent africain est d'une importance cruciale pour les oiseaux migrateurs du paléarctique. Il s'agit de la première région où ils peuvent trouver de la nourriture après avoir traversé le Sahara et où de nombreux oiseaux doivent s'engraisser, à la période la plus sèche, lorsque la nourriture est rare, avant de pouvoir de nouveau traverser le Sahara sur leur chemin de retour. Malgré la sécheresse du Sahel, beaucoup d'oiseaux migrateurs y passent tout l'hiver ou une partie de ce dernier.

Les migrants, selon les espèces auxquelles ils appartiennent, arrivent au Sahel entre août et novembre. Ils arrivent pour la plupart en septembre, lorsque de nombreuses espèces africaines, après s'être reproduites au Sahel, se retirent plus au sud. C'est l'époque de la fin des pluies et la nature, encore verte et luxuriante, offre de la nourriture en abondance. L'arrêt des précipitations assèche toutefois progressivement l'environnement. De nombreux oiseaux migrants ne restent donc que quelques mois avant de poursuivre leur migration vers le sud. En Afrique de l'Ouest, la plupart des espèces migrent sur plusieurs centaines de kilomètres pour atteindre les savanes moins arides situées dans le Sud. D'autres vont plus loin encore, traversant la forêt équatoriale pour se retrouver dans les conditions de saison humide offertes par les forêts et savanes d'Afrique australe.

En Afrique de l'Est, les zones forestières sont plus inégalement réparties et les migrants trouvent des habitats appropriés dans les zones boisées et les savanes s'étendant du Sahel jusqu'en Afrique du Sud. Alors qu'à l'ouest la forêt équatoriale constitue une barrière, à l'est les migrants ont la liberté d'aller plus au sud sans devoir effectuer une seconde migration. Toutefois, avant chaque migration, les oiseaux doivent se nourrir afin d'accumuler suffisamment de graisse qui leur permettra de voler sur de longues distances. La majorité des oiseaux migrateurs terrestres du Paléarctique dépendent pour se nourrir des arthropodes. Ces derniers sont habituellement abondants pendant la saison humide, mais le Sahel offre aussi des insectes à profusion pendant la saison sèche. En général, les effectifs d'oiseaux migrateurs varient entre les différentes parties de l'Afrique selon la disponibilité des précipitations qui déterminent l'offre de nourriture (Newton 2008 et al.).

## **1.4 Le phénomène de déclin des populations d'oiseaux**

Les effectifs d'oiseaux migrants résidant en Afrique ont de toute évidence décliné depuis les années 1970 (Zwarts 2009). Ceci peut s'expliquer en partie par le drainage de 56 à 65 % de l'ensemble des zones humides européennes réalisé en 1985 afin de pratiquer une agriculture intensive (Finlayson 2005). De

1970 à 1990, 39 % des oiseaux d'eau migrateurs étaient en déclin et, de 1990 à 2000, ce taux était passé à 55 %. Cette tendance est nettement plus élevée parmi les migrants paléarctiques que chez les résidents et les migrants sur courtes distances.

« Au cours de la période 1970-2005, sur 127 espèces, 75 étaient en déclin », soit 59 % de tous les migrants transsahariens. Ceci équivaut à un déclin de 1,3 % par an, chiffre qui pourrait être encore plus élevé si la surveillance avait commencé plus tôt. Les déclins sont particulièrement élevés parmi les oiseaux paléarctiques passant la plus grande partie de la saison de reproduction en Afrique si ces oiseaux dépendent des zones humides des tropiques Nord. Ils sont fortement tributaires de quelques plaines d'inondation du Sahel, ce qui les rend très vulnérables aux sécheresses et aux activités humaines.

Les oiseaux hivernant dans les savanes ont subi les plus forts déclins tandis que ceux hivernant dans les zones boisées étaient les moins touchés. Des déclins particulièrement accusés étaient constatés au sein des migrants afro-paléarctiques se reproduisant dans les zones cultivées et les steppes, et plus de la moitié des oiseaux migrant sur de longues distances appartiennent à la catégorie des oiseaux des terres cultivées et des steppes en Eurasie. Ceci peut indiquer que ces oiseaux des terres agricoles sont doublement touchés, d'abord par la situation de l'agriculture en Eurasie et ensuite lorsqu'ils l'hivernent en Afrique dans les zones forestières et les savanes boisées. Contrairement aux zones humides qui se rétablissent rapidement après les sécheresses, les zones forestières et les savanes boisées ont subi des dommages qui excèdent la capacité de rétablissement naturel (Zwarts 2009 et al.). Il est prouvé que les sécheresses dans les aires d'hivernage africaines sont une cause majeure des déclins des populations des espèces d'oiseaux d'Eurasie (Newton 2008), de même que les drainages des zones humides européennes (Finlayson 2005).

Les précipitations et l'inondation des plaines inondables qui en dépend, ainsi que l'abondance de végétation, jouent un rôle essentiel pour assurer la survie des populations d'oiseaux migrateurs et sont, de ce fait, étroitement liées aux augmentations et aux diminutions de leurs populations (Zwarts 2009).

Il est considéré à présent que l'essor démographique dépasse largement les niveaux permettant aux écosystèmes secs de demeurer durables, sans parler de leur rétablissement. Le surpâturage, les brûlis et l'abattage des arbres, tout comme le drainage accru et le changement d'utilisation de l'eau ont accéléré un processus appelé désertification. On pense que du fait de la destruction de la végétation par les hommes, le climat du Sahel a évolué vers un état plus désertique. La culture du riz et l'irrigation des cultures ont réduit les zones humides dont dépendent de nombreux oiseaux migrateurs. Malgré tout, la riziculture peut également être bénéfique pour les oiseaux migrateurs, qui sont nombreux à se nourrir de grains de riz. L'utilisation croissante de pesticides fait que les insectes servant de nourriture aux oiseaux migrateurs sont moins disponibles et ces pesticides peuvent aussi directement intoxiquer et tuer les oiseaux. (Newton 2008 et al.).

## 2. L'état des populations d'oiseaux d'eau migrateurs couvertes par l'AEWA en Afrique

Ce chapitre rassemble les informations pouvant servir à réaliser une analyse statistique des données disponibles. On trouvera cette analyse en Annexe I.

L'Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie (AEWA) couvre une aire géographique s'étendant du Nord du Canada et de la Fédération Russe à la pointe extrême sud de l'Afrique. L'AEWA est un Accord international rassemblant 118 pays (dont 62 sont devenues Parties contractantes) afin de protéger 255 espèces d'oiseaux d'eau dépendant des zones humides pendant au moins une partie de leur cycle annuel. Les données empiriques faisant défaut, toutes les informations sont issues de la 4<sup>ème</sup> édition du *Rapport sur l'état de conservation des oiseaux d'eau migrateurs dans la zone de l'Accord* (Delany 2008) et du *Manuel des oiseaux du monde* (Hoyo J. D. 1992).

Sur les 255 espèces couvertes par l'AEWA, 217 espèces d'oiseaux d'eau migrateurs qui résident ou hivernent sur continent africain. Le document AEWA/MOP 4.8 indique qu'au total 382 populations résident en Afrique (Delany 2008).

En dépit des efforts déployés pour protéger ces populations d'oiseaux d'eau migrateurs, un grand nombre d'entre eux est en déclin.

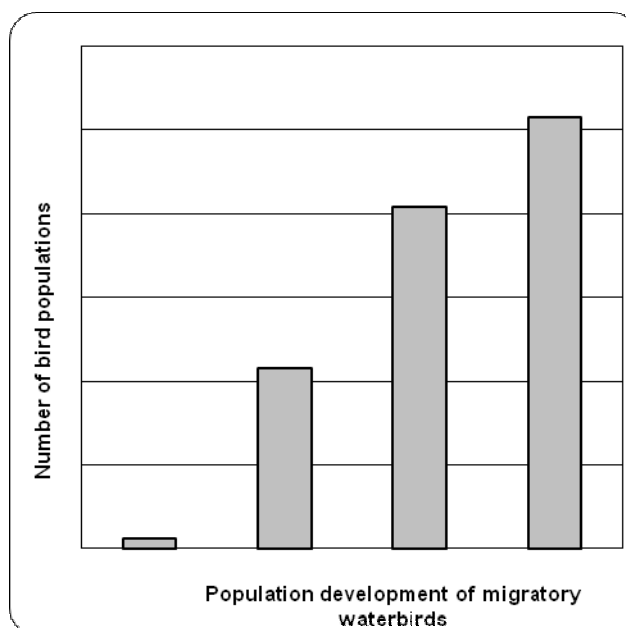


Figure 1 : Statut des développements de populations d'oiseaux d'eau couvertes par l'AEWA en Afrique. Les populations déclinantes sont plus de deux fois plus nombreuses que celles en augmentation.

211 populations au total sont paléarctiques, ce qui signifie qu'elles se reproduisent dans l'hémisphère Nord mais migrent vers le Sud durant les mois d'hiver, et 169 sont constituées de migrants intra-africains, ce qui veut dire qu'elles restent sur le continent africain tout au long de l'année et migrent uniquement entre différents pays africains. Les migrants paléarctiques semblent décliner davantage que les migrants intra-africains.

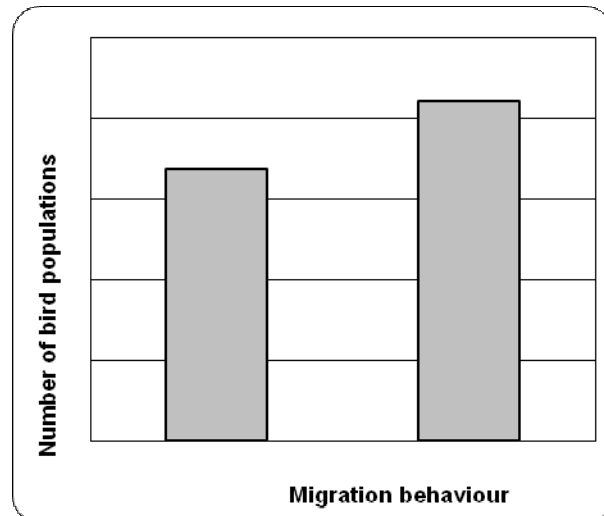


Figure 2 : Effectifs de migrants paléarctiques et intra-africains au sein des 382 populations d'oiseaux d'eau migrateurs couverts par l'AEWA en Afrique. La majorité des oiseaux sont paléarctiques.

## 2.1 Répartition sur le continent africain

La présence d'oiseaux d'eau migrateurs couverts par l'AEWA est bien plus faible en Afrique centrale que dans les autres sous-régions. Leur présence en Afrique australe est presque deux fois plus élevée qu'en Afrique centrale.

Dans le cadre de l'analyse statistique, le test de signification ne s'est pas révélé valable pour les données de la variable de l'Afrique de l'Ouest. Toutefois ceci peut découler du fait que dans le cadre de cette variable particulière, les effectifs sont beaucoup plus élevés que dans les autres variables de cette série de données. La classification hiérarchique a montré que les populations d'Afrique du Nord semblent décliner dans une plus grande

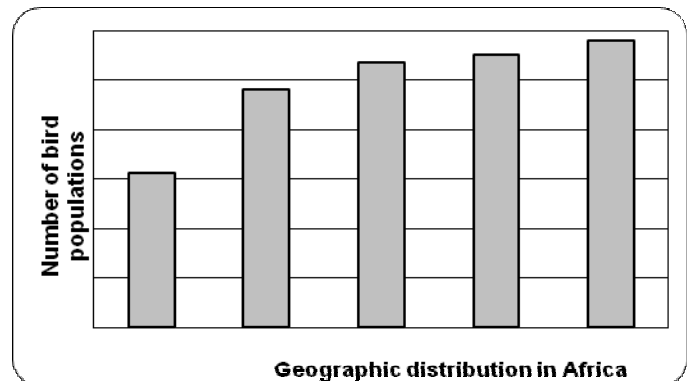


Figure 3: Présence d'oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique dans les cinq sous-régions africaines. La présence d'oiseaux en Afrique centrale est bien plus faible que dans toutes les autres sous-régions. La présence en Afrique australe est pratiquement le double de celle observée en Afrique centrale.

mesure (40,3 %) que dans d'autres régions d'Afrique, même si les effectifs en déclin représentent le quart ou plus du quart de la population totale dans d'autres parties de l'Afrique. Ceci peut être lié au drainage des zones humides européennes (Finlayson 2005). Les effectifs élevés d'oiseaux en déclin en Afrique centrale sont très probablement à mettre en relation avec la taille nettement plus restreinte de l'échantillonnage dans cette sous-région géographique. Il faudrait examiner cette question plus en profondeur.

## 2.2 Habitats

Les étendues d'eau situées à l'intérieur des terres sont d'une grande importance pour les oiseaux d'eau migrateurs. Autour d'elles, on trouve trois fois plus d'oiseaux que dans les prairies et près de deux fois plus que dans les régions agricoles. Dans le cadre de l'analyse statistique, le test de signification ne s'est pas révélé valable pour les données de la variable des étendues d'eau intérieures. Ceci peut découler du fait que le nombre d'oiseaux de cette variable particulière est beaucoup plus élevé que dans les autres variables de cette série de données. Le test de signification ne s'est pas non plus révélé valable pour les données de la variable des zones agricoles.

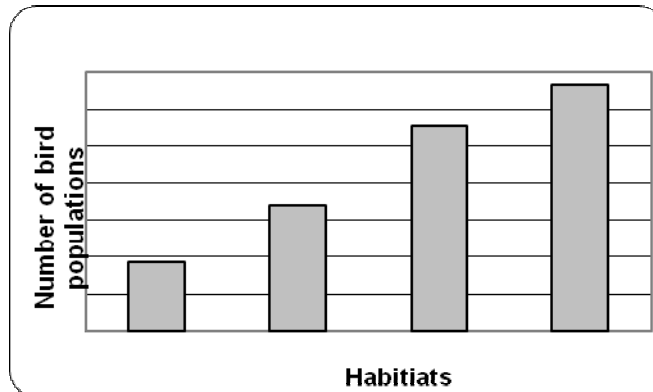


Figure 4: Présence d'oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique dans différents habitats. Les étendues d'eau intérieures sont d'une grande importance pour les oiseaux d'eau migrateurs. Autour d'elles, on trouve trois fois plus d'oiseaux que dans les prairies et près de deux fois plus que dans les régions agricoles.

## 2.3 Nourriture

La majorité des oiseaux d'eau migrateurs couverts par l'AEWA se nourrissent d'insectes et de leurs larves, d'arachnides, de crustacés, de gastéropodes et de poissons. Dans le cadre de l'analyse statistique, le test de signification ne s'est pas révélé valable pour les données concernant les insectes, leurs larves et les arachnides. La même constatation s'applique aux crustacés, gastéropodes, poissons, amphibiens et leurs larves, vers, semences et graines, plantes aquatiques, reptiles, petits oiseaux et leurs œufs et mammifères.

Ceci peut être une indication de la relation entre les effectifs en déclin des populations d'oiseaux et ce type de nourriture, mais peut aussi découler du fait que les nombreux oiseaux mangeant ces nourritures sont très inégalement répartis.

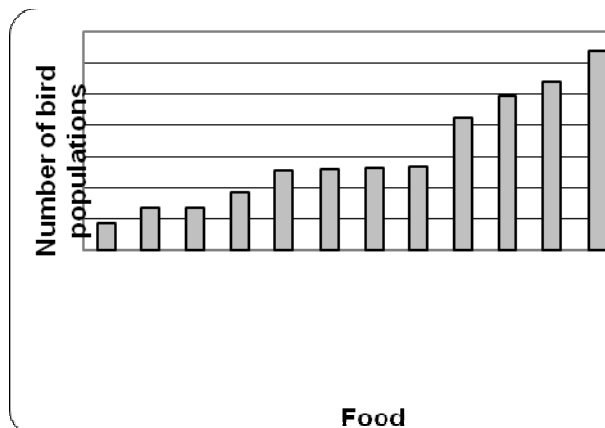


Figure 5 : Classification des nourritures par ordre d'importance pour les oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. La principale nourriture pour la majorité des oiseaux sont les insectes et leurs larves, les arachnides, les crustacés, les gastéropodes et les poissons.

## 2.4 Conclusion

L'Afrique est d'une extrême importance pour l'AEWA du fait que sur les 255 espèces d'oiseaux d'eau migrateurs couvertes par l'Accord, 217 résident ou hivernent sur ce continent. Les différentes populations hivernent et résident dans toute l'Afrique. Quelques espèces sont uniquement présents dans une seule sous-région géographique tandis que d'autres peuvent être trouvées dans plusieurs sous-régions. Différentes espèces colonisent divers habitats. La plupart des populations sont présentes dans plusieurs habitats (Delany 2008 et al.), principalement au bord des étendues d'eau intérieures. Les oiseaux d'eau se nourrissent de divers animaux et végétaux. Insectes, crustacés, gastéropodes et poissons et aussi, dans une plus faible mesure, semences et graines, constituent l'alimentation de la plupart des oiseaux d'eau.

Les résultats issus de la classification hiérarchique montrent des déclin de population élevés en Afrique du Nord et en Afrique centrale. Les constations faites à propos de l'Afrique centrale conduisent à formuler deux hypothèses : de vastes superficies de l'Afrique centrale sont couvertes par la forêt pluviale, que les migrants paléarctiques évitent pratiquement complètement (Zwarts 2009). Par ailleurs, les effectifs ont pu être plus élevés auparavant et être décimés au cours des années.

Le comportement migratoire semble aussi avoir joué un rôle dans les effectifs de populations en déclin. Les effectifs en déclin de migrants paléarctiques sont de 10 % plus élevés que ceux de migrants intra-africains.

Il est important de mentionner que toutes les données utilisées provenaient de sources bibliographiques, dont la plupart dataient de plus de dix ans.

Différentes sources bibliographiques présentent généralement des niveaux d'exactitude différents. On peut donc se demander si ces sources peuvent être comparées du fait de leurs différences. Pour cette raison, les résultats présentés dans ce chapitre ne peuvent pas être considérés comme des preuves mais comme des indicateurs en vue d'une recherche scientifique plus poussée.

Dans l'ensemble, la tentative d'analyse statistique a montré que les données disponibles sont insuffisantes pour permettre des conclusions valables. Cette analyse a très probablement été déformée par la répartition inégale des tailles d'échantillons des variables. Toutes les hypothèses doivent être examinées de façon plus poussées à l'aide de données empiriques.

### 3. Les produits agrochimiques et leur impact sur l'environnement et la faune sauvage

Le présent chapitre définit les termes *produits agrochimiques*, *fertilisants* et *pesticides*. Il décrit les impacts de la pollution exercé par ces deux derniers sur l'environnement et la faune sauvage, en particulier les oiseaux, afin de déterminer dans quelle mesure ceux-ci sont affectés. Il examine également quels sont les pesticides particulièrement dangereux pour leur bien-être.

#### 3.1 Produits agrochimiques, une définition

*Produits agrochimiques* est un terme générique désignant une vaste gamme de produits chimiques utilisés dans l'agriculture tels que fertilisants, produits de chaulage et substances acidifiantes, matériaux traitants pour sols et substances chimiques utilisées dans l'élevage.

- Les **fertilisants** servent à améliorer la croissance végétale et le rendement des cultures en fournissant des nutriments au sol et aux végétaux. Les fertilisants sont soit organiques, comme le compost, le fumier animal et les déchets recyclés, soit fabriqués synthétiquement (Encyclopædia Britannica 2009).
- Pour pouvoir être absorbés par les plantes, les éléments nutritifs nécessitent certaines conditions du sol. Si ce dernier est soit trop acide soit trop alcalin, des **produits de chaulage** et des **substances acidifiantes** aident à l'amender afin de créer des conditions favorables à l'absorption des nutriments (USDA 1999, Hart 2003).
- Certains sols n'ont pas la capacité de retenir suffisamment d'eau et d'oxygène pour assurer de bonnes récoltes. Il faut donc des **matériaux de traitement des sols** tels que fumier, boues résiduaires, tourbe etc. qui sont épandus sur le sol afin d'en améliorer les conditions en vue de la croissance des végétaux (Vavrina 2000).
- Selon la définition de l'Agence de la protection de l'environnement des États-Unis (EPA), le terme pesticide est utilisé pour toute substance ou mélange de substances destiné à empêcher, détruire, repousser ou atténuer tout organisme vivant présent là où il est indésirable ou cause des dommages aux cultures, aux humains et aux animaux, et qui est donc considéré comme étant nuisible. On peut citer en exemple les insectes, les souris et autres animaux, les plantes adventices (mauvaises herbes), les champignons, les micro-organismes comme les bactéries, les virus et les prions (EPA 2008). La FAO a élargi le terme à des produits comme les répulsifs et les régulateurs de croissance des insectes, qui contrôlent le comportement ou la physiologie des nuisibles et des cultures pendant la production et l'entreposage (FAO 2002)
- Diverses **substances chimiques sont utilisées dans le cadre de l'élevage** afin de faire face aux maladies ou d'améliorer les rendements. Des antibiotiques, soit injectés soit mélangés à la nourriture, servent à lutter contre les maladies infectieuses (EMA 2007). Des hormones sont injectées pour favoriser la croissance et la productivité. Les effluents d'élevage, contenant des antibiotiques et des hormones, sont souvent utilisés en tant qu'engrais sur les champs et les prairies, et peuvent entraîner une pollution des eaux souterraines ou de surface (Henderson 2009).
- Divers pesticides sont appliqués par vaporisation ou en immergeant les animaux (dans un bassin rempli d'une solution pesticide) afin de traiter les animaux affectés par des ectoparasites, comme les tiques (Holdsworth 2005).

Le présent document traite des oiseaux d'eau migrateurs sauvages et de l'impact que les produits agrochimiques ont sur eux en Afrique. Il est peu probable qu'ils soient affectés par des produits de chaulage ou d'acidification ou des matériaux de traitement des sols étant donné que ceux-ci ont essentiellement un impact sur les sols. C'est pourquoi l'accent sera mis sur les fertilisants et les pesticides

étant donné qu'ils affectent directement ou indirectement les oiseaux d'eau migrant et leurs habitats. Tout spécialement les avicides utilisés pour lutter contre les grandes populations d'oiseaux granivores comme le Travailleur à bec rouge (*Quelea quelea*) (Newton 1998), ainsi que des insecticides destinés à arrêter les invasions d'orthoptères (sauterelles) (Mullié 2009), risquent également de tuer d'autres espèces d'oiseaux.

### **3.2 Les fertilisants et leurs impacts sur l'environnement et la faune sauvage**

#### **Fertilisants**

Lorsque des plantes ou une partie de celles-ci sont récoltées et enlevées du sol, la terre devient pauvre en nutriments et la fertilisation permet de lui redonner les éléments nutritifs perdus (Kremser 2002). La fertilisation est impérative pour l'agriculture et l'usage de fumier et de compost servant d'engrais est aussi vieux que l'agriculture elle-même (Encyclopædia Britannica 2009). Les fertilisants fournissent au sol des éléments nutritifs tels qu'azote, phosphore, potassium, soufre, magnésium, calcium et autres, afin d'offrir aux cultures les ressources nécessaires pour générer des rendements bénéfiques.

Avant l'introduction des engrais minéraux au 19<sup>ème</sup> siècle, la fertilité du sol était maintenue grâce à la rotation des cultures avec des cultures légumineuses et le recyclage de matériaux organiques comme le fumier. Toutefois, le contenu nutritif du fumier peut considérablement varier et s'il n'est pas correctement entreposé, la plus grande partie de l'azote se perd par volatilisation (émission d'une substance gazeuse dans l'atmosphère), polluant l'environnement (FAO 2006a). En outre, les quantités disponibles de nutriments présents dans le fumier sont insuffisantes pour répondre aux besoins actuels. Les effluents d'élevage produisent seulement 11 % de l'ensemble de l'azote nécessaire pour la production alimentaire mondiale. (FAO 2006a).

Avant l'industrialisation de l'agriculture, la faim et les maladies régnaient partout dans le monde et les famines entraînaient souffrances et mortalité élevée. Avec cette industrialisation, la lutte contre la faim et les maladies dues à la malnutrition est devenue un défi permanent. Jusqu'en 1800, le rendement moyen des céréales était d'environ 800 kg/ha. Les sols perdaient leur fertilité du fait de la diminution des nutriments et les cultures étaient en outre fortement contaminées par des maladies et des nuisibles. L'offre alimentaire correspondait ainsi rarement à la demande des populations.

Au milieu du dix-neuvième siècle, les besoins nutritionnels des cultures ont été découverts. La valeur des effluents d'élevage a été mise en avant et les premiers engrais organiques développés. En 1880, l'utilisation d'engrais minéraux a commencé, devenant une pratique répandue en 1920. En 1950, à l'époque de la Révolution verte, les engrais étaient utilisés à plus grande échelle encore.

La Révolution verte s'est caractérisée par l'introduction conjuguée de plusieurs instruments, tels que l'irrigation, l'utilisation de variétés à haut rendement et la fertilisation. Elle a permis les plus grands progrès jamais réalisés en termes de production alimentaire. En 1900, le rendement en grains moyen était de 2 tonnes/ha, s'accroissant ensuite annuellement de 1,5 à 2,5 % pour atteindre 7,5 tonnes/ha en 2000. En 1900, la population mondiale était de 1,6 milliard d'habitants et personne n'aurait pu prévoir qu'un siècle plus tard l'agriculture pourrait produire suffisamment de nourriture, de fourrage et d'autres denrées agricoles pour 6 milliards d'habitants.

L'intensification agricole a donc été adoptée comme l'une des stratégies de base pour la production alimentaire et la lutte contre la faim. Toutefois, afin de garantir des rendements élevés, l'intensification agricole dépend de la fourniture accrue de nutriments aux cultures (FAO 2006b). La demande en fertilisants qui était de 201 482 milliers de tonnes en 2008-2009 devrait s'élever à 216 019 milliers de tonnes en 2011-2012 (FAO 2008). Ces chiffres illustrent la vulnérabilité de l'agriculture mondiale si les fertilisants chimiques venaient à manquer. (FAO 2006b).

Les principaux nutriments des végétaux sont l'azote, le phosphore et le potassium (FAO 2006b). Au début du vingtième siècle, l'azote provenait du nitrate de soude, un sel naturel extrait principalement du sous-sol chilien, d'où son nom usuel de salpêtre du Chili. Mais les réserves n'étaient pas inépuisables, limitant la disponibilité des engrais azotés. Ce problème a toutefois été résolu au début du dix-neuvième siècle grâce à la mise au point du procédé Haber permettant d'extraire directement l'azote de l'atmosphère.

Entre 1962-1964 et 2000-2002, la superficie mondiale des terres arables a augmenté de 13 % tandis que la population mondiale augmentait de 89 %. Néanmoins, au cours des années, les denrées alimentaires sont demeurées facilement disponibles, les prix des céréales baissant même régulièrement. Le rendement céréalier moyen a presque doublé depuis les années 1960, le rendement des zones cultivées par hectare ayant également augmenté. Toutefois, tandis que la population mondiale ne cesse de croître, les terres disponibles pour l'expansion agricole sont limitées. Pour le moment, l'agriculture repose sur l'intensification agricole pour augmenter la production des cultures et nourrir une population mondiale en expansion (FAO 2006a).

L'utilisation mondiale des fertilisants s'est multipliée par cinq depuis 1960 (FAO 2006a) et devrait s'accroître encore davantage. On trouve de l'azote à profusion dans l'atmosphère et les dépôts de potassium sont abondants, mais le phosphate naturel, à l'origine des engrais phosphatés, est devenu rare (FAO 2006b). La demande en phosphate était de 37 554 milliers de tonnes en 2008-2009 et devrait s'accroître pour atteindre 40 426 milliers de tonnes par hectare en 2011-2012 (FAO 2008). Dans l'avenir, La pénurie de ce nutriment essentiel limitera sérieusement la production végétale. Les hommes seront confrontés à des quantités de fertilisants en baisse tout en devant répondre à une demande accrue de produits alimentaires. Des règles rigoureuses de recyclage et d'utilisation efficace des fertilisants s'imposent impérativement pour retarder les pénuries alimentaires.

L'efficacité des fertilisants est liée à l'humidité du sol et, de ce fait, à l'irrigation. Sans irrigation, les engrais ont un effet limité. Cette efficacité peut être accrue en combinant des ressources biologiques et organiques avec l'application de fertilisants, étant donné que les éléments organiques, outre leur contenu nutritif, ont d'autres effets bénéfiques (FAO 2006b).

Les augmentations de rendement ont ralenti à mesure que les sols se sont dégradés. Au cours des 40 dernières années, l'érosion a entraîné la disparition de près du tiers des terres arables. Les pertes actuelles de plus de 10 millions d'hectares par an provoquent des pertes de carbone dans le sol, rendant les sols infertiles. Ces pertes peuvent être directement liées à la Révolution verte, du fait que l'utilisation de fertilisants et de pesticides semble avoir un impact négatif sur la structure des sols, tel que la stabilité des agrégats et de la percolation (FAO 2007).

L'Afrique représentera en 2011-2012 moins de 3 % de la consommation totale de fertilisants. C'est une chance pour le reste du monde, étant donné que de nombreux pays dépendent des phosphates naturels africains pour leurs engrais phosphatés.

L'Afrique doit importer tout le potassium dont elle a besoin et la consommation d'engrais est limitée essentiellement à dix pays. Les principaux consommateurs sont l'Égypte, l'Afrique du Sud et le Maroc. Les coûts élevés des transports dans les pays enclavés contribuent à rendre les coûts des fertilisants prohibitifs et plusieurs facteurs tels que les limites aux marchés d'intrants et extrants restreignent encore davantage l'utilisation des fertilisants (FAO 2008). Ceci signifie que la majorité des agriculteurs africains doivent continuer à s'appuyer sur les méthodes traditionnelles de rotation des cultures, de culture de légumineuses et d'utilisation de fumier. Dans de nombreux pays en développement, toutefois, une quantité importante du fumier disponible n'est pas utilisée dans l'agriculture mais sert plutôt de

combustible. Le fumier, produit loin des zones où l'on en a besoin, doit être transporté sur de longues distances (FAO 2006a).

À l'heure actuelle, l'agriculture mondiale dépend des fertilisants pour nourrir une population croissante. Mais il est nécessaire de mentionner que l'utilisation des fertilisants dans l'avenir aura également à faire face aux problèmes de l'appauvrissement des ressources. (FAO 2006b).

### **Impacts**

La pollution causée par les nutriments provenant de l'agriculture entraîne des problèmes environnementaux. Les fertilisants sont l'une des principales sources de ces problèmes étant donné qu'ils sont enlevés des zones agricoles par le biais de la lixiviation, du ruissellement de surface et autres procédés. Les écosystèmes aquatiques ont été et sont toujours particulièrement impactés de manière défavorable (Kremser 2002).

Tant qu'ils sont absorbés par les cultures, les nutriments ajoutés par l'intermédiaire des fertilisants, du fumier et du compost ont l'effet positif de fournir des éléments nutritifs aux végétaux. Toutefois, si l'apport des nutriments est incorrectement ou insuffisamment géré, ces éléments peuvent être immobilisés ou retirés du sol par volatilisation, diffusion, érosion du sol et ruissellement des eaux, et lixiviation.

Même dans les meilleures conditions, des taux élevés de nutriments apportés aux sols ne peuvent pas être entièrement absorbés par les cultures. Les voies chimiques des nutriments restants varient selon les caractéristiques de ces derniers, mais tous les nutriments peuvent être perdus à travers les écoulements de surface et l'érosion hydrique et éolienne tant qu'ils sont solubles dans l'eau, ou lorsque les particules du sol qui les contiennent sont enlevées et transportées. La plupart des nutriments superflus adhèrent à des particules du sol qui ne se déplacent pas librement avec l'eau du sol. Certaines substances comme le nitrate et, dans une moindre mesure, le soufre et le bore, ne sont pas fortement fixées par les particules du sol et sont donc emportées par les eaux de percolation, contribuant à l'enrichissement indésirable des eaux souterraines et des étendues d'eau par des nutriments. Le phosphore, en revanche, ne s'éloigne que très peu du site d'application et s'il le fait, c'est par le biais de l'érosion des sols et des écoulements de surface. Une cause spécifique de la perte de nutriments est l'émission d'azote à l'état gazeux qui se produit constamment à grande échelle. Dans des conditions de faible fourniture d'oxygène, comme c'est le cas des sols saturés d'eau (tels que les rizières inondées), les microbes du sol transforment les nitrates en nitrites puis en monoxyde d'azote volatile qui disparaît dans l'atmosphère.

Le nitrate, perdu par lixiviation ou transporté par les eaux de surface, peut entraîner des concentrations accrues de nitrate dans l'eau potable et l'eutrophisation des eaux de surface. La lixiviation et les écoulements de surface du phosphate peuvent entraîner l'enrichissement des étendues d'eau et par là l'eutrophisation. La perte de potassium, calcium, manganèse et soufre du fait de la lixiviation et de l'érosion est considérée comme un gâchis des ressources mais non pas comme un danger pour l'environnement. (FAO 2006b et al.)

Le terme d'eutrophisation décrit l'enrichissement des eaux de surface en nutriments pour les végétaux (FAO 1996). Il provoque un changement de la composition initiale des eaux, qui de pauvres en nutriments (oligotrophiques) deviennent riches en nutriments (eutrophiques) (Newton 1998).

L'agriculture est considérée comme étant le principal facteur de l'eutrophisation des eaux de surface. Bien que l'azote et le phosphore contribuent tous deux à l'eutrophisation, la classification de l'état trophique est déterminée par le nutriment limitatif (FAO 1996). Dans les étendues d'eau douce, par exemple les rivières et les lacs, le nutriment limitatif est habituellement le phosphore, et dans les étendues d'eau salées, par exemple les écosystèmes littoraux et marins, le facteur limitatif est habituellement l'azote (Hinga 2005).

Les lacs risquent davantage de souffrir d'eutrophisation que les fleuves, car ils ont leur propre bassin hydrologique, ce qui veut dire que, contrairement aux fleuves, la durée de rétention – indiquant la durée moyenne pendant laquelle une molécule d'eau et d'autres substances séjournent dans l'étendue d'eau – est bien plus longue. Dans un lac sans écoulement, des substances telles que des nutriments en excès, même si elles sont en faibles quantités, se trouvent bloquées et peuvent devenir extrêmement concentrées s'il n'existe pas de dispositifs d'évacuation ou s'ils sont insuffisants. (Kremser 2002).

Les symptômes d'eutrophisation comprennent une production accrue et une biomasse de phytoplancton, d'algues fixées et de macrophytes, et s'accompagnent d'une modification des caractéristiques de l'habitat due à un changement de la composition des plantes aquatiques et au remplacement des poissons existants par des espèces moins désirables (FAO 1996). Du phosphore supplémentaire peut stimuler de grandes floraisons d'algues qui naturellement ne se produisent pas en abondance. Des tapis d'algues denses et filamenteux peuvent se former, transformant l'environnement, excluant des espèces et diminuant la biodiversité (Hinga 2005).

Lorsque les algues coulent au fond de l'eau et sont décomposées par des bactéries et d'autres organismes, le matériel végétal pourrissant absorbe l'oxygène contenu dans l'eau. Lorsqu'une certaine quantité de matériel végétal en décomposition s'est accumulée au fond, l'eau devient anoxique, entraînant la mort des poissons (Hinga 2005, FAO 1996). Des activités agricoles et industrielles intenses et une population humaine dense ont généré des conditions telles dans de nombreux systèmes aquatiques que ceux-ci ne peuvent plus absorber les nutriments excessifs sans subir des effets néfastes. (Hinga 2005). La perte de biodiversité est appelée également détérioration, signifiant que du fait de la transformation de l'habitat, de nombreuses espèces qui ne peuvent pas s'y adapter meurent. Il en résulte une perturbation de la chaîne alimentaire faisant que les oiseaux d'eau, qui sont généralement en haut de celle-ci, souffrent de la faim, entraînant une diminution de leurs effectifs. (Newton 1998).

### 3.3 Les pesticides et leurs impacts sur l'environnement et la faune sauvage

#### Pesticides

Le mot pesticide est un terme générique désignant une vaste gamme de produits chimiques. Ils se divisent souvent en différentes nomenclatures. On peut d'un côté distinguer les pesticides utilisés dans l'agriculture et l'horticulture et de l'autre ceux utilisés dans d'autres conditions non agricoles. Certains pesticides peuvent toutefois appartenir à ces deux groupes. Une classification plus détaillée peut s'appuyer sur les quatre critères suivants :

- En fonction de l'**organisme ciblé** (insecticide, fongicide, herbicide, molluscicide, rodenticide, acaricide, nématicide, avicide)
- En fonction de leur **structure chimique** (organochlorés, organophosphates, carbamates, pyréthroïdes, phénols, morpholines, chloroalkylthiols, etc.)
- En fonction de leur **mode d'action** (anticholinestérase, inhibiteur de synthèse de chitine, agoniste de l'ecdysone, imitateurs de l'hormone juvénile, etc.) (Marrs 2004 et al.)
- En fonction du **danger** qu'ils représentent selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (Ia – extrêmement dangereux, Ib – hautement dangereux, II – modérément dangereux, III – légèrement dangereux) (WHO 2005)

Les pesticides ne sont pas une invention moderne (Pretty 2005). Les sources historiques nous apprennent qu'ils étaient déjà utilisés avant Jésus-Christ (Bohmont 2007). En 2500 avant J-C, les Sumériens utilisaient des composés du soufre pour lutter contre les insectes. Les fermiers chinois traitaient leurs

semences avec diverses substances organiques afin de les protéger contre les insectes, les souris et les oiseaux et le mercure inorganique servait à lutter contre les poux (Pretty 2005). Des sources de l'Égypte ancienne datant de 1200 avant J-C mentionnent la ciguë et l'aconit. En 1000 avant J-C, Homère suggère l'utilisation du soufre sur certaines plantes (Bohmont 2007) et, comme lui, Aristote et Caton décrivent une gamme de fumigènes, d'huile vaporisée et d'onguent à base de soufre utilisés par les fermiers. Pline recommande l'utilisation de l'arsenic en tant qu'insecticide (Pretty 2005). Après avoir mis Carthage à sac, les Romains répandirent du sel pour empêcher les cultures de pousser, connaissant son utilisation dans la lutte contre les mauvaises herbes. Au 9<sup>ème</sup> siècle après J-C, les Chinois utilisaient de l'arsenic mélangé à de l'eau pour lutter contre les insectes et, au 12<sup>ème</sup> siècle, Marco Polo utilisait de l'huile minérale pour traiter les chameaux galeux (Bohmont 2007).

La révolution agricole des 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles en Europe généralisa l'utilisation des pesticides naturels (Pretty 2005). Le tabac ou plutôt la nicotine était spécialement utilisé en tant qu'insecticide de contact et, en 1773, la fumigation à base de nicotine à l'aide de tabac chauffé était utilisée efficacement sur les plantes infestées d'insectes. À partir de 1800, le sulfate de cuivre fut utilisé comme fongicide (Pretty 2005). On découvrit également les propriétés insecticides efficaces du pyrèthrine provenant du *Chrysanthemum cineraria folium* (pyrèthre) et de la roténone naturellement présente dans les racines et tiges de plusieurs plantes. (Bohmont 2007). Le « Vert de Paris », un mélange d'arsenic et de cuivre, mis au point en 1865 et utilisé pour la première fois en 1867, fut aux États-Unis le premier pesticide légalisé au plan mondial pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre. En 1882, la Bouillie bordelaise, composée de chaux et de sulfate de cuivre et utilisée en premier lieu pour dissuader les voleurs de raisins dans les vignobles situés en bordure de route, se révéla également avoir des vertus fongicides pour lutter contre le mildiou des raisins (Pretty 2005, Bohmont 2007).

Le mercure, découvert en 1890, servait au traitement des semences et, en 1915, le mercure liquide protégeait les semences contre les maladies fongiques (Bohmont 2007). En 1920 l'arsénite de calcium remplaça le « vert de Paris » et l'utilisation des pesticides à base d'arsenic se généralisa.

Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, de nombreux produits dangereux dérivés de l'arsenic, du cyanure et du mercure, furent utilisés, provoquant l'anxiété des consommateurs que les résidus de ces produits sur les fruits et les légumes inquiétaient. Les années 1930 furent ainsi une nouvelle ère de production d'une centaine de pesticides organiques fabriqués synthétiquement, les organochlorés (OC) (Pretty 2005, Bohmont 2007). Paul Müller découvrit en 1939 les propriétés insecticides du dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT). Fabriqué pour la première fois en 1943, il servit initialement à épouiller les gens pour empêcher la propagation du typhus et à lutter contre les moustiques vecteurs de la malaria. Il fut rapidement suivi par la fabrication de plusieurs composés d'hydrocarbures chlorés tels qu'aldrin, endrin, heptachlor et d'acides phénoxyacétiques comme le MCPA et 2,4-D, qui étaient vantés pour leurs activités herbicides. Tous ces produits de synthèse avaient en commun d'être très persistants dans l'environnement.

Dans les années 1950, les organophosphates (OP), issus des recherches effectuées en temps de guerre sur les gaz neurotoxiques, firent leur apparition. Ils bloquent la cholinestérase, un enzyme qui assure la transmission des impulsions nerveuses à travers les synapses et influe sur le système nerveux. Le premier organophosphate à être utilisé fut le parathion, un insecticide efficace qui se révéla rapidement hautement toxique pour les mammifères. Il fut suivi par le malathion, ayant une très faible toxicité pour ces derniers. Les organophosphates présentent l'avantage de se décomposer rapidement dans l'environnement sous forme de composés secondaires non toxiques, contrairement aux organochlorés qui sont persistants. L'utilisation des organophosphates (OP) et organochlorés (OC) se généralisa à travers le monde, sur pratiquement chaque culture, offrant le désavantage d'avoir des effets imprévus sur la faune sauvage et les hommes (Pretty 2005 et al.).

La fin des années 1950 vit le développement des carbamates, ouvrant la voie à une nouvelle génération d'insecticides, herbicides et fongicides qui, contrairement aux OC et OP, étaient moins toxiques pour les humains (Pretty 2005, Bohmont 2007).

À partir de 1960, la tendance se dessina en faveur de substances ayant des effets moins larges et davantage ciblés sur certains organismes nuisibles. Des pesticides tels que les pyréthroïdes, les sulfonylurées et les imidazolinones sont biologiquement tellement actifs qu'ils sont appliqués à doses très faibles et présentent ainsi moins de danger pour leurs utilisateurs et pour l'environnement (Bohmont 2007). Ces qualités spécifiques les rendent toutefois coûteux. Les pesticides à large spectre sont moins chers à fabriquer et peuvent être vendus à un plus large éventail d'agriculteurs. C'est pourquoi les produits spécifiques ont des marchés plus restreints. (Pretty 2005).

À l'heure actuelle, les pesticides servent à lutter contre les nuisibles dans les maisons, les écoles, les restaurants, les musées, les hôpitaux, les vergers et espaces verts, les sites industriels et, avant tout, dans l'agriculture. Dans le domaine agricole, ils jouent un rôle important dans la lutte contre l'infestation de nuisibles dans les fruits, légumes, graines, fibres et bétail (Whitford 2002). Les mesures visant à empêcher ou même à arrêter les effets des parasites indésirables, des nuisibles et des maladies, l'utilisation extensive des fertilisants inorganiques et la sélection de cultivars supérieurs de plantes ont permis de parvenir à une offre abondante de nourriture de bonne qualité disponible tout au long de l'année pour les habitants de l'Union européenne, de l'Amérique du Nord et de certaines parties du littoral du Pacifique. Les pénuries de nourriture ne se produisent plus dans ces régions et les effets de la malnutrition et de la sous-alimentation appartiennent dans l'ensemble au passé. La production alimentaire dépasse habituellement la demande nationale. Les États-Unis sont le principal exportateur de maïs, de soja et de blé et, au Royaume-Uni, la production de blé, qui représentait moins de 80 % des besoins nationaux dans les années 1970, est passée à plus de 120 % de ces besoins dans les années 1990. La production alimentaire actuelle peut donc sembler suffisante pour nourrir l'ensemble de la planète, mais le prix à payer est très élevé.

Au cours des 50 dernières années, l'utilisation de pesticides dans l'agriculture a considérablement augmenté, s'élevant à 2,56 milliards de kg par an (Carlile 2006 et al.). Les humains coexistent avec plus d'un million de sortes d'insectes et autres arthropodes, dont un grand nombre sont des nuisibles. En dépit de ses programmes de lutte contre les nuisibles, l'agriculture américaine perd peut-être de 20 à 25 % de sa production végétale potentielle du fait de divers nuisibles, et, sans les moyens de lutte actuels mis en œuvre, les pertes seraient probablement le double. Ceci, parce qu'à travers le monde, les nuisibles sont en lice pour nos réserves alimentaires et peuvent soit apporter des maladies (vecteurs), soit causer des dommages. L'agriculture moderne a créé des environnements artificiels tels que les vastes monocultures, qui sont favorables aux nuisibles. C'est donc la progression des technologies de la production alimentaire qui a accru et continu à accroître le besoin de pesticides. Ces technologies ne servent pas seulement à produire une plus grande quantité de nourriture mais aussi à pratiquement les débarrasser des dommages causés par des insectes. (Bohmont 2007 et al.).

Les pesticides, comme les remèdes courants, sont bénéfiques pour les personnes à condition d'être utilisés de manière appropriée. Toutefois, manipulés incorrectement ou employés abusivement, ils peuvent être extrêmement dangereux. La plupart des pesticides sont en effet conçus pour tuer quelque chose et peuvent donc être extrêmement toxiques pour les animaux et les humains (Bohmont 2007). Le nombre de cas d'empoisonnement par les pesticides est estimé chaque année à trois millions (Pretty 2005), provoquant 355 000 décès (WDR 2008). C'est pourquoi tous les pesticides devraient être traités comme des poisons (Bohmont 2007). La gestion de la lutte contre les nuisibles exige donc davantage que de seulement savoir comment s'attaquer aux organismes nuisibles eux-mêmes. Les personnes chargées de leur utilisation doivent maîtriser un grand savoir-faire afin de réaliser une multitude de tâches incluant préparation, maniement et application sans oublier entreposage et élimination. Les pesticides doivent être entreposés

en toute sécurité de façon à éviter une diffusion accidentelle dans l'environnement ou le vol et doivent être détruits de manière appropriée une fois arrivés à expiration (Whitford 2002). Comme de nombreux pesticides sont absorbés à travers la peau, il est vital de porter des vêtements de protection afin d'éviter tout contact avec la peau, les cheveux, les yeux et le cou. Un bleu de travail ou du moins un pantalon long et une chemise à manches longues, une parka imperméable, des bottes, des lunettes de protection, un chapeau dur et des gants en polyéthylène, qui doivent être régulièrement changés, sont indispensables pour protéger la santé de ceux qui appliquent ces substances. Afin d'éviter les effets néfastes sur la faune sauvage et les humains, il faut absolument choisir le pesticide correct afin de traiter efficacement un nuisible spécifique. La préparation consistant par exemple à mélanger des pesticides avec un support tel que l'eau ne doit jamais être effectuée à l'intérieur d'un bâtiment. Le matériel d'application doit être propre, fonctionner correctement et être en bon état de façon à supprimer les risques inutiles pour l'utilisateur et l'environnement. L'application elle-même doit être réalisée au moment approprié, en suivant les dosages recommandés. Il faut éviter que le vent emporte des particules vers les champs, les prairies et le bétail et les personnes se trouvant dans le voisinage. Des précautions extrêmes doivent être prises pour éviter la contamination de l'eau se trouvant dans les puits, les rivières, les mares, etc. (Bohmont 2007 et al.).

Il ne faut pas abuser des pesticides ni les employer improprement. Leurs formules obtiennent des licences gouvernementales en vue d'une utilisation conforme aux instructions prescrivant de strictes conditions d'usage et évitant les effets néfastes pour l'environnement ou la santé humaine. Mais il peut être question d'un usage abusif lorsqu'il a été conseillé aux agriculteurs de vaporiser les produits selon un schéma régulier plutôt que lorsque des nuisibles posent problème. Les pesticides deviennent alors une sorte de prime d'assurance contre les mauvaises récoltes et les subventions directes réduisant le coût de détail des pesticides tendent à encourager la surutilisation. Des problèmes supplémentaires surgissent s'il n'y a pas d'instructions de sécurité ou si elles sont rédigées dans une langue que le fermier, parlant seulement éwé ou quechua, ne peut pas lire (Pretty 2005).

Comme nous l'avons mentionné plus haut, le processus général de développement des pesticides est passé de substances hautement toxiques, persistantes et bio accumulatives comme le DDT, à des produits se décomposant rapidement dans l'environnement et moins toxiques pour les organismes non ciblés (FAO 1996). Ainsi, les pays industrialisés ont interdit ou limité rigoureusement l'utilisation de nombreux pesticides afin de favoriser des formules plus modernes. Mais à certaines fins, par exemple pour lutter contre la malaria, d'anciennes formules telles que le DDT demeurent très efficaces. Pour les pays en développement, les plus anciens pesticides restent les moins chers à produire et sont donc commercialisés et utilisés. De nombreux pays en développement, dont beaucoup de pays africains, soutiennent qu'ils ne peuvent pas se payer des pesticides modernes (Harris 2000, FAO 1996).

Un total de 50 % de toutes les maladies liées aux pesticides et 72,5 % des empoisonnements mortels enregistrés ont eu lieu dans les pays en développement qui ne disposent pas de systèmes de surveillance efficaces. Il est bon de mentionner que ces pays ne représentent que 25 % du total des pesticides utilisés dans le monde entier (Harris 2000). Les méthodes d'entreposage, de manipulation, d'application et de mise au rebut, par exemple chez les petits exploitants africains, peuvent être décrites comme étant tout à fait dangereuses. Les produits pesticides utilisés par de nombreux agriculteurs étaient classés par l'OMS comme étant soit extrêmement dangereux (catégorie OMS Ia) ou hautement dangereux (catégorie OMS Ib). Il ne faut pas perdre de vue que même les produits de la catégorie II de l'OMS, qui sont considérés comme moins dangereux, ne doivent être appliqués que par du personnel formé et supervisé.

Les vêtements de protection sont rarement utilisés et, s'ils le sont, ne sont pas remplacés même une fois qu'ils complètement imbibés de pesticides. Ceci est dû essentiellement à des problèmes de coûts et de disponibilité. En Éthiopie, femmes et enfants se tiennent souvent devant les fermiers pour leur indiquer la ligne à suivre pour les vaporisations et certains fermiers, manquant d'argent pour louer ou acheter un

vaporisateur, utilisent un faisceau de brindilles pour disperser les pesticides sur leurs cultures (Williamson a 2003). Les niveaux d'activité des acétylcholinestérases (ChE) sont considérablement plus bas chez les fermiers éthiopiens, indiquant une exposition aux organophosphates (voir plus haut) (Harris 2000).

Les vêtements de protection sont rarement utilisés et, s'ils le sont, ils ne sont pas remplacés même une fois complètement imbibés de pesticides. Ceci est dû essentiellement à des problèmes de coûts et de disponibilité. En Éthiopie, femmes et enfants se tiennent souvent devant les fermiers pour leur indiquer la ligne de vaporisation à suivre et manquant d'argent pour louer ou acheter un vaporisateur, certains fermiers utilisent un faisceau de brindilles pour disperser les pesticides sur leurs cultures (Williamson a 2003). Les niveaux d'activité des acétylcholinestérases (ChE) sont considérablement plus bas chez les fermiers éthiopiens, indiquant une exposition aux organophosphates (voir plus haut) (Harris 2000).

La plupart des agriculteurs n'ont que très peu conscience des dangers que représentent les pesticides, en particulier les effets à long terme, pour la santé du fait d'une exposition prolongée. Les cocktails de pesticide sont mélangés, des produits non approuvés utilisés, d'anciens conteneurs de pesticides vides employés pour stocker des boissons et des aliments, et les intervalles avant récoltes ne sont pas respectés (Williamson a 2003). En outre, beaucoup de fermiers ne vérifient pas les dates d'expiration lorsqu'ils achètent des pesticides ou continuent à appliquer des restes de produits. Ils sont ainsi nombreux à utiliser des produits obsolètes, c'est-à-dire des pesticides ayant dépassé la date d'expiration, soit généralement deux ans après la date de fabrication. Les pesticides périmés peuvent être inefficaces et conduire à une surutilisation ou se décomposer dans des sous-produits inconnus qui affectent les utilisateurs et les consommateurs finaux par le biais des résidus. De plus, on trouve dans toute l'Afrique, plusieurs milliers de tonnes de pesticides inutilisés ou mal entreposés, générant des dangers pour la nourriture, l'eau, les sols et l'air, et pour les plus démunis (Mwandia 2006). Ces produits ont souvent été donnés par les pays développés en vue d'augmenter les rendements et d'améliorer la sécurité alimentaire. Toutefois, les mauvaises conditions d'entreposage, les conteneurs et les étiquettes endommagés et les quantités excessives de produits entraînent un grave problème de destruction (Kearney 1998). Au Mozambique des pesticides ont été brûlés puis recouverts de terre. Les sols environnants, contaminés par les résidus provenant de l'incinération se sont révélés toxiques pour les poissons. Les habitants locaux s'en sont servis pour attraper les poissons car ils mouraient ainsi instantanément et flottaient à la surface. Au Maroc et en Tanzanie, des pesticides obsolètes ont été volés dans les entrepôts. Au Mali, pays aride du Sahel, la corrosion de vieux récipients a entraîné des fuites de pesticides dans les eaux souterraines, contaminant les puits utilisés par les villageois (Mwandia 2006 et al.).

## Impacts

Les pesticides suscitent des préoccupations d'ordre environnemental. Ils peuvent contaminer l'eau et les sols, polluer l'air, détruire la végétation naturelle, et affecter l'alimentation d'organismes non ciblés tels que le poisson, le bétail et la faune sauvage, y compris les oiseaux (Watson 2004).

Les pesticides sont généralement appliqués sous forme de liquides, de poudres ou de granulés sur les sols, les plantes, les étendues d'eau et les lieux d'établissement humain au moyen de

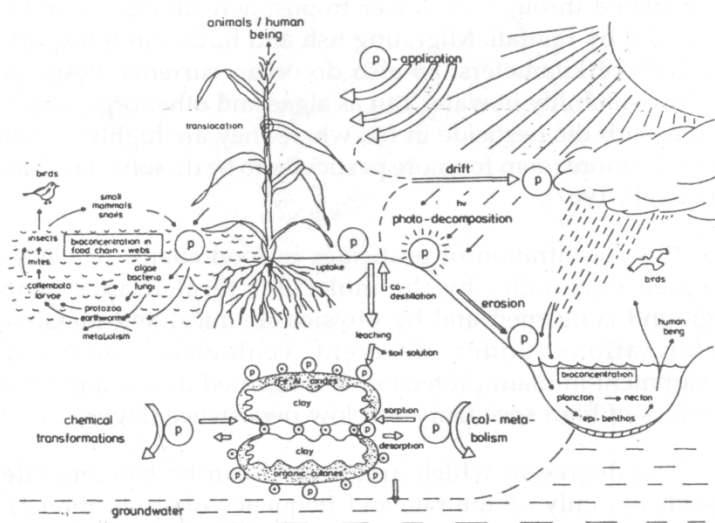


Figure 6 : Comportement et devenir des pesticides dans le sol, l'eau et l'air (Agarwal 2002)

pulvérisateurs à main, de tracteurs avec remorque de pulvérisation ou même par avion (Agarwal 2002). La plus grande partie du produit se dépose sur les plantes et les animaux ou est finalement dégradée par des processus microbiens ou autres. Mais une petite partie du produit se disperse dans l'environnement, vaporisée pour être plus tard déposée par la pluie, une autre demeure dans les sols et une autre encore atteint les eaux de surface et souterraines par ruissellement et lessivage (Pretty 2005). Si un liquide est appliqué à l'aide d'un vaporisateur, une partie est absorbée par l'air, circule à travers la basse troposphère et se redépose lorsqu'il pleut (Agarwal 2002). Ce processus est appelé volatilisation ou dérive. Si un produit est appliqué par voie aérienne, bien souvent seulement 25 à 50 % du pesticide parviennent jusqu'à la zone à laquelle ils étaient destinés. La plupart du produit ayant dérivé reste dans un rayon de quelques kilomètres autour du site d'application. Toutefois, une partie peut demeurer dans l'atmosphère sous forme de dérive et contaminer des zones éloignées (Agarwal 2002). Une fois dans l'air, les pesticides ne peuvent pas être contrôlés et ils peuvent se loger dans des cours d'eau, des forêts et des régions densément peuplées (Bohmont 2007). Ceci explique pourquoi les pesticides persistants tels que le DDT, le toxaphène etc. - qui sont depuis longtemps interdits dans les pays développés - peuvent être trouvés dans le haut arctique, ces produits chimiques étant utilisés dans les pays tropicaux et subtropicaux et transportés sur de longues distances par la circulation mondiale (FAO 1996). Les courants océaniques et les espèces migratrices telles que les oiseaux ou les poissons peuvent aussi transporter des pesticides sur de longues distances tout autour du monde (Agarwal 2002).

Lorsqu'ils sont appliqués, les pesticides ne pénètrent pas uniquement dans l'environnement par volatilisation et dérive, mais aussi par déversement accidentel ou rebuts provenant des humains, des animaux, des plantes et des processus industriels (Agarwal 2002). Des déversements accidentels de pesticide surviennent à chaque stade de leur production et de leur utilisation. La recherche, le développement, la fabrication, le transport, la distribution, ainsi que l'application commerciale et privée offrent d'abondantes opportunités de déversement accidentel. Mais la plus grande source de déversement accidentel demeure toutefois l'agriculture. Les pays en développement, comme la plupart des pays d'Afrique, importent des pesticides des pays développés. Mais il n'est pas inhabituel que les usines fabriquant des pesticides dans des capitales de pays en développement créent de nouvelles formules auxquelles ils intègrent des ingrédients actifs, utiles pour répondre aux besoins des cultures dominantes. Ces usines jouent déjà un rôle significatif dans la pollution par les pesticides. Ces derniers sont principalement appliqués par de petits exploitants utilisant des pulvérisateurs portatifs. En Afrique, les petites exploitations prédominent et c'est sur elles que reposent l'économie des pays africains. Les petites quantités de pesticides inutilisées, restant après la pulvérisation, et l'eau contaminée par le nettoyage des pulvérisateurs sont appelées rinçures. Les rinçures ne font habituellement l'objet d'aucune gestion et il est fréquent que le sol et l'eau soient contaminés.

La contamination du sol, de l'eau et de l'air par les pesticides suscite des préoccupations d'ordre environnemental (Kearney 1998 et. al). Nous avons aujourd'hui la preuve que les pesticides sont éparpillés par le vent et l'eau tout autour du globe, contaminant les sols et les étendues d'eau, et endommageant l'environnement.

Les sols sont vitaux pour la production alimentaire. Disposer de sols fertiles et sains est un impératif pour nourrir les hommes. Les pesticides s'attachent souvent à de fines particules du sol. Lorsqu'il pleut, les couches supérieures du sol s'érodent et elles sont entraînées par l'eau s'écoulant des champs (Bohmont 2007). Selon leur mobilité, les pesticides surdosés demeurent dans le sol pour longtemps,

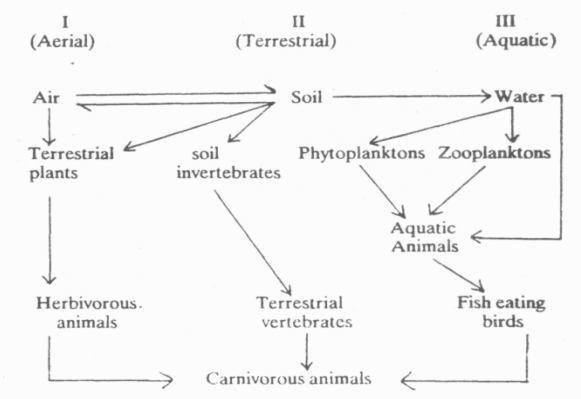


Figure 7 : Transfert biologique des insecticides (Agarwal 2002)

limitant la plantation des cultures délicates ou, s'ils sont modérément ou hautement mobiles, sont lessivés et aboutissent dans les eaux souterraines (Bohmont 2007). Il convient de mentionner que la nappe souterraine représente 96 % des ressources mondiales d'eau potable. L'eau peut être polluée par les pesticides de différentes façons. Si ces derniers sont appliqués sciemment pour maîtriser des plantes aquatiques ou des animaux - par exemple les moustiques porteurs de la malaria - ils peuvent couler accidentellement dans l'eau ou être emportés dans les eaux souterraines s'ils sont attachés à des particules de sol. Une fois l'eau contaminée, il est pratiquement impossible de la nettoyer (Bohmont 2007). Les pesticides se trouvant dans l'eau de surface, les eaux souterraines et l'eau potable sont devenus un effet secondaire environnemental grave et de plus en plus coûteux. Les pesticides de première génération notamment, tels que le DDT, les pesticides arsenicaux et le paraquat, sont fortement absorbés par les particules du sol et ont tendance à s'éparpiller lorsque le sol s'érode (Pretty 2005).

Les dommages infligés par les pesticides à l'environnement entraînent une interaction avec des composants biotiques responsables de déséquilibres dans l'environnement et de divers types de risques pour les plantes et les animaux. Les pesticides à large spectre, notamment, peuvent détruire les proies, les prédateurs et les parasites, causant des infestations de ravageurs et permettant aux ravageurs mineurs de devenir majeurs. Si les pesticides impactaient uniquement les espèces ciblées, il n'y aurait pas de pollution par les pesticides (Agarwal 2002), mais à côté des insectes ciblés, les insecticides tuent d'autres invertébrés, réduisant la nourriture disponible pour les oisillons (Carlile 2006). La pollution par les pesticides se présente sous la forme de deux principaux mécanismes de bioaccumulation, à savoir la bioconcentration et la bioamplification (FAO 1996).

- La bioconcentration est le mouvement d'un pesticide à partir du vecteur environnant jusque dans un organisme. Le vecteur primaire de certains pesticides ou « piège » est le tissu adipeux appelé lipides. Certains pesticides, tels que le DDT, sont lipophiles, ce qui veut dire qu'ils sont solubles et s'accumulent dans les tissus adipeux des organismes vivants (FAO 1996). La bioconcentration trouve place en raison de la « persistance » des pesticides, ce qui signifie qu'ils résistent aux processus de dégradation. Par conséquent, les activités de développement des pesticides se concentrent tout particulièrement sur une spécificité élevée et une faible persistance (Agarwal 2002).
- La bioamplification est l'accumulation dans divers systèmes biologiques (Agarwal 2002). Ce terme décrit la concentration croissante d'un pesticide au cours de la transformation de l'énergie alimentaire au sein de la chaîne alimentaire. Les plus petits organismes sont mangés par de plus grands organismes, et la concentration de pesticides s'amplifie de plus en plus dans les tissus et les organes. De fortes concentrations peuvent être mesurées dans des prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire (FAO 1996).

Le taux d'accumulation, toutefois, n'est pas le même dans différents environnements. Dans les environnements terrestres, la bioaccumulation peut habituellement être observée dans les écosystèmes agricoles. Les pesticides sont pris du sol et absorbés par des invertébrés tels que vers de terre ou insectes et entrent dans la chaîne alimentaire (Agarwal 2002).

Les environnements aquatiques sont spécialement prédestinés à des taux élevés de bioaccumulation. Comme décrit ci-dessus, les pesticides se dissolvent mieux dans les graisses que dans l'eau. Par conséquent, lorsque des pesticides entrent dans un environnement aquatique, leur mouvement est facilité par l'eau et ils demeurent intacts. Ils sont alors absorbés par des organismes contenant des lipides organiques, tels que les algues, qui demeurent suspendus dans l'eau. Dans les organismes, les pesticides entrent dans la chaîne alimentaire et s'accumulent dans la biomasse. Ces particules sont absorbées par divers organismes et entraînent une plus grande accumulation que par le biais du processus d'accumulation moins efficace rencontrés dans les environnements terrestres. Les pesticides peuvent aussi

être accumulés par des plantes et des animaux terrestres, à partir de l'air dans le cas de dérive, mais ce mode de transmission est considéré comme le moins efficace (Agarwal 2002).

La bioaccumulation est déterminée par trois facteurs :

1. Les propriétés physicochimiques des pesticides, notamment leur stabilité chimique, leur solubilité dans l'eau et les lipides, et leur coefficient de partition.
2. La compétition, soit dans ce contexte la compétition entre différentes matières absorbant les pesticides contenus dans leur environnement. En résultat de la compétition, la dilution trouve place. Ce phénomène est appelé « dilution biologique ».
3. Le rythme de consommation et la vitesse d'élimination, c'est-à-dire la quantité absorbée par digestion de nourriture. Les plus petits animaux ont une consommation alimentaire plus rapide par unité pour leur poids. Ils consomment donc probablement des quantités plus élevées de pesticides. Néanmoins, il a été observé que les quantités de pesticides trouvées dans de plus grands animaux étaient plus élevées que dans les plus petits animaux. Ceci s'explique par la vitesse plus élevée du rythme métabolique des petits animaux, affectant positivement le rythme d'élimination, et évitant que les pesticides ne s'accumulent dans leur corps (Agarwal 2002).

Les pesticides absorbés par les plus grandes plantes et les plus grands animaux ne restent pas sous leur forme d'origine mais sont transformés par des réactions métaboliques. Ces processus sont appelés biotransformation, un terme décrivant la transformation des molécules de pesticides, habituellement des processus comprenant de longues chaînes de réactions de détoxification (Agarwal 2002). Toutefois, certains produits de décomposition des pesticides sont en fait la raison de désordres métaboliques. Le DDE, par exemple, un métabolite du DDT, affecte la reproduction des oiseaux en réduisant la disponibilité de carbonate de calcium, qui est nécessaire à la formation des coquilles d'œufs (Newton 1998).

Un impact caractéristique de la pollution par les pesticides, à savoir l'impact du dérèglement endocrinien, n'est pas encore entièrement compris. Le système endocrinien libère des hormones qui agissent comme des messagers chimiques, interagissant avec des récepteurs spécifiques dans des cellules qui influent sur la croissance, le développement et la reproduction. Certains pesticides tels que les insecticides pyréthroïdes, notamment la perméthrine, sont des perturbateurs potentiels du système endocrinien. Les pesticides actuels sont soumis à des tests rigoureux évaluant leur propension à perturber le système endocrinien. Cependant, des composants des pesticides plus anciens peuvent ne pas avoir été testés selon les normes modernes (Carlile 2006).

La toxicité d'un pesticide est déterminée en quantifiant la réponse d'animaux de laboratoire à une série de doses croissantes de pesticides. Une mesure commune pour définir une toxicité aiguë est la  $DL_{50}$ , la dose létale causant la mort de 50 % des animaux testés. Plus la  $LD_{50}$  est élevée, plus faible est la toxicité du pesticide (Whitford 2002). La toxicité de différents pesticides varie quantitativement et qualitativement, car ils se composent de divers groupes de produits chimiques. Toutefois, dans bien des cas, le mode d'action des pesticides sur les espèces ciblées peut être comparé à leur impact sur le métabolisme, par exemple, d'un mammifère. Les insecticides, par exemple, tuent les insectes en affectant leur système nerveux. Celui-ci est relativement facilement accessible en comparaison avec le système nerveux d'un mammifère. Toutefois, à une dose suffisante, ces insecticides peuvent avoir des effets similaires sur des macromolécules similaires du système nerveux des mammifères. Des exemples sont les OC, certains OP, les carbamates et pyréthroïdes synthétiques. Les fongicides, ou plus précisément leur groupe azolé, peuvent affecter la synthèse des stéroïdes tant chez les moisissures que chez les animaux. Il est également possible de concevoir des pesticides qui interfèrent spécifiquement avec les voies métaboliques des organismes cibles, qui n'existent pas chez les mammifères. Des exemples sont les inhibiteurs de synthèse de la chitine se trouvant dans les insecticides et les glyphosphates présents dans les herbicides (Marrs 2004 et col.). La contamination environnementale par les pesticides a de graves conséquences pour les animaux sauvages. Les effets néfastes peuvent aller de la mort, de blessures et de la contamination des

aliments jusqu'à un dérèglement hormonal interne entraînant des changements physiologiques et comportementaux. (Pretty 2005).

La mort d'invertébrés non ciblés vivant dans l'eau est communément associée avec une vaporisation directe des eaux naturelles pour détruire des insectes transmetteurs de maladies tels que les moustiques vecteurs de la malaria. Mais la pollution des sources par déversement accidentel, élimination inconsidérée des pesticides et rinçage des réservoirs de vaporisateurs peut également contaminer l'eau. Les animaux qui ont été traités contre des ravageurs en étant immergés dans un bain qui ensuite pénètrent dans une étendue d'eau, peuvent également être contaminants. Il peut en résulter une diminution directe de populations d'invertébrés aquatiques non ciblés (Carlile 2006).

Le fénitrothion (un insecticide OP) et la deltaméthrine (un insecticide pyréthroïde) par exemple, réduisent de façon importante des populations d'invertébrés tels qu'insectes, crustacés et faune microscopique. Certains d'entre eux peuvent se remettre en quelques semaines, d'autres telles que les crevettes peuvent totalement disparaître. Le fénitrothion peut entraîner un déclin de plus de 75 % des populations de groupes d'insectes non ciblés (Williamson 2003 a). Les herbicides, et notamment les inhibiteurs de photosynthèse, peuvent être directement toxiques pour les phytoplanctons et les zooplanctons, qui sont à la base de la chaîne alimentaire aquatique. Les OC, tels que le DDT, ont montré qu'ils pouvaient réduire la croissance de la coquille des moules se nourrissant par filtration, et les puces d'eau sont particulièrement sensibles aux pesticides, et notamment aux insecticides. L'effondrement consécutif des populations d'invertébrés est temporaire pour la plupart des espèces mais réduit la quantité de nourriture disponible pour les prédateurs. S'ils ne sont pas mortels pour les invertébrés, les pesticides peuvent également s'accumuler dans leur organisme en concentrations sublétales. De ce fait, les prédateurs tels que poissons et oiseaux d'eau peuvent encore accumuler ces pesticides et leurs résidus à des taux dommageables ou même mortels.

La plupart des herbicides sont peu toxiques pour les poissons et ils ne semblent pas s'accumuler dans ces derniers. Les fongicides sont rarement détectés dans les eaux naturelles et la plupart d'entre eux ne sont pas toxiques pour les poissons. Des expériences ont montré que les poissons métabolisaient et excrétaient les fongicides sans qu'il y ait de preuves d'accumulation. Chez les poissons, les problèmes sont principalement dus aux insecticides, les OC, les pyréthroïdes et la roténone étant hautement toxiques. Cette dernière est utilisée commercialement pour vider les lacs et les étangs avant de les repeupler. Le poisson peut être affecté par des déversements accidentels à la source, qui entraînent leur mort dans les rivières et ruisseaux à plusieurs centaines de mètres plus loin ou même à des centaines de kilomètres lorsqu'il est question de pollution massive. Même à faible dose, le DDT est considéré comme hautement toxique pour les poissons. Comme les autres OC, il est absorbé par le passage d'eau contaminée dans leurs branchies, et entre ainsi directement dans le système sanguin et se concentre dans leur foie. Dans ce cas, il peut entraîner des perturbations endocriniennes sources d'imposex, c'est-à-dire le développement d'organes sexuels du sexe opposé, et d'intersex, c'est-à-dire le développement de caractéristiques biologiques mâles et femelles. Contrairement aux OC, les OP ne s'accumulent pas dans les poissons. Les pyréthroïdes, toutefois, sont considérés comme étant hautement toxiques pour les poissons, dont les tissus cérébraux sont plus sensibles à ces substances que ceux des oiseaux et des mammifères. Les grenouilles et les crapauds semblent être plus tolérants que les poissons aux pesticides tels que le DDT et autres OC. Cependant, des effets sublétaux incluant des anomalies morphologiques dues au DDT ont été observés chez les têtards, de même que des concentrations de DDT et d'autres OC chez les grenouilles et d'autres amphibiens. L'impact d'un herbicide - l'atrazine - sur les amphibiens est considéré responsable d'hermaphrodisme et est suspecté d'entraîner des déformations des membres.

Certains reptiles comme les tortues, les serpents et les crocodiles, peuvent accumuler des taux plus élevés d'insecticides OC que les amphibiens, car ils consomment d'autres petits animaux. On a retrouvé des serpents morts dont 500 µg/g du poids corporel se composait de DDT. À la suite d'un déversement

accidentel de pesticide en Floride en 1980, des alligators ont été démasculinisés et super-féminisés, en raison de perturbations endocriniennes (Carlile 2006 et. al).

### **3.4 L'impact des produits agrochimiques sur les oiseaux**

**Rivalité entre habitats naturels et terres cultivées** La croissance démographique et l'expansion des marchés de produits de base mènent à la transformation de la végétation naturelle en terres agricoles. Dans les pays en développement, notamment, l'agriculture est la principale source d'alimentation et de revenus pour les ménages ruraux pauvres, dont le nombre s'accroît malgré l'urbanisation et la croissance économique générale. L'utilisation changeante des terres est la principale raison et le principal accélérateur des pertes de biodiversité, l'expansion des terres agricoles et l'intensification conduisant inévitablement à une dégradation des habitats (Bolwig 2006 et col.).

Au cours des cinquante prochaines années, la demande de denrées alimentaires devrait doubler, notamment dans les pays en développement, et un accroissement de l'intensification agricole est probable en Afrique subsaharienne. Entre 1970 et 2000, la surface agricole utilisée de l'Afrique subsaharienne a augmenté de 4 %, la consommation de fertilisants a presque triplé et les importations de pesticides ont augmenté de plus de cinq fois. La distribution des terres agricoles est un fort indicateur de l'état des menaces pesant sur la faune sauvage et l'intensification de l'agriculture a été mise en relation avec les déclin des populations d'oiseaux en Europe et en Afrique (Sanderson 2006).

L'intensification agricole est comprise soit comme une fréquence accrue des cultures dans les systèmes agricoles à petite échelle, avec une réduction correspondante dans les zones de végétation en jachère ou naturelle, soit comme la conversion des terres en monocultures à grande échelle, caractéristiques de l'agriculture des plantations. La réduction de l'espace et des ressources nutritives, la perte de lieux de perchage et de nidification, et la fragmentation des habitats restreignant les mouvements et la dispersion des semences entraînent la disparition de la plupart des espèces spécialistes, ou au mieux leur survie en nombre restreint (Bolwig 2006 et col.)

Les oiseaux sont considérés comme de bons indicateurs de la biodiversité générale de l'espace rural (Donald 2000) et ils fournissent des services tels que la pollinisation des cultures et la destruction d'insectes ravageurs dont ils se nourrissent, ayant ainsi une influence positive sur la production agricole et donc sur l'économie. Il est clair que l'intensification agricole entraîne de grandes pertes d'espèces d'oiseaux et que les petites exploitations soutiennent une biodiversité beaucoup plus riche que les exploitations à grande échelle (Bolwig 2006 et col.).

Les produits agrochimiques ont de multiples impacts sur les oiseaux. Une distinction doit être établie entre les impacts directs et indirects. Les impacts directs sont par exemple la mort, les dérèglements hormonaux et les échecs de reproduction si, par exemple, un oiseau ingère des pesticides avec sa nourriture. Des exemples d'impacts indirects sont la détérioration d'habitats, suite par exemple à l'utilisation d'herbicides ou de fertilisants, ainsi que les pertes de nourriture dues à l'impact des insecticides sur les invertébrés (Newton 1998).

L'utilisation fréquente de pesticides mortels mais non persistants peut avoir des conséquences aussi graves qu'une utilisation moins fréquente de pesticides persistants. Bien qu'un certain nombre d'oiseaux puissent se rétablir rapidement d'un impact direct de pesticides, certaines populations peuvent demeurer restreintes en permanence ou peuvent même s'éteindre (Newton 1998). Il est toutefois difficile d'évaluer le nombre d'oiseaux morts du fait des pesticides. Il est relativement compliqué de définir un champ agricole moyen et de quantifier les oiseaux qui y sont présents au moment de l'application de pesticide, et il est peu probable que l'on puisse détecter la mortalité des oiseaux dans les champs, à moins que les oiseaux en question ne soient de grande taille et facilement visibles, ou qu'ils ne meurent en vastes

groupes et à la vue de tous. Les oiseaux morts étant vraisemblablement dévorés, l'absence de carcasses d'oiseaux n'indique pas de façon fiable qu'un empoisonnement par les pesticides n'a pas trouvé place ou que l'application du pesticide recommandé n'a pas impacté les oiseaux. Même si les morts directes pouvaient être estimées, il serait encore plus difficile d'évaluer les effets comportementaux ou physiologiques moins évidents, chroniques ou suraigus de certains pesticides sur les oiseaux, tels que comportement de fuite et succès de reproduction compromis, ainsi que les effets indirects véhiculés par voie alimentaire pouvant également affecter les populations d'oiseaux. Compte tenu de tout cela, on peut imaginer l'impact énorme que peut avoir une poignée de fermiers se servant de pesticides sur une population d'oiseaux rassemblés sur leurs sites de haltes et d'hivernage. Ces faits indiquent que les morts médiatisées ne sont pas des événements isolés, mais plutôt la partie émergée de l'iceberg (Mineau 2005 et col.).

**L'eutrophication** et par là la détérioration des habitats peuvent conduire à une diminution des ressources alimentaires disponibles et, dans le pire des cas, à la mort de faim des oiseaux, et il est par conséquent question d'effets indirects. L'impact de l'excès de nutriments, provenant principalement d'azote et de phosphore issus de fertilisants, d'eaux usées, de déchets animaux et d'effluents domestiques, est la cause d'une très vaste eutrophication, notamment dans les écosystèmes aquatiques. Ceci entraîne des modifications au niveau des plantes, des invertébrés et des populations de poissons. Les plantes macrophytes (plantes adventices aquatiques) s'étendent parce que les nitrates et phosphates le leur permettent. Leur croissance fournit de nouveaux substrats aux invertébrés, ce qui signifie davantage de nourriture et d'abris pour les poissons. Par conséquent, la quantité de nourriture disponible pour les oiseaux herbivores et carnivores se trouve fortement accrue. Les stocks de poissons changent, les corégonidés laissant la place à des poissons courants, qui ont des taux de reproduction plus élevés et sont plus rapidement adultes, subvenant aux besoins d'un plus grand nombre d'oiseaux se nourrissant de poissons.

Toutefois, les nutriments continuant d'augmenter, les algues se multiplient et troublent l'eau. Ceci réduit la pénétration de la lumière et entraîne la dégradation des plantes aquatiques, et, dans leur sillage, la mort des invertébrés et des poissons. Il convient de mentionner que certaines algues et autres micro-organismes produisent des toxines, empoisonnant les poissons et les oiseaux qui s'en nourrissent. De denses populations d'algues coulent au fond de l'eau et le processus de décomposition peut entraîner une désoxygénation de l'eau. Dans ces circonstances, les poissons et autre vie aquatique meurent et l'eau peut alors se retrouver presque entièrement dépourvue de vie. Les bactéries ayant entraîné ce déclin peuvent être remplacées par des bactéries anaérobies, engendrant d'autres processus dommageables pour la plupart des organismes.

Contrairement aux lacs, les rivières se ré-aèrent naturellement d'elles-mêmes, mais infestées d'intrants organiques, même leurs eaux peuvent devenir totalement désoxygénées. Les problèmes augmentent encore lorsque de l'eau est prélevée dans les rivières, à des fins d'irrigation ou autres. L'eutrophication est également devenue un problème dans les régions côtières peu profondes (Newton 1998 et col.).

La **contamination de l'environnement par les pesticides** s'est largement étendue (Pretty 2005). La majorité des pesticides incluant herbicides et fongicides représentent une menace mineure pour les oiseaux, mais quelques uns peuvent être véritablement toxiques pour ces derniers (Carlile 2006). La contamination ou même l'élimination des ressources alimentaires, ainsi que le dérèglement hormonal interne et l'intoxication sont des impacts négatifs des pesticides sur les oiseaux (Pretty 2005). Ceux-ci sont régulièrement tués, fréquemment dans des champs traités avec des pesticides, car du fait de leur mobilité, il est difficile de les tenir à l'écart des zones traitées. De plus, les oiseaux sont des fourrageurs opportunistes, ce qui signifie qu'ils réagissent aux ravageurs agricoles en entrant sciemment dans les champs qui ont été traités pour se nourrir de ces espèces (Mineau 2005).

Les oiseaux sont souvent exposés à une combinaison de différents pesticides lorsque deux de ces produits ou même plus sont appliqués ensemble, ou si les oiseaux passent d'une culture à une autre. Les effets combinés de plusieurs toxicités peuvent être beaucoup plus forts que ceux d'une intoxication due à un seul produit. Les étendues d'eau peuvent également contenir un mélange de plusieurs polluants chimiques, s'écoulant d'exploitations agricoles et de sites industriels.

Si les oiseaux sont exposés à plusieurs polluants, il est impossible de déterminer la source précise de l'intoxication (Newton 1998).

Les **insecticides**, et surtout les **insecticides contenant du carbamate** (comme le carbofuran, le carbosulfan, l'aldicarb etc.) et les **insecticides organophosphorés (OP)** (tels que le diazinon, le malathion, le parathion, le famfur etc.) (Newton 1998), peuvent être hautement toxiques pour les oiseaux (Carlile 2006). Les carbamates et les OP sont des substances neurotoxiques dérégulant le système nerveux. Ils inhibent l'enzyme acétylcholinestérase (ChE), qui est responsable de la destruction de l'acétylcholine, un neurotransmetteur veillant à la transmission des impulsions aux terminaisons nerveuses cholinergiques (toutes les terminaisons nerveuses utilisant de l'acétylcholine, y compris l'intégralité du système parasympathique et une partie du système nerveux sympathique) et aux jonctions myoneurales (les terminaisons nerveuses des tissus musculaires). Lorsque des pesticides inhibiteurs de ChE sont absorbés, l'inhibition de ChE permet l'accumulation d'acétylcholine, qui entraîne une stimulation et une fatigue continues des organes et des muscles cholinergiques. Les impulsions nerveuses ne peuvent plus être transmises, entraînant tremblements, convulsions et même la mort suite à des problèmes respiratoires (Friend 2001, Newton 1998). Il est évident que les canards, par exemple, peuvent acquérir une dose mortelle de pesticides anti-ChE, même lorsque les produits chimiques sont employés dans les doses recommandées (Wilson 1998). Il convient de mentionner que le **carbofuran** est tout particulièrement toxique pour les oiseaux puisque les particules de silice à la base de sa formule se trouvent largement offerts aux oiseaux qui se nourrissent des granulés lorsqu'ils fourragent dans les champs (Mineau 2005). Un autre composant fréquemment identifié comme étant la cause de l'empoisonnement d'oiseaux sauvages est le **phosphamidon**, qui est considéré comme responsable de 23 cas de mortalité sur 41 par une enquête coréenne (Kwon 2004).

Le carbamate et les OP sont utilisés partout dans le monde pour les terres agricoles, les forêts, les grands pâturages, les zones humides, ainsi que les sites résidentiels et commerciaux sous la forme d'insecticides, d'herbicides, de nématocides, d'acaricides, de fongicides, de rodenticides, d'avicides, et pour chasser les oiseaux (Friend 2001). Ils sont absorbés soit directement, comme dans le cas du carbofuran, qui est disponible sous forme de granulés et demeure à la surface du sol, pouvant ainsi être directement picoré par les oiseaux, soit en contaminant d'autres organismes nutritifs tels que vers de terre et insectes (Newton 1998). Dans les cas mortels, dans plus de la moitié des accidents, le pesticide source demeure inconnu car il se dégrade rapidement sous l'influence de la lumière et des microbes (Cox 1991).

Les oiseaux mourant rapidement de symptômes neurologiques peuvent fournir des preuves de leur combat, par exemple de la végétation attachée à leur talon ou dérangée par leurs agitations ou convulsions. Des doses sublétales portent atteinte au système nerveux et altèrent le comportement des oiseaux. Une baisse de ChE dans le cerveau des oiseaux est souvent la raison de leur collision avec des véhicules ou des bâtiments, et de la prédation. En outre, des études évaluant l'exposition à des quantités sublétales d'OP et de carbamates ont prouvé qu'ils entravaient la reproduction, réduisaient la capacité à réguler la température du corps, et amoindrissaient ainsi la tolérance au stress causé par le froid, entraînant une activité réduite menant à son tour à une moindre alimentation et à une perte de poids (Friend 2001). De plus, les OP sont connus pour causer l'anorexie (perte d'appétit), qui peut être particulièrement désastreuse pour les espèces migratrices, pour lesquelles les réserves sont essentielles. On a montré que le **dictyotophos**, qui est également un OP, perturbait le comportement parental. Une seule dose orale fait que les femelles font moins de voyages pour nourrir leurs petits et restent plus longtemps loin d'eux (Cox 1991). Le **profénofos** (un insecticide OP) est à forte dose hautement toxique

pour les oiseaux (EPA 2000). Le **chlorpyrifos** (un insecticide OP et inhibiteur de ChE ) et le **fénitrothion** (un insecticide OP) se sont avérés entraîner le déclin des populations d'oiseaux. Ils font diminuer la quantité de nourriture disponible, dérèglent les niveaux de ChE et affectent les oisillons en réduisant leur nombre ou en les tuant dès qu'ils ont quitté le nid (Mullié 1993). L'activité ChE du cerveau augmente de nouveau une fois que les oiseaux se rétablissent d'une intoxication aux OP ou au carbamate. Toutefois, l'activité ChE peut demeurer en-deçà des niveaux normaux jusqu'à trois semaines plus tard, selon le composant et la dose reçue, affaiblissant les chances de survie de l'oiseau (Friend 2001).

Pendant les recherches liées aux intoxications des oiseaux par les OP ou le carbamate, trouver des carcasses est l'un des principaux problèmes rencontrés car celles-ci sont fréquemment dévorées, surtout sur les terres agricoles (Mineau 2005). En revanche, suite à une exposition à des OP ou au carbamate, on peut souvent trouver des carcasses de prédateurs et d'autres animaux carnivores et insectivores (Friend 2001), ce qui prouve que l'impact négatif des pesticides inhibiteurs de ChE ne s'arrête pas à la mort des oiseaux.

Pourtant, les OP et les carbamates sont toujours considérés comme un moindre mal par rapport aux OC. Les **organochlorines (OC)** sont connus pour leur extrême persistance et leur haute liposolubilité, qui leur permettent de progresser dans la chaîne alimentaire, devenant ainsi de plus en plus concentrés (Newton 1998). Après leur application, les OC demeurent dans l'environnement pendant de longues périodes et s'accumulent dans les réserves adipeuses du corps, pouvant ainsi se bioaccumuler et se bioamplifier. Cette combinaison de bioaccumulation et de bioamplification peut nuire à la faune sauvage, notamment les espèces d'oiseaux, et même la tuer (Friend 2001). Les OC progressent dans la chaîne alimentaire de par leur liposolubilité et leur persistance, et se concentrent à plusieurs niveaux trophiques successifs. La concentration est la plus faible au premier niveau trophique (les plantes), mais elle s'accroît de façon significative dès le second niveau trophique (les animaux herbivores). Le troisième niveau trophique (les carnivores) comprennent les plus fortes concentrations d'OC, augmentant de plus en plus selon la taille des animaux de proie et du prédateur. Mais le niveau trophique n'est pas décisif : c'est le taux d'exposition ou d'absorption qui compte. Les taux d'accumulation, par exemple, sont souvent plus élevés en milieu aquatique, les animaux aquatiques absorbant les OC par leurs branchies en plus de les ingurgiter avec leur nourriture. De par la persistance dans le corps, il peut se passer plusieurs semaines et même plusieurs mois avant que les effets des OC ne se déclarent chez un oiseau. La mortalité survient probablement en période de jeûne, lors de la migration ou lors de mauvaises conditions atmosphériques, ou autres occasions au cours desquelles les réserves adipeuses du corps sont métabolisées et où les OC se libèrent dans le système circulatoire (Newton 1998 et col.). Les résidus sont transportés jusqu'au cerveau, où ils peuvent atteindre des niveaux toxiques et donner lieu à un empoisonnement aigu, ou même atteindre des niveaux mortels dans le système nerveux (Friend 2001). En outre, les oiseaux possèdent un système de détoxification moins efficace que les mammifères pour filtrer les OC, ce qui explique pourquoi ils sont généralement davantage intoxiqués que ces derniers sur un même site traité aux pesticides (Newton 1998).

Les OC connaissent un vaste champ d'application et sont utilisés pour les cultures agricoles, les terres forestières et dans une moins grande mesure pour la protection de la santé humaine par la destruction des moustiques et autres vecteurs potentiels de maladies. Les OC comprennent les **polychlorobiphényles (PCB)**, les **dioxines**, les **dibenzofurannes**, les **pesticides cyclodiéniques** (tels qu'aldrine, endrine, dieldrine etc.), le **lindane**, l'**hexachlorobiphényle (HCB)**, le **toxaphène**, le **chlordane** et le **DDT**. La plupart des OC persistants ont été interdits sur les marchés d'Europe et d'Amérique du Nord, mais de nombreux d'entre eux sont toujours utilisés en Afrique, en Asie et en Amérique du Sud (Fry 1995). Les oiseaux migrateurs demeurent donc exposés à des composants d'OC persistants, et les effets ne sont habituellement notables que lorsque les oiseaux parviennent sur d'autres sites de leur voie de migration (Friend 2001). Il convient de mentionner que les OC peuvent se transformer beaucoup plus vite sous un climat tropical que sous un climat tempéré, des températures plus élevées favorisant la dégradation et la

volatilisation (Newton 1998). En outre, leur mouvement diffère entre les environnements terrestres et aquatiques. Dans les systèmes aquatiques, le mouvement est beaucoup plus rapide et les effets sont presque immédiatement perceptibles. Ceci est tout spécialement valable pour le DDT (Middleton 2005)

Le **DDT** est l'OC le plus connu (Friend 2001). Le DDT n'est pas spécialement toxique pour les oiseaux et une exposition particulièrement forte est nécessaire pour tuer un oiseau tout net (Newton 1998) en empoisonnant son système nerveux (Cox 1991). Le système nerveux des oiseaux peut également être altéré par le DDT et d'autres composants d'OC qui peuvent entraîner un comportement pathologique, tel que léthargie, ralentissement, dépression, incoordination motrice et musculaire (ataxie), tremblements et convulsions, réduction de l'attention portée au nid et abandon de ce dernier, battements d'ailes violents, position des ailes et du corps anormale, de même que spasmes corporels faisant le corps se tordre en arrière et devenir rigide (opisthotonos) (Friend 2001).

C'est toutefois sur la reproduction que l'on note les principaux effets (Newton 1998). Le DDE et le DDD (Friend 2001) (métabolites du DDT) réduisent la disponibilité de carbonate de calcium, qui est nécessaire durant la formation des coquilles d'œufs. Celles-ci deviennent alors trop fines et peuvent se briser sous le poids des parents, ou bien les embryons meurent de déshydratation, en raison des pertes d'eau excessives à travers la coquille trop fine de l'œuf (Newton 1998). Le DDT et autres OC sont également en mesure d'imiter l'action des œstrogènes. Bien que le potentiel récepteur de l'œstrogène aux pesticides originaux soit faible, même de minuscules quantités de leurs métabolites hydroxylés peuvent avoir des affinités de liaison très similaires, comme l'œstrogène (plus précisément l'œstradiol, un stéroïde et l'œstrogène le plus important).

Le contrôle hormonal du système de reproduction des oiseaux diffère de celui des mammifères. Chez les mammifères, le sexe hétérogamétique est le sexe mâle (XY) et le sexe homogamétique le sexe femelle (XX). Mais chez les oiseaux, le sexe hétérogamétique est le sexe femelle (ZW) et le sexe homogamétique le sexe mâle (ZZ). Le sexe homogamétique est le sexe « par défaut », le phénotype dans lequel l'embryon se développera en l'absence d'hormones de sexe spécifique et autres composants. Par conséquent, chez les oiseaux, le sexe par défaut est le sexe mâle, et des produits génétiques femelles spécifiques doivent être traduits en œstradiol de synthèse, différenciant les gonades des ovaires. Les OC lipophiles qui se bioaccumulent et sont déposés dans le jaune d'œuf ont été identifiés comme impactant la différenciation des sexes des oiseaux. Les mâles sont féminisés et l'oviducte droit des femelles peut être anormalement large, des changements fonctionnels de l'oviducte gauche peuvent se produire et la glande sécrétant la coquille peut se former lorsque l'oisillon femelle atteint l'âge adulte, pondant des œufs aux coquilles défectueuses, fines ou molles. Les embryons des oiseaux sont particulièrement menacés par les produits métabolites d'OC, ceux-ci n'étant pas excrétés de l'œuf mais demeurant dans la circulation sanguine tout au long de l'incubation (Fry 1995 et col.).

Trois groupes d'oiseaux ont été particulièrement affectés par le DDT : premièrement les rapaces, notamment lorsqu'ils se nourrissent de poissons ou autres animaux contaminés, deuxièmement les oiseaux se nourrissant de poissons et troisièmement divers oiseaux granivores comme les oies et les grues, s'alimentant de graines de céréales et autres plantes nouvellement semées, traitées aux pesticides pour les protéger des insectes ravageurs (Friend 2001, Newton 1998).

Le **BCP hydroxylé** a également été identifié comme œstrogénique, avec un large éventail de puissance selon ses métabolites hydroxylés. De petites doses entraînent l'induction d'enzymes microsomaux du foie et des doses beaucoup plus fortes sont rapidement hydroxylées en œstrogènes actifs (Fry 1995). Il existe des preuves que la réduction du principal taux de reproduction d'individus entraîne un déclin de la population, les résultats de reproduction étant insuffisants pour compenser les chiffres de mortalité (Newton 1998).

L'**endosulfan** est un autre pesticide OC et bien que moins persistant, il provient de la même famille chimique que le DDT (Glin 2006). Les oiseaux sont généralement sensibles à l'empoisonnement à l'endosulfan. La toxicité aigüe (LD<sub>50</sub>) définie pour les jeunes canards se monte à 33 mg/kg, pour les colverts adultes à 205-243 mg/kg, pour le Colin de Virginie à 805 mg/kg et pour le Faisan de Colchide à 1,275 mg/kg. Les Colverts mâles de trois ou quatre mois présentent des ailes croisées haut sur leur dos, des tremblements, des chutes et autres symptômes dans les dix minutes qui suivent la prise d'une dose orale forte. Ces symptômes peuvent même persister pendant un mois (Exttoxnet 1993).

D'autres OC, les **cyclodiènes**, tels que l'**aldrine** et la **dieldrine**, sont plusieurs centaines de fois plus toxiques pour les oiseaux que le DDT. Ils sont capables de tuer les oiseaux tout net, accroissant leur mortalité dans une telle mesure que de rapides déclin des populations sont à déplorer. Utilisés en premier lieu pour traiter les semences, les cyclodiènes tuent principalement les oiseaux granivores et les oiseaux prédateurs qui s'en nourrissent (Newton 1998). Les oiseaux et leur progéniture sont menacés par les pesticides qui affaiblissent leurs sources de nourriture tels que graines et insectes (Carlile 2006).

Les **rodenticides** sont spécialement dangereux pour les oiseaux de proie, si les proies ont été contaminées (Carlile 2006) et en plus, ils peuvent réduire la disponibilité de petits mammifères servant de proie aux rapaces (Campbell 1997). Ils sont en effet également utilisés pour traiter le grain contre les souris et les rats. Une fois celui-ci semé, les oies et autres oiseaux granivores peuvent également devenir victimes des rodenticides (Hunter 1996).

Les **avicides** sont des pesticides délibérément employés contre les oiseaux. Il s'agit principalement de composants d'OP tels que le **fenthion** ou le **parathion**, qui sont utilisés pour maîtriser les grandes populations d'oiseaux granivores tels que le Travailleur à bec rouge (*Quelea quelea*) en Afrique. Les avicides sont habituellement appliqués par des avions qui les déversent sur les perchoirs et les volées en train de se nourrir, tuant tant les oiseaux ciblés que d'autres espèces, qui les inhalent ou les ingèrent (Newton 1998).

Les **herbicides** sont généralement moins toxiques pour les oiseaux, car ils sont faits pour traiter les plantes. Certains, tels que le **dinosèbe**, un herbicide au dinitrophénol interférant avec le métabolisme énergétique de base des cellules des plantes et des animaux, sont mortels, même à petite dose. Une dose de 7 mg/Kg suffit à tuer un oiseau tout net, rendant ce produit plus hautement toxique que la plupart des insecticides toxiques. Les herbicides nitrogéniques quaternaires tels que le **paraquat** et le **diquat** sont également toxiques pour les oiseaux. Plusieurs centaines de milligrammes par kilogramme peuvent tuer des oiseaux adultes, et des volées d'oiseaux meurent de doses aussi faibles que la dose mortelle de dinosèbe (Cox 1991). Néanmoins, les herbicides peuvent aussi impacter les oiseaux indirectement en les faisant mourir de faim ou en les contraignant à abandonner les sites traités, lorsque les herbicides détruisent leurs habitats ou leurs proies (Cox 1991).

Les **effets indirect des pesticides** comprennent la carence en aliments cruciaux pour les oiseaux. Il existe des preuves que l'application de produits agrochimiques a fortement réduit la nourriture disponible pour les oiseaux. Ces réductions peuvent persister pendant des semaines ou même des mois, assez longtemps pour couvrir la plus grande partie de la période de reproduction de certaines espèces (Campbell 1997). En fait, outre les impacts directs des produits agrochimiques, le deuxième mécanisme central du déclin des populations d'oiseaux résulte des effets indirects de l'application de pesticides et d'herbicides (Newton 1998).

L'**application à long terme d'herbicides** réduit les populations de diverses plantes champêtres dont dépendent les oiseaux granivores. La plupart des herbicides ne sont pas cumulatifs par eux-mêmes, toutefois, leurs effets peuvent entraîner la diminution des « banques de graines » présentes dans le sol.

Ainsi, des plantes arables autrefois communes sont à présent devenues rares (Newton 1998), faisant que beaucoup plus d'espèces d'oiseaux granivores adultes meurent de faim. En outre, certains herbicides ont un impact insecticide direct. Comme l'abondance des plantes nutritives destinées aux insectes phytophages (qui se nourrissent de plantes) diminue, le nombre de ces insectes diminue aussi. De plus, un certain nombre d'invertébrés dépendent des plantes qui les abritent de leur stade immature à leur éclosion. Les herbicides réduisent donc indirectement la quantité d'insectes dont les oisillons peuvent se nourrir.

En outre, les herbicides entraînent la perte de sites de nidification ou tout au moins une détérioration de leur qualité. La destruction de la végétation peut même empêcher les tentatives de reproduction des oiseaux nichant sur le sol, ou bien leurs nids peuvent être plus enclins à l'échec pour cause de prédation et d'impact des conditions météorologiques.

Les **insecticides pyréthroïdes**, qui sont peu toxiques pour les oiseaux, tuent un vaste éventail d'organismes ravageurs ou non. Ils affectent tout spécialement les oiseaux d'eau se nourrissant d'insectes aquatiques, les petits oiseaux insectivores et les oisillons nourris d'insectes au cours de la saison des nids (Cox 1991). Ils détériorent l'état des adultes et des oisillons, réduisant le taux de reproductions fructueuses et affectant les chances de survie des petits tout en accroissant la mortalité chez les oiseaux adultes (Campbell 1997).

Les **fongicides** réduisent les réserves de nourriture de même que les populations d'insectes se nourrissant de moisissures (Campbell 1997 et col.).

Les **molluscicides** font décroître le nombre d'escargots, de limaces, de vers de terre et d'autres invertébrés, accroissant la mortalité des oisillons ou des jeunes tout juste envolés du nid.

Les **produits vétérinaires** aux propriétés insecticides peuvent également réduire les populations d'invertébrés qui se nourrissent des fientes de bétail ou même les colonisent, réduisant encore une fois la disponibilité de nourriture pour les oiseaux spécialistes (Campbell 1997).

### 3.5 Impact des pesticides sur les oiseaux migrants en Afrique

Depuis les années 1960, des pesticides ont été introduits pour lutter contre les invasions de criquets et de sauterelles. Contrairement aux essaims de criquets, les sauterelles sont présentes toute l'année dans de vastes régions. Comme les criquets, elles sont traitées avec des insecticides chimiques. En conséquence, comme elles sont plus dispersées à travers de vastes régions, leur élimination est plus dommageable pour l'environnement.

Au début, un traitement barrière avec l'OC dieldrine s'est avéré efficace contre le nombre croissant de criquets et de sauterelles. Toutefois, c'est également la dieldrine qui a entraîné le déclin de diverses espèces d'oiseaux européens et nord-américains, et elle a été rapidement suspectée d'avoir contribué au déclin de populations d'oiseaux vivant et hivernant en Afrique. Au cours des années 1980, la dieldrine a été remplacée par des OP et autres composants chimiques qui étaient moins persistants et avaient par conséquent une vie relativement plus courte. Pour que la dieldrine soit efficace, il fallait des vaporisations intégrales répétées et le traitement devenait coûteux.

La lutte chimique au moyen d'insecticides à large spectre tue de très nombreux insectes, ciblés et non-ciblés. L'éradication est réalisée dans un bref laps de temps, prenant quelques heures ou moins d'une journée. Ainsi, les oiseaux insectivores sont privés presque instantanément de leurs ressources alimentaires et ils quittent massivement les sites traités aux pesticides.

Un traitement barrière économique est redevenu possible avec l'introduction du fipronil, un insecticide persistant. Malheureusement, il s'est avéré que le fipronil présentait des inconvénients environnementaux majeurs (Mullié 2009).

À présent, le fipronil n'est plus recommandé en traitement intégral contre les criquets. Néanmoins, il convient de mentionner que des quantités massives d'insecticides OP, principalement, ont été appliquées depuis 1965.

Les insectes morts ne sont habituellement pas attrayants pour les oiseaux. Les bioinsecticides tels que le fipronil affaiblissent les insectes au lieu de les tuer net. Ils deviennent ainsi une proie plus facile et les oiseaux sont attirés vers les zones traitées. Des données rassemblées sur le terrain et des études expérimentales ont apporté des preuves irréfutables du fait que les oiseaux peuvent éradiquer des populations restreintes, moyennes et parfois même élevées de criquets et de sauterelles, rendant discutable l'emploi de produits chimiques coûteux (Mullié 2009).

## **4. Agriculture et application de produits agrochimiques en Afrique**

Le présent chapitre réunit les informations disponibles sur l'application de produits agrochimiques en Afrique et leur impact sur l'environnement. Il comprend des études de cas réalisées dans plusieurs pays, introduit auprès du lecteur le concept de zonage agro-écologique, décrit différents systèmes agricoles en Afrique du Nord et en Afrique subsaharienne, et tente de présenter un aperçu de l'avenir de l'agriculture africaine. Les données sur l'utilisation de pesticides en Afrique provenant de la base de données statistiques de la FAO (FAOSTAT) n'ont pas été utilisées car elles étaient alors considérées trop anciennes ou incohérentes.

### **4.1 Une introduction à l'utilisation des sols en Afrique**

En Afrique, l'utilisation des sols est complexe et liée au développement économique, à la politique nationale et aux coutumes locales d'un pays ou d'une région. L'agriculture y emploie davantage de gens que dans les parties plus développées du monde. En 2003, 54 % de tous les Africains (62 % de tous les Africains de l'Afrique subsaharienne) participaient à des activités agricoles, bien qu'avec de larges variations entre les différents pays (par ex. 6 % en Lybie et 90 % au Burkina Faso). Vivre de la terre est toutefois risqué. Un total de 24 % de tous les gens vivant en Afrique subsaharienne sont sous-alimentés, la plupart d'entre eux étant des enfants.

Même si 37 % de toutes les terres du continent africain ont été classées comme terres agricoles par la FAO en 2001, toutes celles-ci ne peuvent être considérées comme convenant à la culture du sol, puisque les terres agricoles comprennent également des pâturages et des parcelles destinées à l'élevage. En Afrique, l'agriculture a extraordinairement changé dans la plupart des endroits, mais elle est aussi demeurée pratiquement inchangée dans des lieux plus marginaux. Toutefois, la famille demeure l'unité de production et de consommation, la plupart du travail étant réalisé par des membres de la famille et la plupart des aliments étant produits par la famille (Cole 2007). Ces unités de fermage familial sont appelées de petites exploitations.

Ce qui distingue la majorité des fermiers africains des fermiers européens est le manque de contrôle sur leur environnement. L'utilisation de technologies agricoles mécaniques est moins développée en Afrique, notamment dans les régions du sud du Sahara. En Afrique subsaharienne, l'utilisation de fertilisants inorganiques est la plus faible du monde. La plupart des fermiers utilisent des fertilisants organiques provenant du lisier animal, de déchets ménagers compostés, de déchets agricoles, de sédiments et de cendres. La plus grande partie de l'Afrique est sèche ; l'irrigation est limitée et la plupart des cultures dépendent des précipitations. Pour cette raison, l'agriculture est souvent victime de sécheresses périodiques. L'assurance récoltes, commune dans la plupart des pays occidentaux, est rare, et les pertes et échecs des récoltes, dus par exemple à des ravageurs, représentent de réelles menaces pour le bien-être et la survie physiques (Cole 2007 et col.). Ceci est particulièrement vrai dans la perspective de la demande croissante d'aliments d'une population mondiale grandissante. Depuis le début du deuxième millénaire, la population de la plupart des pays d'Afrique a augmenté de quelque 3 % par an, et elle s'accroît deux fois plus vite dans les villes que dans les campagnes. Ce processus, appelé urbanisation, a un impact direct sur l'agriculture.

La demande de produits agricoles change. Le riz et le blé pour le pain remplacent des cultures traditionnelles telles que le millet et le sorgho. Comme la majorité des fermiers africains est trop pauvre pour intensifier la production grâce à l'irrigation et à des produits agrochimiques, de plus grandes surfaces de sols sont nécessaires. Les cultures itinérantes, une technique d'utilisation des sols traditionnelle consistant à laisser les terres en jachère pour éviter la diminution des nutriments du sol, a été

progressivement remplacée par la culture permanente. La conséquence est un appauvrissement en nutriments qui, à son tour, donne lieu à une réduction de la matière organique du sol, à une perte des nutriments qu'il contient et de ce fait à des rendements plus faibles.

En 2004, les fermiers africains ont élevé 254 millions de moutons, 239 millions de bovins et 232 millions de chèvres. Dans la région du Sahel, notamment, les densités de cheptel ont augmenté depuis 1960 et le nombre croissant de bétail fait que les pâturages s'étendent. La combinaison d'une expansion des terres cultivées, de l'accroissement du cheptel et du grand nombre d'Africains tributaires du bois de chauffage pour cuisiner entraîne la déforestation.

Le continent africain contient 974 aires protégées couvrant 175 millions d'hectares (ha) soit 6,8 % de la superficie totale du continent. La plupart des aires protégées se trouvent à l'est et au sud de l'Afrique. Plus de 60 % d'entre elles sont situées dans sept pays seulement. Deux pays incluent plus de 10 % du total de ces aires en Afrique, à savoir la Zambie (13 %) et l'Éthiopie (10 %). Il y a donc peu de refuges pour les animaux sauvages et la destruction des environnements naturels continue d'une façon ou d'une autre. Les animaux de toutes sortes font face à des pertes d'habitats. Pour les oiseaux, qui dépendent des régions boisées et des pâturages, les pertes d'habitats sont très grandes. Les oiseaux se nourrissant sur les terres en jachère voient leurs ressources alimentaires réduites, les cultures itinérantes ayant été remplacées par des cultures permanentes (Zwarts 2009 et col.).

## **4.2 Application des produits agrochimiques en Afrique**

Selon les tendances mondiales de fertilisation et une projection pour 2011-2012, l'Afrique comptera pour légèrement moins de 3 % de la consommation mondiale de fertilisants. Des frais de transport élevés, notamment dans les pays situés à l'intérieur du continent, et une série d'autres facteurs qui limitent encore les marchés d'intrants et d'extrants, restreignent gravement l'utilisation de fertilisants. L'Afrique continuera d'importer tous les fertilisants potassiques nécessaires et demeurera un exportateur important de fertilisants phosphatiques, et dans une moindre mesure mais de plus en plus, de fertilisants nitrogéniques. Les capacités de production de nitrogène n'existent que dans 11 pays et celles de phosphate seulement dans 6 pays. La consommation de fertilisants est largement limitée à 10 pays. Les principaux consommateurs de fertilisants sont l'Égypte, l'Afrique du Sud et le Maroc (FAO 2008 et col.).

La production agricole est dans les systèmes agricoles tropicaux, fortement impactée par les ravageurs, c'est-à-dire arthropodes, pathogènes, nématodes et mauvaises herbes. Le climat tropical n'a pas de saisons naturelles ; par conséquent, il n'y a pas de périodes de repos annuelles durant la période de croissance. Les ravageurs peuvent donc se reproduire toute l'année sans connaître les déclin habituels des climats tempérés. Ceci rend les systèmes agricoles tropicaux imprévisibles et difficiles à gérer.

Au fil des siècles, les fermiers africains ont développé des méthodes traditionnelles pour lutter contre les ravageurs et les maladies, et se sont bien débrouillés avec les ravageurs indigènes et les cultures indigènes. Après l'introduction de nouvelles cultures de l'étranger, les ravageurs locaux se sont adaptés plus lentement et les fermiers ont eu beaucoup de temps pour choisir des cultivars suffisamment résistants. Mais l'introduction de ravageurs de l'étranger a submergé les fermiers africains. Ils ont soudain dû faire face à leurs ravageurs locaux spécifiques, à des espèces migratrices (tels que les criquets) et à de nombreux ravageurs introduits. En raison de ces changements, le fermier africain moyen a besoin d'un enseignement, d'une formation et de pesticides suffisants s'il ne veut pas vivre dans une extrême pauvreté à cause du peu de rendement obtenu en raison des pertes élevées dues aux ravageurs (Williamson 2003 a). Beaucoup de gouvernements africains ont aidé à la culture de végétaux d'exportation à valeur élevée par les petits exploitants. L'objectif était de leur fournir des revenus et de promouvoir la croissance économique. La productivité agricole était destinée à augmenter grâce aux moyens techniques et aux intrants agricoles (Williamson 2003 a). Les pesticides étaient subventionnés ou même fournis

gratuitement par les offices gouvernementaux de commercialisation et les services de vulgarisation (Williamson 2003 b).

Avec la mise en œuvre de programmes structurels d'ajustement dans les années 1990, les gouvernements ont été contraints de réduire les interventions de l'État dans la production alimentaire. Les responsabilités de la fourniture d'intrants et de services agricoles, devaient être reprises par le secteur privé. Toutefois, les politiques de libéralisation n'ont pas toujours eu les effets voulus. Des réductions drastiques dans les recherches et la vulgarisation financées par les gouvernements ont suivi la libéralisation. Les comités pour les produits agricoles et les marchés de céréales alimentaires contrôlés par l'État ont été démantelés et privatisés, laissant derrière eux un vide important pour les petits exploitants, le secteur privé ne voulant pas investir dans ces derniers et beaucoup d'entre eux vivant dans des régions reculées. Soit dit en passant, l'apport de conseils en matière d'application des pesticides par les détaillants est discutable, leur principale motivation étant très probablement la vente et non la protection de l'environnement. En résultat, l'application de produits agrochimiques a été réduite, entraînant un déclin de la qualité des cultures exportées et l'utilisation des fertilisants s'effondrant chez les petits exploitants. Après la libéralisation, la productivité a décliné et les petits exploitants ont compensé en accroissant la superficie cultivée. En outre, les petits exploitants dépendant de revenus en espèces pour couvrir leurs dépenses de santé et d'éducation, sont passés de la culture d'un mélange de végétaux alimentaires et commerciaux à la culture exclusive de végétaux alimentaires, c.-à-d. du maïs et des haricots, qu'ils vendent contre des espèces. (Williamson 2003 a et col.).

Les revenus déclinants de certaines cultures et le coût croissant des produits agrochimiques ont contraint les fermiers à acquérir des produits chimiques provenant de sources suspectes, même s'ils sont d'une qualité douteuse.

Les pesticides, qui ne sont plus ni gratuits ni subventionnés par le gouvernement, sont acquis par le biais de fournisseurs non officiels et non brevetés. De petits marchands se rendent sur les marchés villageois ou vendent leurs produits dans les grandes villes. Beaucoup de ces produits sont d'une qualité douteuse et sont fréquemment réemballés et re-étiquetés, tandis que leur contenu a pu être dilué, mélangé ou changé, faisant qu'ils ne correspondent plus à ce qui est indiqué sur leurs étiquettes. Les herbicides vendus par des voies non officielles sont fréquemment dépourvus d'étiquettes.

Les petits exploitants peuvent également acquérir des pesticides en passant à des cultures commerciales, telles que le coton, qui sont toujours subventionnées par le gouvernement. Les fermiers cultivent alors délibérément du coton pour avoir accès aux pesticides destinés à cette plante, tels que l'endosulfan, persistant et toxique, qui s'est avéré extrêmement toxique pour les oiseaux (Exttoxnet 1993). Les pesticides pour le coton sont appliqués sur le dolique et les légumes ou même vendus à des fermiers qui ne cultivent pas du coton. Malgré les difficultés qu'ils éprouvent à acquérir des pesticides, les petits exploitants ont accru leur dépendance à leur égard et leur application est de nouveau en augmentation ces 10 dernières années (Williamson 2003 b et col.).

Parmi les cultures commerciales et horticoles notamment, telles que le coton, le cacao, l'huile de palme, le café et les légumes, l'utilisation de pesticides est en hausse (Pretty 2005). Cependant, l'Afrique a la plus faible consommation de pesticides de tous les continents puisqu'elle compte pour seulement 2 % des ventes mondiales de pesticides. Ceci pourrait conduire à l'hypothèse qu'une application continuelle de faibles taux de pesticides n'entraîne que des risques minimes pour la santé et l'environnement (Pretty 2005). Mais en Afrique subsaharienne notamment, le contrôle de la qualité des pesticides est médiocre. Environ 30 % des pesticides mis sur le marché ne répondent pas aux standards de qualité internationalement acceptés et sont une menace pour la santé humaine et l'environnement.

En outre, les systèmes d'agriculture de subsistance à petite échelle sont généralement considérés comme étant des systèmes à faible intrant qui ne font qu'une utilisation minimale de pesticides et donnent

l'impression trompeuse que l'application de pesticides est liée principalement à une agriculture commerciale et à grande échelle.

L'application de pesticides n'est cependant pas liée à la taille de la ferme mais aux végétaux qui y sont cultivés. Les plus grands consommateurs de pesticides sont les cultures commerciales et beaucoup d'entre eux sont principalement cultivés par les petits exploitants. Les pesticides sont employés par des millions de fermiers africains, même si les volumes appliqués par hectare sont souvent bien en-dessous de ceux employés dans les systèmes d'agriculture plus intensifs des pays en développement. Toutefois, même utilisés en petites quantités, les pesticides peuvent représenter une menace pour la santé humaine et l'environnement (Williamson 2003 a). Un dérèglement généralisé de la fourniture d'intrants a entraîné une croissance rapide du commerce non officiel de pesticides, offrant tout particulièrement des produits de mauvaise qualité. Les pesticides vieux et puissants qui ont été interdits émergent de nouveau sur les marchés locaux et sont utilisés sans restrictions par les fermiers (Pretty 2005). Des pourcentages élevés de produits sont classés par l'OMS comme étant extrêmement, très ou au moins modérément dangereux.

Le choix d'un pesticide particulier et les méthodes d'application dépendent de l'information disponible. Le manque d'information peut conduire à des mesures inutiles, incluant une sur-utilisation et une utilisation inadéquate des pesticides. Mais d'une façon générale, des informations limitées sont disponibles pour les fermiers, les conseillers agricoles et les marchands de pesticides sur l'utilisation adéquate et efficace des différents produits. Un manque général d'information sur les pertes possibles, la gravité prévue des épidémies de ravageurs et les mesures alternatives pour contrôler et protéger les cultures encouragent l'utilisation de pesticides à titre d'assurance contre des pertes imprévisibles.

Les détaillants donnent aux fermiers des informations sur les pesticides, tout spécialement aux petits exploitants illettrés. Ces marchands peuvent faire pression sur les fermiers pour vendre leurs produits, tout comme les agences et les négociants qui achètent leurs produits et demandent qu'ils soient de bonne qualité. Certains distribuent leur propre matériel de vulgarisation avec des recommandations sur l'utilisation et les taux d'application, et certains forment même leurs propres conseillers à l'utilisation de leurs pesticides.

On peut donc supposer que la plupart des contacts avec des fournisseurs de pesticides ou participations à des démonstrations sur le terrain chez des grossistes donnent lieu à une plus grande utilisation de pesticides que lorsque des informations objectives sont disponibles (Gerken 2001 et col.).

Les fermiers et les conseillers agricoles ne disposent ni de vêtements ni d'équipement adéquats. De mauvaises techniques d'application peuvent provoquer l'entraînement par lessivage des pesticides dans les eaux potable et souterraines, tuant les animaux sauvages et le bétail, et stimulant le développement de résistances, par exemple, des insectes, aux pesticides appliqués. Les cycles ravageurs-prédateurs peuvent être rompus et la biodiversité agricole réduite.

Beaucoup de fermiers évaluent la puissance d'un pesticide donné à sa capacité à tuer des insectes et d'autres animaux. La dévastation de la population animale dans les champs traités est ainsi considérée comme une preuve de la puissance d'un pesticide. Il n'y a que très peu de connaissances spécifiques sur la façon dont le traitement au pesticide affecte des organismes non ciblés. La recherche sur le terrain, qui fournit des informations sur les implications pour la biodiversité et la santé environnementale, fait défaut. Les données publiées sont très limitées et la plupart des recherches se sont concentrées sur les pesticides appliqués dans de vastes régions pour lutter contre les criquets.

Les traitements aux pesticides peuvent décimer les mouches, les papillons de nuit, les sauterelles et les vers de terre et perturber complètement les colonies de fourmis et de termites. Il convient de mentionner

que les vers de terre, les termites et autres organismes telluriques, jouent un rôle considérable dans le cycle des nutriments du sol. Leur décimation entraîne un déclin de la fertilité du sol.

Contrairement à d'autres arthropodes et vers, qui sont touchés immédiatement après l'application, les plus grands animaux tels que les oiseaux s'enfuient des zones traitées. Veillant à l'équilibre des populations d'insectes ravageurs, ils sont également nécessaires en tant que prédateurs naturels des arthropodes. Si les oiseaux sont empoisonnés par des insecticides, c'est très vraisemblablement lors de la consommation de semences traitées avec des pesticides. L'expansion du coton, notamment, fait que les oiseaux demeurent encore plus loin des champs.

Jusqu'ici, très peu d'évaluations de l'impact des produits agrochimiques sur les agro-écosystèmes et l'environnement africain ont été réalisées. L'un des défauts du peu d'études existantes est qu'elles sont concentrées sur les composants d'OC, qui sont cependant moins communément utilisés que les composants d'OP, tels que le pyréthroïdes. L'endosulfan, très répandu dans le coton et autres cultures, était également exempt. Il a été introduit dans les systèmes cotonniers africains pour lutter contre le ver de la capsule du cotonnier, qui était devenu résistant aux pyréthroïdes. Les agriculteurs d'Éthiopie, du Ghana et du Bénin ont observé des empoisonnements de leur bétail et autres animaux après l'application d'insecticides, l'endosulfan étant décrit comme le plus toxique d'entre eux. La persistance de ses projections peut même empoisonner plusieurs semaines après son application (Williamson 2003 a et col.).

Tous les pays africains, à l'exception de la Somalie, du Sahara occidental et du Zimbabwe, ont signé la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP). Ce traité mondial a pour but de protéger la santé humaine et l'environnement en interdisant l'utilisation d'aldrine, de chlordane, de DDT, de dieldrine, d'endrine, d'heptachlore, d'hexachlorobenzène, de mirex, de toxaphène, de chlordécone, d'alpha-hexachlorocyclohexane, de bêta-hexachlorocyclohexane, de lindane et de pentachlorobenzène (PNUE 2009).

Les gouvernements africains doivent toutefois relever de nombreux défis dans leur tentative de maîtriser l'utilisation des pesticides. Les données sur les importations, les ventes et l'utilisation des pesticides font défaut dans tous les pays. Les autorités, c'est-à-dire les ministères de l'Agriculture, de la Santé et de l'Environnement souffrent d'un manque chronique en termes de fonds et de ressources humaines, rendant difficile le développement et la mise en œuvre des réglementations, de même que leur surveillance (Williamson 2003 a).

En 2006, la « Déclaration de la société civile africaine au conseil d'administration/Forum ministériel mondial sur l'environnement » du Programme des Nations Unies pour l'environnement (ACSF-GC/FMME 2006) a déclaré que selon la FAO, les pays pauvres sont amenés à croire que la seule alternative aux ravageurs agricoles ou autres est l'utilisation de pesticides. L'aide de pays développés a résulté soit dans la fourniture directe de pesticides, soit dans une forme de contribution financière pour en acheter. Ceci a mené à un afflux mal coordonné de dons et de commerce de pesticides et, en conséquence, à une fourniture excessive de ces derniers. Bien que certains dons soient fiables, certains ont saisi cette opportunité pour écouler des pesticides illégaux ou dont ils ne voulaient plus vers des pays pauvres et sans méfiance.

L'ACSF-GC/FMME a également déclaré que l'Afrique a actuellement un accès limité aux données et informations sur les produits chimiques, comprenant différents niveaux, y compris des informations limitées de la part des industries sur les produits chimiques qu'elles produisent et utilisent, ainsi que de gouvernements sur les sortes de produits chimiques importés. En outre, des mauvaises pratiques de gestion, telles que des politiques et des cadres légaux et institutionnels médiocres pour les produits chimiques dans les pays d'Afrique ont nuit aux gens et à l'environnement (ACSF-GC/FMME 2006).

En conséquence, l'hypothèse qu'une faible application de pesticides n'offre que de faibles risques pour la santé et l'environnement s'avère fausse. Beaucoup de pays d'Afrique portent le poids d'un approvisionnement en pesticides par des agences d'aide au développement qui offrent souvent directement des pesticides gratuits à des fermiers non formés et illettrés produisant des denrées de base. Ce n'est que si des réglementations des cultures d'exportation sont introduites que l'application de ces produits devient un sujet d'inquiétude, tandis que sur la plupart des marchés domestiques, il n'est habituellement pas question de teneurs maximales en résidus. Suite à la récente introduction de teneurs maximales de résidus dans les pays industrialisés, l'utilisation des pesticides pour les cultures destinées à l'exportation a été limitée (Pretty 2005 et col.), à côté d'un retrait des approbations de centaines de pesticides, ce qui affecte le plus la participation des petits exploitants aux marchés d'exportation (Williamson 2003 a).

#### **4.3 Introduction au zonage agro-écologique et la diversité de l'agriculture africaine**

Pour pousser, tous les végétaux agricoles nécessitent certaines conditions climatiques. Celles-ci sont définies dans un cadre appelé zonage agro-écologique. Le zonage peut être utilisé pour évaluer les ressources des terres. Il conduit à une estimation de la qualité des terres et de leur productivité potentielle. Le concept de zonage agro-écologique est appliqué par la FAO en définissant des zones sur la base d'une combinaison de sols, de formes des terrains et de caractéristiques climatiques (FAO 1996b). La classification de zones agro-écologiques (ZAE) est basée sur la disponibilité d'humidité des sols alimentée par la pluie en termes de longueur de la période de croissance (LPC). Les informations sur les sols sont extraites de la carte mondiale des sols de la FAO-Unesco.

Sur la base de l'inventaire des terres de la FAO-ZAE, neuf ZAE peuvent être distinguées :

1. Tropiques chauds arides et semi-arides,
2. Tropiques chauds subhumides,
3. Tropiques chauds humides,
4. Tropiques frais,
5. Zones subtropicales chaudes arides et semi-arides avec pluies d'été,
6. Zones subtropicales chaudes subhumides avec pluies d'été,
7. Zones subtropicales humides chaudes/fraîches avec pluies d'été,
8. Zones subtropicales fraîches avec pluies d'été et
9. Zones subtropicales fraîches avec pluies d'hiver.

L'application des ZAE à l'Afrique a conduit à une zone agro-écologique régionale (ZAER) pour l'Afrique du Nord et quatre ZAER pour l'Afrique subsaharienne (FAO 1994 et col).

Tableau 1 : ZAER d'Afrique du Nord et subsaharienne (FAO 1994)

Région	Afrique du Nord	Afrique subsaharienne			
Nom	Zones subtropicales fraîches avec pluies d'hiver	Tropiques chauds arides et semi-arides	Tropiques chauds subhumides	Tropiques chauds humides	Tropiques frais
Température moyenne quotidienne	5-20°C	< 20°C	< 20°C	< 20°C	5-20°C (tropiques frais) 15-20°C (tropiques modérément frais)
Climat (avec longueur de la période de croissance)	Selon la latitude et l'altitude aride (LPC 0-75 jours) semi-aride (LPC 75-180 jours) subhumide (LPC 180-270 jours) humide (LPC 270-365 jours)	aride (LPC 0-75 jours) semi-aride (LPC 75-180 jours)	subhumide (LPC 180-270 jours)	humide (LPC 270-365 jours)	aride (LPC 0-75 jours) semi-aride (LPC 75-180 jours) subhumide (LPC 180-270 jours) humide (LPC 270-365 jours)
Pays	Algérie Égypte Libye Maroc Tunisie Sahara occidental	Angola Bénin Botswana Burkina Faso Cap Vert Tchad Djibouti Éthiopie Gambie Kenya Madagascar Malawi Mali Mauritanie Mozambique Namibie Niger Nigeria Sénégal Somalie Soudan Swaziland République de Tanzanie Ouganda Zambie Zimbabwe	Angola Bénin Burkina Faso Comores Éthiopie Guinée Guinée-Bissau Madagascar Malawi Mozambique Nigeria République de Tanzanie Togo Ouganda Zambie Zimbabwe	Cameroun République centrafricaine Congo Côte d'Ivoire Guinée équatoriale Gabon Ghana Guinée Liberia Madagascar Maurice Nigeria Sao Tome Sierra Leone Zaire	Angola Burundi Éthiopie Kenya Lesotho Madagascar Rwanda République de Tanzanie

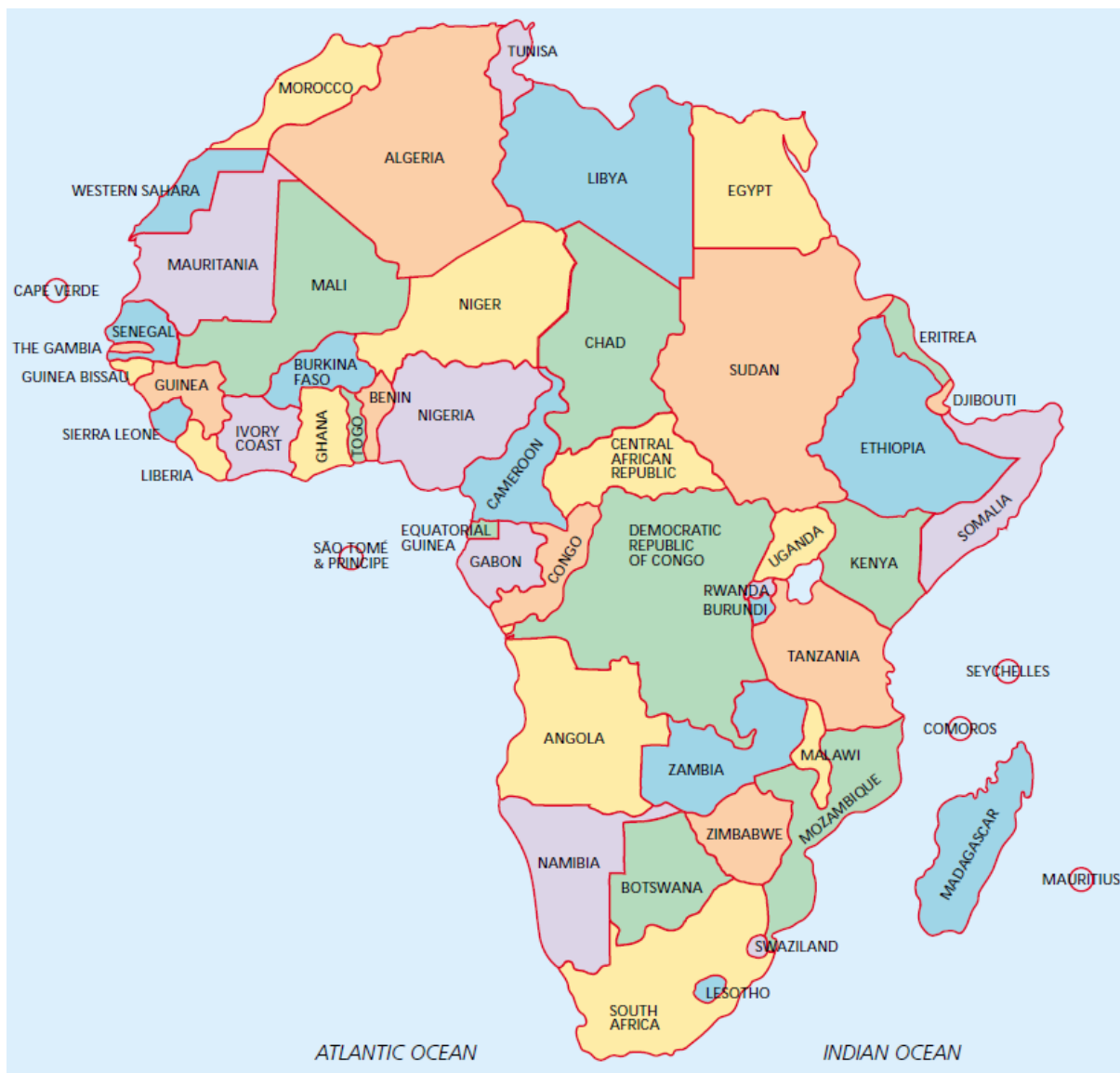


Figure 8 : Carte politique du continent africain (CAAPD 2003)

Les ZAER indiquent simplement différentes longueurs de périodes de croissance. Les ressources naturelles telles que l'eau, le sol, les pâturages, les forêts, le climat prenant en compte l'altitude étant un déterminant important, et la forme des paysages, y compris leur inclinaison, impactent également l'agriculture.

En outre, des facteurs sociologiques tels que la taille de la ferme, l'organisation des baux, les activités de la ferme, les moyens d'existence tels que cultures, bétail, arbres, aquaculture, chasse et prélèvements, traitement et activités extra-agricoles, et les principales technologies utilisées, déterminent l'intensité de la production et l'intégration des cultures, du bétail et autres activités (FAO 2001). Par ailleurs, la classification de tous les pays d'Afrique dans le cadre des ZAER montrent que tous sont situés sous les tropiques. Les tropiques se caractérisent par une forte radiation solaire tout au long de l'année, de fortes quantités de micro-organismes, des pluies tropicales, divers types de sols, diverses écologies des sols et diverses conditions climatiques des sols. Les besoins de base pour survivre prévalent dans tous les aspects de la vie. L'imprévisibilité météorologique peut entraîner une destruction totale des cultures suite soit à la

sécheresse, soit à l'apparition de ravageurs. Ainsi, la priorité de tous les fermiers réside dans l'obtention d'une bonne récolte plutôt que dans la conservation de l'environnement (Wandiga 2001).

Sous les conditions tropicales, les pesticides se dégradent plus rapidement que sous les climats tempérés. Les taux de volatilisation et de dégradation microbienne sont plus élevés, faisant que dans la plupart des cas, la durée de vie des pesticides est réduite d'un facteur de six à dix (Rosendahl 2008).

Par conséquent, la bioaccumulation ne se produit qu'à des taux très faibles en comparaison avec les climats tempérés (Wandiga 2001). Les différents facteurs indiquent que l'agriculture ne peut pas avoir le même aspect dans toute l'Afrique (FAO 2001).

*Tableau 2 : Systèmes de production agricole en Afrique du Nord et en Afrique subsaharienne (FAO ) Une description complète de chaque système de production agricole peut être trouvée en Annexe III.*

<b>Systèmes de production agricole nord-africains</b>	<b>Systèmes de production agricole d'Afrique subsaharienne</b>
Système irrigué	Système irrigué
Système mixte des hauts plateaux	Système de cultures arboricoles
Système pluvial	Système basé sur la forêt
Système d'aridoculture	Système de production riz/ arboriculture
Système pastoral	Système d'agriculture pérenne des hauts plateaux
Système dispersé (aride)	Système mixte tempéré des hauts plateaux
Système côtier artisanal	Système de production de plantes racines
Système urbain	Système axé sur les céréales et les plantes racines
	Système d'agriculture mixte axé sur le maïs
	Système de grandes exploitations commerciales et de petits exploitants
	Système d'agriculture agropastorale axé sur le mil/ sorgho
	Système pastoral
	Système dispersé (aride)
	Système de pêche côtière artisanale
	Système urbain

Il existe différents systèmes de production agricole qui nécessitent différentes quantités d'intrants, c'est-à-dire de pesticides et de fertilisants. En Afrique du Nord, c'est le système irrigué qui utilise de grandes quantités de pesticides, entraînant même une pollution de l'eau. Les systèmes mixtes pluviaux d'Afrique du Nord emploient également des quantités excessives de pesticides. En Afrique subsaharienne, le système basé sur la forêt est considéré comme entraînant la destruction d'habitats de la faune sauvage tandis que le système mixte axé sur le maïs souffrirait de l'acidité du sol en résultat d'une application prolongée de fertilisants (FAO 2001 et col.).

#### **4.4 Études de cas**

##### **Bénin**

En 1990, la politique de développement rural du Bénin a été réorientée vers l'entrée sur le marché, la libéralisation économique et une plus grande compétitivité de l'agriculture paysanne. La principale stratégie pour accroître les revenus ruraux et améliorer la sécurité alimentaire consistait dans la promotion et la diversification des cultures d'exportation. Au lieu de cultiver uniquement la principale culture d'exportation du Bénin, le coton, les fermiers ont été encouragés à cultiver l'ananas, la cassave, la noix de

cajou, l'huile de palme et l'arachide. Néanmoins, la culture du coton demeure la principale stratégie de subsistance de la zone de savane du Nord du Bénin.

Mais depuis la libéralisation, le système agricole a changé. Avant, le gouvernement fournissait aux fermiers des graines et des intrants tels que les produits agrochimiques. Ce système a maintenant été remplacé par une approche orientée vers le marché, avec la vente d'intrants aux agriculteurs et des contrats officiels pour les former à l'application de produits agrochimiques. Ceci crée cependant des conflits d'intérêt, les formateurs étant issus de sociétés dont l'objectif est de persuader les fermiers d'acheter de grandes quantités de produits agrochimiques.

Depuis la libéralisation, l'augmentation de la production de coton et de produits alimentaires du Bénin a été exclusivement réalisée en agrandissant les parcelles et en réduisant la jachère. Ceci a entraîné une sévère diminution de la fertilité du sol ainsi que des rendements de la culture du coton et autres cultures, ainsi qu'une dégradation plus poussée des ressources naturelles. L'utilisation de pesticides a augmenté avec l'expansion, avec une tendance à appliquer de plus fortes doses plus fréquemment. Certains fermiers utilisent aussi des produits agrochimiques destinés au coton pour le maïs et autres végétaux alimentaires. Mais même avec une application plus élevée d'intrants externes, les rendements de la culture du coton et des cultures alimentaires déclinent. L'accroissement de la population, l'expansion du coton et les baisses de rendements ont réduit la disponibilité de nourriture au niveau des ménages et des villages, et au niveau local (Williamson 2003 a et col.). Il n'existe pas de données actuelles disponibles sur les quantités totales de pesticides importées et utilisées au Bénin (Williamson 2003 a). Toutefois, il existe des données sur les quantités de pesticides importées pour le coton, qui est la culture employant la plus grande quantité de pesticides. Entre 1990 et 1996, 8084 tonnes de pesticides ont été importées pour le coton. Depuis 1993, quelques 2000 tonnes d'insecticides ont été utilisées chaque année. En outre, un programme d'aide au développement japonais a fourni 50 tonnes d'insecticides et 7,5 tonnes d'herbicides en 1998. Par ailleurs, bien qu'illégal depuis 1993, le DDT est toujours vendu sur les marchés locaux. Les cultivateurs de coton béninois ont indiqué qu'ils utilisaient 13 sortes de produits sur leur coton. Les ingrédients actifs incluent l'endosulfan, le malathion, le chlorpyrifos et le fénitrothion, qui se sont tous avérés nuisibles pour les oiseaux.

Employant trop ou trop peu de pesticides, seuls 20 % des fermiers interviewés se sont révélés conscients de l'existence de taux d'application recommandés. Plus encore, au lieu des six traitements aux pesticides par saison recommandés, certains fermiers traitaient leurs cultures de 8 à 12 fois par saison.

La production maraîchère est la plus développée dans la zone périurbaine de la capitale du Bénin, Cotonou. Les fermiers cultivent une gamme de végétaux locaux tels que l'okra, le piment rouge, l'oignon, la tomate et des légumes verts à feuilles, mais aussi des légumes d'origine européenne tels que la laitue, le chou, le persil, le concombre, la courgette, l'aubergine, l'oignon, le piment doux, la carotte et autres plantes racines. La demande a encouragé l'adoption de variétés à germination élevée et à haut rendement, et la culture est caractérisée par la dépendance accrue aux pesticides. Les légumes d'origine européenne, notamment, sont plus sensibles aux ravageurs, mais il existe également une tendance générale à appliquer davantage de pesticides sur toutes sortes de légumes. Il convient de mentionner que les cultivateurs maraîchers du Bénin utilisent les revenus obtenus de leurs légumes pour financer leurs besoins alimentaires et ménagers et ne cultivent aucun produit pour leur consommation domestique (Williamson 2003 a et col.). Les agriculteurs du Bénin ont indiqué employer 28 produits différents sur leurs légumes. Les ingrédients actifs incluent l'endosulfan, le malathion, le carbofuran, le parathion, le chlorpyrifos et l'endrine, qui se sont tous avérés nuisibles pour les oiseaux (Williamson 2003 a, Rosendahl 2008).

L'application de pesticides a augmenté de façon importante passant de trois applications par saison en 1990, à 6-12 applications par saison en 1995 et à 12-30 applications par saison en 2003. Ce développement est sous-tendu par des pesticides nigériens meilleur marché, acquis par le biais de canaux

illicites, et les maraîchers n'ont pas d'autre choix pour pouvoir résister à la concurrence de légumes bon marchés importés du Togo et du Nigeria. En outre, cette concurrence expose les consommateurs à des quantités croissantes de résidus de composants hautement toxiques, puisque les Béninois n'ont pas d'autre choix que de suivre la même tendance en employant des produits illicites, comme c'est le cas dans les pays voisins. Après la première application de pesticides, les fermiers béninois ont observé la mort massive des vers de terre, suggérant une décimation cumulative des populations de vers de terre dans les champs de coton (Williamson 2003 a).

### **Burkina Faso**

Tous les fermiers interrogés dans le cadre d'une étude du Réseau d'action contre les pesticides (PAN) utilisaient de l'endosulfan et une formule de cyperméthrine et de profénofos (Glin 2006), qui se sont tous avérés nuisibles pour les oiseaux.

### **Cameroun**

Les agriculteurs camerounais interrogés dans le cadre d'une étude du PAN ont indiqué qu'ils souffraient de problèmes de santé tels que démangeaisons, vertiges et nausées après avoir traité leurs champs. La plupart d'entre eux étant illettrés, ils n'étaient pas capables de fournir des informations précises sur les produits utilisés (Glin 2006).

### **Ghana**

Au Ghana, la situation relative aux ravageurs agricoles est typique des pays tropicaux. Les ravageurs arthropodes prédominent pendant la saison sèche et les maladies pendant la saison humide (Gerken 2001) et beaucoup d'insecticides OC tels que le DDT, l'aldrine, la dieldrine et l'endosulfan ont été utilisés au Ghana depuis plus de trois décennies. Depuis les années 1990, l'agriculture au Ghana a fait l'objet d'une plus grande attention et d'investissements plus conséquents dans l'agriculture, destinés à augmenter la production alimentaire. Ceci a entraîné une utilisation accrue de pesticides pour maîtriser et éradiquer les ravageurs agricoles. La plupart de ces pesticides ne sont pas spécifiques et ils peuvent donc affecter des organismes tant ciblés que non ciblés (Taylor 2003). Une étude réalisée en 1994 dans 30 fermes organisées et 110 kraals situés dans 10 régions du Ghana a permis de découvrir que 20 pesticides différents étaient employés. Un total de 45 % de ces pesticides étaient des OP, 30 % des pyréthroïdes, 15 % des carbamates et 10 % des OC. L'OC nommé lindane était le pesticide le plus largement distribué, utilisé par 35 % de tous les fermiers et 85 % de tous les gardiens de troupeaux. La méthode d'application préférée était manuelle et aucun intervalle n'était observé après l'application pour pouvoir consommer la viande ou le lait.

Les résultats d'une étude menée en 1997 ont montré que les connaissances des ouvriers agricoles sur les mesures de protection étaient médiocres et que l'utilisation d'équipement de protection personnelle était minime.

Une autre étude menée en 1997 a mesuré le lindane et l'endosulfan dans l'eau des rivières et les chairs des poissons recueillis dans les cours d'eau coulant dans des régions de production intensive du cacao. Elle a révélé que les échantillons d'eau et de poisson recueillis en 1995 contenaient tant du lindane que de l'endosulfan, mais également, bien que dans une moindre mesure, du DDT et autres OC. La concentration de pesticides dans le poisson variait selon les espèces et le mois d'échantillonnage mais était généralement plus élevée pour le lindane et beaucoup plus élevée pour l'endosulfan (Williamson 2003 a).

En 1996, les subventions sur les pesticides ont été supprimées. Avec le processus d'intensification, la culture de variétés alimentaires améliorées telles que le maïs, le dolique, l'arachide et le sorgho a été encouragée. Les variétés améliorées de dolique, notamment, ont tendance à arriver plus vite à maturité et ont un meilleur rendement que les variétés locales. Mais les variétés améliorées sont beaucoup plus sensibles aux ravageurs dans les champs et après, dans les lieux d'entreposage, et nécessitent de forts

investissements pour la gestion de ces ravageurs. L'intensification et les programmes axés sur le coton ont étendu l'utilisation de pesticides. Presque tous les petites exploitants utilisent des pesticides et des herbicides au lieu de désherber à la main (Williamson 2003 a).

On peut dire d'une façon générale que plus un végétal est cultivé pour la vente sur le marché local ou pour l'exportation, plus il est traité avec des pesticides. Les légumes, le cacao, le café et le coton sont habituellement intensivement traités avec des pesticides et presque tous les fermiers qui les cultivent utilisent des pesticides chimiques. La même chose vaut pour à peu près les deux-tiers des ananas et autres fruits.

Le cacao est traité avec du lindane et de l'undène contre les capsides et autres insectes ravageurs. Dans une étude réalisée par l'Université d'Hanovre en collaboration avec la Coopération technique allemande (GTZ), de fortes proportions de cultivateurs de cacao ne pouvaient nommer ni le nom du ravageur spécifique qu'ils désiraient combattre ni celui du pesticide employé. Entre 1995 et 2000, une quantité moyenne de 814 tonnes de pesticides a été officiellement importée, 70 % étant des insecticides, 14 % des fongicides, 13 % des herbicides et 2,6 % des nématicides (Gerken 2001).

Les principaux insecticides habituellement utilisés pour le cacao sont l'undène (21 %) et le lindane (20 %). Plus de 12 % des pesticides importés étaient classés comme extrêmement dangereux (Classes IA et IB selon les catégories de l'OMS), tandis que 62 % étaient de Classe II (modérément dangereux). Il convient de mentionner que les pesticides classés comme les plus dangereux ont tendance à être meilleur marché sur les marchés internationaux.

La véritable étendue de l'application de pesticide peut faire uniquement l'objet d'une estimation, les chiffres officiels d'importation de pesticides ne couvrant pas tous les pesticides pouvant être trouvés sur le marché (Gerken 2001 et col). 20 % des importations de pesticides du Ghana proviennent du commerce transfrontalier illicite (Williamson 2003 a). Les agriculteurs ghanéens ont des informations limitées sur les pesticides et ils se fient dans une large mesure aux recommandations des marchands de pesticides. Les étiquettes des pesticides manquent souvent de spécificité pour permettre aux fermiers d'appliquer les produits correctement et efficacement. Une pratique commune des fournisseurs de pesticides est de reconditionner une grande part des produits et de les vendre sans étiquette convenable. Ils le font pour répondre à la demande des fermiers qui désirent de petites quantités de pesticides en raison de problèmes de liquidités et des petites surfaces à traiter (Gerken 2001).

Les pesticides agricoles sont employés dans l'industrie de la culture du cacao, la culture du coton, la production maraîchère et autres systèmes de production mixtes incluant le maïs, la cassave, le dolique, la canne à sucre et le riz. La plupart des pesticides utilisés dans l'agriculture sont appliqués dans des régions forestières situées en Ashanti et Brong Ahafo, des régions à l'ouest et à l'est du Ghana. Les OC sont largement utilisés par les fermiers car ils sont rentables et applicables pour un large spectre de maladies. En 1997, l'importation et l'utilisation du lindane ont été interdites, mais il continue à être l'épine dorsale de la lutte contre les ravageurs dans le secteur du cacao (Williamson 2003 a). Il est largement utilisé dans les plantations de coca, les exploitations maraîchères et les plantations de café. L'endosulfan est largement utilisé dans les régions de culture du coton, les exploitations maraîchères et les plantations de café.

Les légumes, notamment, sont traités avec des pesticides inappropriés et extrêmement dangereux, qui sont spécialement conçus pour le coton et le cacao.

Les ingrédients actifs appliqués dans les champs de dolique ghanéens incluent l'endosulfan, le chlorpyrifos et le profénofos, qui se sont tous avérés nuisibles pour les oiseaux. Les ingrédients actifs appliqués par les maraîchers ghanéens incluent le carbofuran, le DDT, le diazinon et le chlorpyrifos, qui se sont eux aussi avérés nuisibles pour les oiseaux.

Il convient de mentionner que la plupart des régions ghanéennes de culture maraîchère sont situées le long des rivières dont l'eau sert tant à l'irrigation qu'à la consommation (Taylor 2003). Le niveau de préoccupation suscité par la pollution des eaux et la contamination du sol est considéré comme relativement élevé mais en même temps, la capacité à maîtriser ces problèmes s'est avérée faible ou insuffisante.

La production intensive de tomates, qui représentent 90 % des légumes cultivés (Taylor 2003), se situe principalement sur les berges des rivières pour faciliter l'irrigation. Ceci rend possible l'écoulement de fertilisants et de pesticides dans les rivières. Après avoir appliqué des fertilisants et des pesticides, beaucoup de fermiers se servent de l'eau des rivières pour nettoyer leur équipement. Certains le lavent même directement dans la rivière. Les insecticides OC ont été au centre de deux études réalisées pour examiner les résidus éventuels dans l'eau, les récoltes, le poisson et les fluides du corps humain. Une analyse par chromatographie en phase gazeuse réalisée dans le cadre des deux études a mis en évidence d'importants résidus dans les matériaux examinés (Gerken 2001).

De janvier 1993 à octobre 1995, des échantillons d'eau et de poissons ont été prélevés dans trois rivières de la région d'Ashanti. Ces rivières avaient été sélectionnées parce qu'elles coulent dans des régions de production agricole intensive (principalement le cacao, les légumes et les tomates). En 1993, l'analyse a montré de faibles taux de lindane et aucun résidu d'endosulfan. En 1995, une analyse similaire a mis en évidence d'importants résidus des deux pesticides. Les résidus trouvés dans le poisson étaient plus élevés que ceux trouvés dans l'eau, très probablement à cause de l'accumulation de pesticides dans le poisson (Gerken 2001 et col).

En 2001, une étude a mesuré les résidus de pesticides OC dans l'eau, les sédiments et les tomates, de même que dans les fluides humains tels que sang et lait maternel. On a découvert que les échantillons d'eau contenaient du sulfate d'endosulfan, de l' $\alpha$ -endosulfan, du  $\beta$ -endosulfan et du lindane. Les échantillons de sédiments contenaient de l'aldrine, de la dieldrine, de l'endrine, du 2,3,5-TCB, de l'hexachlorure de benzène (HBC), du DDD et du DDT, de l'époxyde d'heptachlore, du lindane et de l'endosulfan. Le lindane a été détecté dans les plus fortes proportions, suivi par l'HBC, l'époxyde d'heptachlore et le DDT. De l'HBC et du DDE ont également été trouvés dans le sang et le lait maternel, mais ces taux ont été considérés comme plus faibles que ceux décelés par des tests réalisés dans des pays industrialisés (Taylor 2003).

## **Éthiopie**

Depuis la fin des années 1960, la politique agricole de l'Éthiopie s'est concentrée sur l'expansion de la production alimentaire en augmentant le rendement au moyen de nouvelles variétés de céréales améliorées et de fertilisants inorganiques (Scoones 2002). En 1995, les subventions du gouvernement et son monopole de la distribution des pesticides ont été supprimés. Mais les mesures de lutte contre les principaux ravageurs, c'est-à-dire criquets, légionnaires et quéléas, continuent d'être sous la gestion du gouvernement.

En 1996, le gouvernement éthiopien a lancé un programme d'industrialisation induit par l'agriculture, concentrée sur les agriculteurs. L'intensification du secteur agricole a pour objectif de transformer les fermiers éthiopiens pratiquant une agriculture de subsistance, cultivant des végétaux traditionnels, en des fermiers orientés vers le commerce en cultivant des végétaux de plus grande valeur. Cette transformation devait se faire en favorisant une production à forts intrants et l'utilisation de nouvelles technologies. Entre 1992 et 2000, les importations de pesticides atteignaient 1452 tonnes en moyenne. En outre, depuis 1992, 125 tonnes/an d'OP et d'insecticides au carbamate ont été données, en majorité par le Japon (Williamson 2003 a).

Les fermiers éthiopiens ont abandonné les systèmes traditionnels d'élevage, de culture de céréales et de légumes. Leur utilisation de pesticides a considérablement augmenté depuis 1990. Ceux-ci sont appliqués sur des cultures plus lucratives telles que le maïs, la gesse, les légumes, le khat et parfois le teff. Les

marais éthiopiens utilisent 10 sortes de produits. Les ingrédients actifs incluent l'endosulfan, le DDT, le malathion, le diazinon et le bromadiolone, qui se sont tous avérés nuisibles pour les oiseaux.

Les pesticides sont appliqués au moins trois fois par saison, au lieu d'une seule fois par saison il y a quelques années. Les fermiers revendiquent la nécessité de cette augmentation de la fréquence d'application, les ravageurs se manifestant plus souvent et les traitements habituels de pesticides s'étant révélés complètement inefficaces. Beaucoup de fermiers font des cocktails de pesticides pour réduire la fréquence des applications. Selon eux, l'un des plus efficaces est un mélange de malathion et de DDT, qui sont dangereux pour les oiseaux. Les fermiers les mieux nantis achètent leurs pesticides au gouvernement et à des sociétés de distribution agréées, mais les fermiers éthiopiens pauvres achètent leurs pesticides à des marchands non officiels (Williamson 2003 a).

## **Kenya**

L'agriculture est au cœur de l'économie du Kenya, rendant ce pays tributaire de la production agricole. Depuis 1921, des pesticides sont utilisés et leur application a augmenté au cours de ces quarante dernières années. De 1987 à 1990, 31 234 tonnes de pesticides ont été importés, utilisés en très grande partie localement, moins de 3 pour cent étant exportés vers des pays voisins. En 1997, le Service des produits phytosanitaires (Pest Control Products Board ou PCPB) a enregistré 370 formules et 217 ingrédients actifs utilisés au Kenya. 22 % d'entre eux étaient très dangereux, 20 % modérément dangereux et 45 % légèrement dangereux, le reste demeurant non catégorisé. En 1985, l'importation de DDT et, en 1992, celle de l'aldrine et de la dieldrine ont cessé. D'autres OC tels que l'endosulfan et le lindane sont toujours utilisés.

Environ 33 % des agriculteurs kenyans utilisent des pesticides, principalement les grands exploitants. En revanche, les petits exploitants pratiquant principalement l'agriculture de subsistance utilisent des quantités minimales de pesticides (Taylor 2003 et col.). Près de 50 % des principaux pesticides sont appliqués à des cultures commerciales telles que le café et 25 % à des cultures horticoles. Le coton, la canne à sucre, le maïs et le thé requièrent également d'importantes quantités de pesticides, et des herbicides sont utilisés en tant qu'alternative au désherbage dans les cultures de café, maïs, orge, blé, canne à sucre et thé.

Des pesticides à large spectre sont également utilisés pour contrôler les ravageurs des lieux d'entreposage, mais le traitement à long terme des produits agricoles entreposés a entraîné un déséquilibre dans la relation entre les organismes nuisibles et leurs prédateurs naturels. Les plus importants vecteurs d'agents pathogènes chez les animaux domestiques sont les tiques, qui causent de grandes pertes de bétail. Après avoir développé une résistance aux arsenics, BHC, HCH, et toxaphène, et depuis l'interdiction du DDT, ils sont à présent traités au moyen de carbaryl, quitofofos, chlorfenvinphos, coumaphos et formamidines (Taylor 2003 et col.).

Au Kenya, le riz est cultivé sous irrigation dans la province de Nyanza et dans la province de l'Est, où vit *Anopheles gambiae*, un moustique vecteur de malaria. Les champs ont été régulièrement vaporisés au moyen de DDT contre les ravageurs agricoles jusqu'à l'interdiction de ce produit, qui a fait place au fénitrothion et au carbofuran. L'exposition directe des moustiques aux pesticides agricoles a généré une pression sélective qui a entraîné une résistance aux produits chimiques utilisés et aux autres produits ayant des modes d'action similaires. Ainsi, en 1988, *Anopheles gambiae* a montré une forte résistance au fénitrothion et au DDT, mais justement une très faible voire aucune résistance à des pesticides tels que la dieldrine et le malathion, qui n'étaient pas utilisés comme produits phytosanitaires dans ces régions. Le développement de la résistance aux insecticides par des vecteurs de la malaria est l'une des causes de la résurgence de cette maladie dans ces régions (Taylor 2003 et col.).

En 1985, les poissons d'eau douce et des écosystèmes estuariens ont montré des résidus de DDT et d'endosulfan, des insecticides utilisés auparavant dans l'agriculture et dans la lutte zonale contre les moustiques. La plus forte concentration se trouvait dans les foies, ces derniers ayant la plus forte concentration grasseuse, suivie par les œufs et les tissus musculaires. Le DDT et ses métabolites formaient le plus fort pourcentage de résidus d'OC dans les échantillonnages de poissons, résultats en accord avec les études précédentes (Taylor 2003 et col.).

Des pesticides ont été trouvés dans le lait et les tissus des animaux domestiques et sauvages. En 1970, une étude des teneurs en résidus de DDE (un métabolite du DDT) chez deux espèces d'oiseaux, le Cormoran africain (*Phalacrocorac Africanus*) et une sous-espèce du Grand Cormoran (*Phalacrocorac carbo lucidus*) a montré que les cormorans africains recelaient 15 fois plus de DDE que les grands cormorans. Cette différence peut s'expliquer par les habitudes alimentaires de ces oiseaux. Le Cormoran africain se nourrit principalement de poissons, grenouilles, insectes aquatiques, crustacés et petits oiseaux, tandis que le Grand cormoran se nourrit de poissons, grenouilles, crustacés et mollusques. Les petits oiseaux consommant des céréales contaminées par des pesticides sont la cause des plus hautes teneurs en pesticides chez les cormorans africains. De plus, les teneurs en DDE chez les pélicans blancs (*Pelecanus onocrotalus*) ont doublé entre 1970 et 1981, indiquant une augmentation de la contamination du système lacustre par le DDT et ses métabolites. La bioaccumulation du DDE se trouvait également dans le biote, les poissons et les oiseaux de différents écosystèmes lacustres. Les animaux sauvages comme le gibier étaient également affectés (Taylor 2003 et col.).

En 1998, il a été constaté que les agriculteurs kenyans du district de Kiambu utilisaient tout au long de l'année des OC, des OP, et des carbamates. À Kiara, 72 foyers reconnaissaient avoir utilisé huit types de pesticides entre 1994 et 1995. On a relevé que l'eau d'environ 25 pour cent de ces foyers contenait des teneurs décelables de DDT, carbofuran ou carbaryl. Sur la plupart des sites, la concentration de pesticides dans l'eau ne dépassait pas le niveau maximal de contamination pour les pesticides fixée par l'OMS (WHO-MCL), mais sur certains sites, les teneurs en carbofuran étaient vingt fois plus élevées que ce niveau maximal de contamination (Taylor 2003 et al.).

Les problèmes liés à l'utilisation de pesticides au Kenya incluent les ravageurs résistants, l'absence de vêtements de protection, le manque de personnel et de fonds pour tester les pesticides dans l'environnement kenyan, et pour assurer que les entreprises privées suivent les mesures stipulées par la réglementation sur les produits phytosanitaires. De plus, le manque de connaissances appropriées des pesticides parmi les agriculteurs conduit à une utilisation sans discernement de ces produits et à une inaptitude à identifier ceux qui sont soumis à des limitations ou des interdictions. En conséquence, des produits chimiques interdits se retrouvent dans les rayons de magasins en dépit des efforts du gouvernement (Wandiga 2001).

Des pesticides tels que le carbofuran sont également utilisés pour empoisonner les oiseaux à des fins alimentaires. Des appâts, tels que de petits poissons ou des termites, sont additionnés de granulés de pesticides ou de poudre obtenue en les broyant. Même si les braconniers savent pertinemment que les pesticides sont extrêmement toxiques, ils pensent que le fait de rôtir ou de fumer les carcasses/ cadavres/ permettront de les désintoxiquer. Les oiseaux sont consommés par la population locale (Odino 2010).

## **Mali**

La *Compagnie malienne de développement des textiles* (CMDT), un organisme semi-public de marketing du coton, fournit aux agriculteurs du coton et des semences améliorées de céréales, des engrais et des pesticides inorganiques ainsi que des conseils de vulgarisation agricole. Lorsqu'en 1994 la dévaluation du franc CFA a entraîné une augmentation des prix des engrais, La stratégie de fertilisation des sols a dû être modifiée à l'aide de méthodes intégrées telles que l'application de fumier, dont la demande a augmenté en

conséquence. Avec la mise en œuvre de programmes d'ajustement structurel, les programmes de crédits subventionnés ont pris fin et ont rendu les fertilisants inorganiques plus chers et plus difficiles à fournir. Les fertilisants organiques et chimiques sont donc essentiellement appliqués au coton, avec les céréales recevant les bénéfices résiduels l'année suivante.

La disponibilité du crédit et des intrants est liée à la culture du coton. Crédits et intrants sont disponibles sur le marché libre, mais peu d'agriculteurs ont quitté le système de la CMDT, préférant la sécurité de la fourniture d'intrants, du transport et des prix garantis dérivant du crédit et des intrants pour le coton. À cet égard, l'intensification de la production d'autres cultures telles que le maïs est directement liée au coton (Scoones 2002). Dans une étude réalisée par le PAN, les agriculteurs pouvaient nommer les pesticides qu'ils utilisaient, mais trouvaient difficile de suivre les instructions du mode d'emploi des produits (Glin 2006). Les légumes sont traités avec du fipronil, de l'endrine, du carbofuran, du DDT, de la deltaméthrine et du lindane (Rosendahl 2008), qui sont des produits chimiques extrêmement persistants et dangereux, qui se sont tous avérés être nuisibles pour les oiseaux.

### **Sénégal**

En 1995, le gouvernement sénégalais a adopté un programme d'ajustement pour le secteur agricole. La stratégie destinée à augmenter la productivité agricole consistait à promouvoir les exportations d'arachides, de coton, de fruits et de légumes. L'État a abandonné la fourniture de services agricoles, à présent aux mains du secteur privé. Il faut mentionner qu'en 1999, il n'existait toujours pas de liste officielle des pesticides autorisés et interdits au Sénégal.

Des variétés hybrides de légumes à haut rendement ont été introduites après la libéralisation. Mais les rendements plus élevés ont un prix, les nouvelles variétés étant plus chères et plus sensibles aux ravageurs et aux maladies. En dépit de l'augmentation des prix des pesticides, leur consommation s'est intensifiée, particulièrement dans la production maraîchère, et un nombre accru de petits exploitants cherchent à avoir accès aux pesticides.

Les producteurs de coton sénégalais ont fait part de l'utilisation de quatre produits sur le coton et de cinq sur les cultures vivrières. La majorité des fermiers ont indiqué qu'ils ont augmenté le volume de pesticides utilisés. Les ingrédients actifs comprennent l'endosulfan, le fénitrothion et le carbofuran, qui se sont tous révélés être nuisibles pour les oiseaux. Il faut également mentionner que de nombreux insecticides destinés au coton aboutissent sur les produits alimentaires de première nécessité, ces insecticides étant vendus illégalement par les producteurs de coton aux exploitants maraîchers.

Les exploitants maraîchers sénégalais ont fait part de l'utilisation de 25 produits différents dont les ingrédients actifs comprenaient l'endosulfan, le malathion, le parathion, le diazinon, le chlorpyrifos, le carbofuran, et le lindane, tous connus pour être nuisibles pour les oiseaux. L'augmentation et l'intensification des attaques de ravageurs ont contraint les exploitants à augmenter les quantités de pesticides appliquées sur leurs récoltes (Williamson 2003 a et col.).

### **Zimbabwe**

Les entreprises privées locales et transnationales ont mené des recherches sur la sélection et les tests de végétaux, la production et la distribution des semences, l'horticulture, les engrais et les pesticides, les machines et les équipements. L'application de fertilisants inorganiques a commencé dans les années 1960, après l'introduction du coton. Au cours des années 1970, l'utilisation des fertilisants inorganiques s'est accrue du fait de l'augmentation de la production du coton et de la baisse de la fertilité des sols. Les pesticides, les labours et un coton résistant à la sécheresse expliquent les rendements élevés à partir de 1987.

Après l'indépendance, l'utilisation de maïs hybride a augmenté de façon continue et les systèmes de crédit ont stimulé l'utilisation de fertilisants inorganiques. Dans des systèmes de culture intensive à

caractère explicitement commercial, les fertilisants inorganiques sont même devenus plus importants que le fumier afin de maintenir la fertilité des sols. Cependant, l'abandon des subventions agricoles dans les années 1990 a réduit l'utilisation des engrais, les ramenant à un faible niveau. Des compagnies privées locales et transnationales réalisent au Zimbabwe des recherches sur les fertilisants et les pesticides (Scoones 2002 et col.).

L'utilisation de pesticides a joué et joue encore un rôle majeur dans le maintien des niveaux élevés de productivité agricole au Zimbabwe. Outre leur emploi dans l'agriculture, les pesticides sont aussi utilisés dans la lutte contre les maladies telles que la malaria, la fièvre non hémorragique, la trypanosomiase africaine ou maladie du sommeil (*Glossina*) et la typhoïde. Depuis le début des années 1960, les pesticides OC ont été principalement utilisés pour combattre la mouche tsé-tsé et les vecteurs de la malaria.

De 1946 à 1983, le DDT a été utilisé au Zimbabwe dans la lutte contre la mouche tsé-tsé et les vecteurs de la malaria, mais également pour lutter contre les ravageurs agricoles tels que le Foreur de la tige du maïs, la Chenille défoliante et le Ver de la capsule du cotonnier. En 1983, l'utilisation du DDT a été limitée uniquement à la lutte contre les mouches tsé-tsé et les moustiques, ce produit chimique ayant été classé par le ministère de la Santé comme présentant un risque pour les humains ainsi que pour les animaux sauvages et domestiques. D'autres pesticides OC enregistrés pour leur utilisation dans l'agriculture comprenaient la dieldrine, l'endosulfan, le BHC, l'aldrine, le chlordane, le dicofol et le chlorthal-diméthyl.

Le tabac est la principale production agricole du Zimbabwe. Viennent ensuite le coton, le thé, les agrumes, l'élevage, le blé, le sucre et le maïs. Les conditions climatiques de ce pays constituent un facteur essentiel de la dispersion dans l'environnement des pesticides présents sur les sites agricoles. Les pluies apparaissent généralement sous forme de courtes et fortes ondées tropicales, entraînant des ruissellements fortement érosifs pendant la période des pluies, au moment où la plupart des pesticides sont utilisés dans l'agriculture, par exemple entre novembre et janvier. Les ruissellements érosifs produisent un engorgement à l'arrière des barrages et la majeure partie des pesticides utilisés se retrouvent directement dans les sédiments des rivières et des lacs. L'accumulation de résidus d'OC dans les sédiments des lacs a été prouvée (Taylor 2003 et col.).

Le secteur de la production maraîchère, qui est aux mains de petits exploitants, repose aussi essentiellement sur des pesticides synthétiques destinés avant tout à protéger des légumes non indigènes contre une série de ravageurs et de maladies graves. Les principales préoccupations concernant l'application des pesticides dans ce secteur découlent de l'insuffisance du port de vêtements de protection pour les épandeurs de produits, des importants écarts par rapport aux doses recommandées et de l'écoulement excessif dans les sols.

En 1972, un problème majeur concernant l'application de pesticides OC persistant utilisés dans la lutte contre les mouches tsé-tsé au Zimbabwe était l'impact des pesticides sur la vie sauvage bien que des preuves d'une accumulation importante de DDT, DDE, DDD, BHC, dieldrine, aldrine et endosulfan n'aient pas pu être établies. Néanmoins, il s'est avéré que les vaporisations agricoles généraient des accumulations de pesticides dans les environnements terrestres et aquatiques. Les niveaux les plus élevés de résidus de pesticides OC ont été détectés dans les terres cultivées, bien que des traces de DDD, DDE et DDT aient également été trouvées dans les œufs de crocodiles et le foie des éléphants présents dans les réserves de chasse, tandis que ces zones ne connaissent aucune activité agricole (Taylor 2003 et col.).

En 1976, la contamination d'espèces non ciblées telles qu'oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons et quelques mammifères a été notée dans la vallée du fleuve Zambèze, suivant le trajet de l'épandage aérien de l'endosulfan contre les mouches tsé-tsé (Glin 2006).

Le lien entre agriculture et l'incidence des résidus de pesticides au sein de la faune sauvage se trouve également corroboré par le fait que des résidus ont été trouvés dans des œufs d'oiseaux près de la frontière avec le Botswana, qui comprend très peu d'activités agricoles. Des œufs de héron mélanocéphale, oiseau se nourrissant d'animaux aquatiques, présents dans des régions situées en dehors des zones de contrôle de la mouche tsé-tsé, contiennent en revanche des résidus de pesticides. En outre, ces résidus ont été également trouvés dans une autre région dans des oiseaux se nourrissant de poissons et vivant dans des bassins recevant l'eau de drainage des zones agricoles. Ces constatations ont été confirmées par des découvertes identiques effectuées en 1980 dans des œufs de crocodiles. Des résidus d'hydrocarbure chloré ont été trouvés à travers tout le Zimbabwe. Des œufs de crocodile prélevés dans divers emplacements révélaient des résidus de DDT et de ses métabolites, avec des teneurs à mettre en relation avec les pratiques agricoles. On a également identifié du toxaphène dans des œufs de crocodile provenant de régions d'élevage bovin, et des documents démontrent la présence de polychlorobiphényles près de zones industrielles (Taylor 2003 et col.).

#### **4.5 L'avenir de l'agriculture africaine**

L'application de fertilisants en Afrique – environ 10 kg par ha – est très faible comparée à d'autres continents. Des appels ont été lancés en faveur de la création d'une *Révolution verte africaine*, à l'image de celle qui a permis d'accroître les rendements agricoles en Asie et en Amérique latine. À présent, les efforts doivent porter sur les régions moins favorisées et les cultures qui n'ont pas été visées par la première Révolution verte. L'irrigation est également considérée comme essentielle pour augmenter la productivité des produits agricoles de première nécessité. Les agriculteurs sont encouragés à utiliser davantage de fertilisants synthétiques et des variétés améliorées à haut rendement et résistantes à la maladie, aux ravageurs et à la sécheresse ont été introduites.

Cependant les techniques de production intensive ont des incidences environnementales négatives. La dégradation de l'environnement due aux activités agricoles à la suite de la révolution verte est un fait largement reconnu. Des voix s'élèvent à présent en faveur d'une « révolution doublement verte » qui protégerait les ressources naturelles et l'environnement tout en améliorant la productivité (Williamson 2003 a et col.).

Le *Plan d'action du G8 pour l'Afrique*, énoncé lors du sommet 2002 du G-8 à Kananaskis (Canada) a indiqué qu'un usage réduit des produits chimiques agricoles s'imposait pour protéger l'environnement. Le Programme détaillé de développement de l'agriculture africaine (CAAPD/ PDDAA) lancé par l'Union africaine et le Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) déclare que la productivité devra être « accrue sur une base durable grâce à des variétés végétales améliorées adaptées aux conditions locales, des systèmes intégrés de nutriment végétaux et de lutte contre les ravageurs avec une dépendance minimum à l'égard de l'achat d'intrants » (CAAPD 2003).

Toutefois, les systèmes agricoles modernes rendent la lutte contre les ravageurs indispensable. Contrairement aux systèmes traditionnels extrêmement diversifiés, les nouveaux systèmes de culture, généralement des monocultures à base de maïs ou de cassave, sans couverture végétale, encouragent l'utilisation de pesticides. Des cultures génétiquement modifiées récemment introduites, résistantes aux ravageurs ou tolérantes aux herbicides, ne feront qu'encourager cette tendance (Pretty 2005). La réalité demeure toutefois qu'on encourage des technologies dont on ignore l'impact environnemental à long terme (Williamson 2003 a).

Au niveau du processus mondial de changement climatique, l'Afrique a été identifiée comme l'un des emplacements les plus vulnérables de toute la planète. Son climat est déjà chaud et sec et son économie est dans une large mesure entièrement tributaire de l'agriculture. En conséquence, les moyens de

subsistance et le bien-être de centaines de millions d'Africains dépendent de la façon dont le changement climatique affectera l'agriculture africaine (Banque mondiale 2008).

Le quatrième rapport d'évaluation (AR4) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC en anglais) prévoit que l'Afrique sera particulièrement touchée par le changement climatique du fait de la série d'impacts prévus, des contraintes multiples et d'une faible capacité d'adaptation. Il est prévu que de 75 à 250 millions de personnes seront exposées à un manque d'eau accru d'ici à 2020. De plus, dans certains pays, les rendements de l'agriculture pluviale pourraient être réduits de 50 %. La production agricole, notamment l'accès à la nourriture, pourrait être gravement menacée dans de nombreux pays africains. Ceci affectera encore plus la sécurité alimentaire et aggravera la malnutrition. Dans les immenses deltas africains densément peuplés, le coût de l'adaptation à la montée du niveau de la mer, prévue pour la fin du 21<sup>e</sup> siècle, ainsi qu'aux crues fluviales et aux ondes de tempête pourrait s'élever au moins à 10 % du PIB. Il est prévu que de 5 à 8 % des terres arides et semi-arides s'accroîtront en Afrique d'ici à 2080. L'Afrique australe connaîtra une baisse de ses ressources en eau (IPCC 2007).

Le sort du continent africain repose et continuera très vraisemblablement à reposer sur la productivité agricole. Il est nécessaire de soutenir l'économie et de nourrir une population croissante. Toutefois, l'agriculture africaine est vulnérable, menacée par la sécheresse, l'épuisement des nutriments et donc la baisse de la fertilité des sols, l'augmentation du bétail et des ravageurs. Avec l'introduction de variétés améliorées à haut rendement et plus résistantes, l'agriculture africaine a changé, devenant de plus en plus dépendante des pesticides. Cette tendance s'est trouvée aggravée par la croyance que les pesticides représentent le moyen de sortir de la pauvreté, ce qui a conduit à un afflux mal coordonné de pesticides provenant de l'étranger, aboutissant à la constitution de stocks importants de pesticides périmés qui deviennent un danger pour l'environnement.

Les programmes d'ajustement structurels ont soumis les agriculteurs à une forte pression financière. La majorité des agriculteurs étant trop pauvres pour acheter des pesticides et des fertilisants de plus en plus chers, la productivité a baissé. Pour compenser cette baisse, les surfaces cultivées ont été étendues. Un petit nombre de réserves naturelles ont offert un refuge à la faune sauvage telle les oiseaux migrateurs. Les autorités africaines ne disposent pas de ressources humaines et financières suffisantes pour garantir la qualité des pesticides et contrôler l'application des produits chimiques.

Les petits exploitants tout spécialement – qui représentent la majorité des agriculteurs africains – ne disposent pas de suffisamment d'argent pour acheter des pesticides provenant de sources officielles et se tournent de plus en plus vers les marchés illégaux. Ces derniers vendent des pesticides très dangereux dont la qualité n'a été aucunement testée. Les informations et connaissances limitées pour diverses raisons conduisent à l'application de mauvais dosages, d'intervalles trop courts entre les applications et même à des pesticides inappropriés.

L'impact sur l'environnement est visible. La diversité biologique est en déclin, le cycle des nutriments dépendant de la rotation de la faune est menacé et la résistance aux pesticides conduit à une application accrue de ces derniers.

Les études de cas ont confirmé qu'en Afrique la pollution par les pesticides a eu lieu - et a toujours lieu. Elles ont également confirmé que les fermiers ont des connaissances limitées sur les ravageurs et les pesticides qu'ils utilisent et que l'application de ces derniers, qui s'est révélé être nuisibles pour les oiseaux, est en augmentation.

La description des systèmes de production agricole montre que l'agriculture africaine n'est pas homogène. Elle confirme le déclin de la productivité à la suite de la libéralisation du marché, mais les informations sur l'utilisation des produits agrochimiques sont limitées. Cependant, en Afrique du Nord, c'est le système irrigué qui utilise de grandes quantités de pesticides, conduisant même à la pollution de

l'eau. Le système mixte pluvial dans cette même région emploie également des quantités excessives de pesticides.

En Afrique subsaharienne, le système de production basée sur la forêt est considéré comme étant à l'origine de la destruction d'habitats de la faune sauvage tandis que le système mixte axé sur le maïs souffrirait de l'acidité du sol en résultat d'une utilisation prolongée de fertilisants.

L'avenir de l'agriculture africaine comporte de bien nombreux défis. D'un côté, une nouvelle *Révolution verte africaine* est prévue qui, désireuse d'éviter les erreurs de la révolution verte en Inde et en Amérique du Sud, transformera vraisemblablement l'environnement et aura ainsi un impact sur la faune sauvage. D'un autre côté, l'impact du changement climatique mondial menace la productivité de l'agriculture africaine et par là-même les moyens de subsistance de millions d'Africains.

## 5. Synopsis

Le présent chapitre étudie la question de savoir si l'application de produits agrochimiques en Afrique a un impact sur l'environnement et les oiseaux d'eau migrateurs.

Les informations recueillies pour l'ensemble de cette étude proviennent entièrement de publications et de la littérature grise. Les conclusions contenues dans ce chapitre ne peuvent donc pas être interprétées comme des preuves scientifiques mais peuvent plutôt servir d'indicateurs aux fins d'autres recherches empiriques. En général, les données disponibles au moment de la rédaction de cette thèse doivent être considérées comme insuffisantes pour fournir des preuves scientifiques, faisant que les conclusions en restent au stade de conjectures.

Les effectifs d'oiseaux migrateurs déclinent dans une proportion de 1,3 % par an. Une large part des espèces de l'AEWA sont en déclin et ceci pour diverses raisons pouvant être mises en relation avec l'application de produits agrochimiques en Afrique. La majorité des populations couvertes par l'AEWA sur ce continent résident dans des zones humides, autour d'étendues d'eaux intérieures. Ces zones humides sont cependant en déclin, tout particulièrement dans le Sahel sec, où l'eau est en général rare et où hiverne la majorité des oiseaux d'eaux migrateurs paléarctiques. De plus, la majorité des espèces de l'AEWA se nourrissent d'insectes. L'agriculture africaine s'est transformée dans la plupart des régions d'Afrique, passant d'une culture traditionnelle itinérante à une culture permanente plus intensive. Avec le climat tropical favorable aux ravageurs et les nouvelles variétés à haut rendement plus sensibles que les variétés traditionnelles, l'application de pesticides, en particulier les insecticides, est en hausse. Cette application accrue réduit le nombre d'insectes, ce qui affectera probablement les oiseaux insectivores.

Néanmoins, avec la croissance démographique constante et aggravée par l'extension des zones cultivées qui a fait suite à la libéralisation des marchés africains des produits agricoles de base et le déclin des rendements en résultant, les habitats se transforment en zones agricoles. Les quelques réserves naturelles existantes ne représentent pas des refuges suffisants pour la faune sauvage et les oiseaux migrateurs risquent d'être de plus en plus exclus.

Les impacts des produits agrochimiques risquent d'être aggravés par le fait que les agences gouvernementales manquent de ressources et de personnel. Les mesures visant à protéger la faune sauvage et l'environnement ne sont pas mises en œuvre. La littérature spécialisée a confirmé que des pesticides interdits étaient toujours en vente. Presque tous les pays africains ont signé la Convention de Stockholm contre les POP. Les données pour les études de cas ont été recueillies en 2003 et de nombreux pays décrits dans ces cas ont adhéré à la Convention de Stockholm en 2004. Il est donc nécessaire de vérifier si les substances interdites ont réellement disparu.

Les petits exploitants, souvent dépourvus d'éducation et de connaissances, appliquent des quantités croissantes de pesticides qui sont classés par l'OMS comme étant extrêmement dangereux ou très dangereux. Ils utilisent souvent le mauvais pesticide pour la mauvaise culture, par exemple l'endosulfan, un pesticide pour le coton, sur des légumes. Ce problème est exacerbé par le fait qu'ils manquent tous de fonds pour acheter leurs pesticides auprès de fournisseurs officiels et doivent s'en remettre à des fournisseurs douteux qui leur vendent des pesticides de qualité médiocre à la composition inconnue. En outre, la combinaison de fournisseurs désireux de vendre leurs produits et d'agriculteurs dépourvus de connaissances favorise l'application accrue et parfois superflue de pesticides. Le fait que l'efficacité des pesticides est déterminée par la visibilité de leur impact, par exemple la destruction des vers de terre et termites, qui sont nécessaires au cycle des nutriments dans les agro-écosystèmes tropicaux, aggravent la situation.

Les substances actives, appliquées par les fermiers interrogés dans les études de cas, correspondent aux descriptions des pesticides nuisibles pour les oiseaux. Les fermiers eux-mêmes indiquent que les quantités de pesticides augmentent et les intervalles entre les applications diminuent. Toutefois, du fait du commerce illégal en jeu, on ne peut pas savoir de quelles quantités il s'agit et quelles sont les quantités appliquées.

Si on considère que les fermiers interrogés dans les études de cas constituent un exemple pour de nombreux autres fermiers africains, il est fort probable que les oiseaux d'eau sont affectés. En outre, les études de cas montrent que la pollution par les pesticides n'est pas un problème récent, mais qu'elle a également existé dans le passé.

L'analyse statistique montre que les espèces de l'AEWA sont en déclin en plus grand nombre en Afrique du Nord. Ceci pourrait correspondre au fait que des quantités élevées de fertilisants épandus risquent d'entraîner une eutrophication et donc la détérioration des habitats naturels. La plus grande utilisation des fertilisants a lieu en Égypte et au Maroc, deux pays d'Afrique du Nord. De plus, les systèmes de production agricole irrigués et mixtes pluviaux dans cette région sont décrits comme employant des quantités excessives de pesticides qui, dans le cas des systèmes irrigués, conduit même à la pollution de l'eau.

L'analyse statistique montre également que les migrants paléarctiques connaissent un déclin plus important que les migrants intra-africains. Ceci peut s'expliquer par le fait que de nombreux migrants paléarctiques doivent reprendre des forces dans le Sahel lorsqu'ils retournent vers l'Eurasie. Comme l'environnement du Sahel se détériore, un nombre plus élevé d'oiseaux n'arrive pas à se ravitailler suffisamment et ne survit pas au voyage. En outre, si des oiseaux sont intoxiqués par des pesticides, par exemple en se nourrissant de végétaux contaminés par ces substances, ces dernières peuvent s'accumuler dans les tissus adipeux qui seront libérés pendant la migration, intoxiquant les oiseaux au cours de leur voyage.

Toutes ces constatations étayent l'hypothèse que le déclin des effectifs d'oiseaux d'eau migrateurs est dû, entre autres, à l'expansion et à l'intensification agricoles et, par conséquent, à une application accrue des produits agrochimiques.

Il a été démontré que les épisodes de sécheresse en Afrique entraînent une diminution des effectifs d'oiseaux migrateurs. Le fait que les activités humaines changent l'environnement - que ce soit par une action directe sur les sites telle que la déforestation ou le pâturage excessif ou indirectement dans le cadre du processus à long terme de changement climatique - va amplifier le phénomène des sécheresses en Afrique. En dépit des effets négatifs des produits agrochimiques, la sécheresse d'origine atrophique décimera encore davantage les oiseaux d'eau migrateurs.

Dernier point et non le moindre, ce ne sont pas seulement les résidus chimiques et les toxines issus de l'agriculture et de l'industrie qui provoquent l'empoisonnement des oiseaux d'eau migrateurs. Les déchets ménagers et aussi les plombs de chasse entraînent le déclin de leurs populations (Olivier 2006). L'usage de munitions non toxiques offre une solution pour atténuer les effets négatifs de la chasse (AEWA 2008).

## 6. Références

- ACSF-GC/CMEF (African Civil Society Forum Statement to the Governing Council/Global Ministerial Environment Forum) 2006. DUBAI, FEBRUARY 2006
- AEWA (Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie) 2008. AEWA – Texte de l'Accord et Plan d'action. Bonn, Allemagne
- Agarwal S.K. 2002. Pollution Management Vol. III Pesticide Pollution, A.P.H. Publishing Corporation, New Delhi, India
- birds in Europe: action plans. Council of Europe publishing, Strasbourg, France: 79-98.
- Bohmont Bert L. 2007. The Standard Pesticide User's Guide. Pearson Education, Inc. Upper saddle River, New Jersey, United States of America
- Bolwig S., Pomeroy D., Tushabe H. and Mushabe D. 2006. Crops, trees, and birds: Biodiversity change under agricultural intensification in Uganda's farmed Landscapes in *Geografisk Tidsskrift, Danish Journal of Geography* 106(2)
- Brosius F. 2004. SPSS 12. MITP-Verlag, Bonn
- CAAPD (Programme détaillé de développement de l'agriculture africaine - CAAPD/ PDDAA) 2003. Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) et Union africaine (UA)
- Campbell L.H, Avery M.I., Donald P., Evans A.D., Green R.E. and Wilson J.D. 1997. A review of the indirect effects of pesticides on birds. JNCC Report No. 227, Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, United Kingdom
- Carlile W.R. 2006. Pesticide Selectivity, Health and the Environment. University Press, Cambridge, United Kingdom
- Cole R. and H.J. de Blij 2007. Survey of Sub-Saharan Africa. Oxford University Press, New York, United States of America
- Cox C. 1991. Pesticides and Birds: From DDT to today's poisons. *Journal of Pesticide Reform* VOL. 11, NO. 4 pp. 2-6
- Delany S., Dodman T., Scott D., Butchart S., Martakis G. and Helmink T. 2008. 4th-Edition of the Report on the Conservation Status of Migratory Waterbirds in the Agreement Area (AEWA/MOP 4.8). Bonn, Germany
- Donald P.F., Green R.E., Heath M.F. 2000. Agricultural intensification and collapse of Europe's farmland bird populations, The Royal Society
- <http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1087596&blobtype=pdf> (2010-02-20)
- EMA (European Medicines Agency) 2007. Committee for medicinal products for veterinary use and committee for medical products for human use - Presence of the antibiotic resistance marker gene nptII in GM plants for food and feed uses. EMEA/CVMP/56937/2007- Final
- Encyclopædia Britannica Online 2009: Science & Technology: fertilizer
- <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/205346/fertilizer> (2010-02-20)
- EPA (Environmental Protection Agency of the United States of America) 2008. What is a Pesticide. <http://www.epa.gov/opp00001/about/> (2010-02-20)
- EPA (Environmental Protection Agency of the United States of America) 2000. Interim Reregistration Eligibility Decision (IRED) Profenofos. EPA 738-R-00-006
- Extoxnet (Extension Toxicology Network of the Cooperative Extension Offices of Cornell University) 1993. <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/dienochlor-glyphosate/endosulfan-ext.html#3> (2010-02-20)
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 1994. Review of CGIAR Priorities and Strategies. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 1996a. Control of water pollution from agriculture - FAO irrigation and drainage paper 55. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 1996b. FAO Soils Bulletin 73 - Soil Resources, Management and Conservation Service. Rome, Italie

- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2002. Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2006a. Fertilizer use by crop, FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 17. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2006b. FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 16 - Plant nutrition for food security, A guide for Integrated nutrient management. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2007. FAO issue paper: Organic Agriculture and environmental stability of the food supply, International conference on organic agriculture and food security. Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) 2008. Current world fertilizer trends and outlook to 2011/12, Rome, Italie
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) et Banque mondiale 2001. Farming Systems and Poverty – Improving Farmers Livelihoods in a Changing World. Rome et Washington DC 2001
- Finlayson C., D'Cruz R., Aldin N., Barker D., Beltram G., Brouwer J., Davidson N., Duker L., Junk W., Kaplowitz M., Ketelaars H., Kreuzberg-Mukhina E., Lanza Espino G., Lévêque C., Lopez A., Milton R., Mirabzadeh P., Pritchard D., Revenga C., Rivera M., Hussainy A., Silvius M., Steinkamp M. 2005. Inland Water Systems. In: Hassan R., Scholes R. and Ash N. (eds) Millennium Ecosystem Assessment Series, Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Vol. 1. Island Press, United States of America
- Frankfort-Nachmias C. and Rodeghier M. 1997. Social Statistics for a Diverse Society. Pine Forge Press, New Delhi, India
- Friend M. and Franson J.C. 2001. Field Manual of Wildlife Diseases - General procedures and diseases of birds. USGS Biological Resources Division National Wildlife Health Centre, Madison, United States of America
- Fry D.M. 1995. Reproductive effects in birds exposed to pesticides and industrial chemicals. Environmental Health Perspectives Volume 103, Supplement pp. 165 - 177
- Gerken A., Suglo J., and Braun M., Egyir I. and Fleischer G. 2001. Pesticides Use and Policies in Ghana - An Economic and Institutional Analysis of Current
- Glin C.L., Kuiseu J., Thiam A., Vodouhê D.S., Dinham B., Ferrigno S. 2006. Living with Poison-Problems of endosulfan in West African cotton growing systems. Pesticide Action Network (PAN), United Kingdom
- Harris J. 2000. Chemical Pesticide Markets, Health Risks and Residues, Biopesticides Series No. 1. CAB International, Ascot United Kingdom
- Hart J., Horneck D., Stevens R., Bell N. and Cogger C 2003. Acidifying soil – for blueberries and ornamental plants in yard and garden west of the Cascade Mountain Range in Oregon and Washington. Oregon State University, United States of America
- Henderson K.L.D., Coats J. R. 2009. Veterinary pharmaceuticals in the environment. American Chemical Society, United States of America Holdsworth P.A. 2005. Ectoparasiticide use in contemporary Australian livestock production. Avicare Limited Canberra, Australia
- Hinga K.R., Batchelor A., Ahmed T. M., Osibanjo O., Lewis N. Pilson M., Faruqi N. and Wagener A. 2005. Waste processing and detoxification. In: Hassan R., Scholes R. and Ash N. (eds) Millennium Ecosystem Assessment Series, Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Vol. 1. Island Press, United States of America
- Hoyo J. D. and Elliot A. 1992 and 1996. Handbook of the Birds of the World (HBW), Volumes 1 and 3. Lynx Edicions Barcelona, Spain
- Hunter, J. & Black, J.M. 1996. International Action Plan for the Red-Breasted Goose. In: Heredia B., Rose L. and Painter M. (eds) Globally threatened

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change/ GIEC (Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat) 2007. Climate Change Synthesis Report of the IPCC Plenary XXVII (Valencia, Spain, 12-17 November 2007)
- Kearney P.C. and Roberts T. 1998. Pesticide Remediation in Soil and Water. John Wiley & Sons Ltd Chichester. United Kingdom
- Kremser U. and Schnug E. 2002. Impact of fertilizers on aquatic ecosystems and protection of water bodies from mineral nutrients. *Landbauforschung Voelkenrode* 2 (52): 81-90 for Helsinki Commission Working Group on Agriculture - Sixth Meeting (Kiel, Germany, 21-22 October 2002)
- Kwon Y-K. and Kim J-H. 2004. Pesticide Poisoning Events in Wild Birds in Korea from 1998 to 2002. *Journal of Wildlife Diseases* 2004, 40(4), 2004, pp. 737-740
- Marrs T. C. and Ballantyre B. 2004. Pesticide Toxicology and International Regulation. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, United Kingdom
- Middleton A.G. 2005. Why is the use of DDT controversial? – An environmental perspective
- Mineau P. 2005. Direct Losses of Birds to Pesticides – Beginnings of a Quantification. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. pp 1065 -1070
- Mullié W. C. 2009. Birds, locusts and grasshoppers. In: Zwarts L., Bijlsma R.G., van der Kamp J. and Wymenga E. 2009. Living on the edge: Wetlands and birds in a changing Sahel. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands
- Mullié W. C. and Keith J.O. 1993. The effects of aerially applied fenitrothion and chlorpyrifos on birds in the Savannah of Northern Senegal. *Journal of Applied Ecology* 1993 No.30, pp 536-550
- Mwandia A. and Touni E. 2006. Obsolete pesticides in Africa - raising awareness of social and environmental implications. The African Network for Chemical Analysis of Pesticides (ANCAP) conference paper for the International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Environmental Fate, Effects and Public Health Implications 2006, Arusha, Republic of Tanzania
- Newton I. 1998. Population Limitation in Birds. Academic Press, Inc. London, United Kingdom
- Newton I. 2008. The Migration Ecology of Birds. Elsevier Ltd, Oxford, United Kingdom
- Odino M. 2010. Measuring the conservation threat to birds in Kenya from deliberate pesticide poisoning - A case study of suspected carbofuran poisoning using Furadan in Bunyala Rice Irrigation Scheme. A report to the Ornithology Section of the National Museums of Kenya, the Kenya Wildlife Service, Nature Kenya, Birdlife African Partnership Secretariat, WildlifeDirect, Pesticide Control Products Board of Kenya, Ministry of Agriculture, Ministry of Health, Ministry of Public Health, Ministry of Tourism & Ministry of Forestry and Wildlife Management, National Museums of Kenya, Ornithology Section. The Rufford Small Grant Foundation 2010
- Olivier, G.-N. 2006. Considerations on the use of lead shot over wetlands. *Waterbirds around the world*. Eds. G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud. The Stationery Office, Edinburgh, UK. pp. 866-867.
- Practice and Factors Influencing Pesticide Use. Pesticide Policy Project Publication Series No. 10. Institut für Gartenbauökonomie, Universität Hannover, Germany
- Pretty J. 2005. The Pesticide Detox – Towards a more Sustainable Agriculture, Earthscan, London, United Kingdom
- Rosendahl I., Laabs V., James B.D., Atcha-Ahowé C., Agbotse S.K., Kone D., Kogo A., Salawu R. and Glitho I.A. 2008. Living with Pesticides: A Vegetable Case Study. CGIAR Systemwide Program on Integrated Pest Management (SP-IPM)
- Sanderson F.J., Donald P.F., Pain D.J., Burfield I.J. and van Bommel F.P.J. 2006. Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds. *Biological Conservation* 131 (2006) pp 93 - 105
- Scoones I. and Wolmer W. 2002. Pathways of change in Africa – Crops and livelihoods in Mali, Ethiopia and Zimbabwe, James Curry Ltd, Oxford, United Kingdom

- Strandberg R., Klaassen R., Hake M., Alerstam T. 2009. How hazardous is the Sarah desert crossing migratory birds? Indications from satellite tracking of raptors. *Biol. Lett.* (2010) 6, 297–300 doi:10.1098/rsbl.2009.0785. Published online 2 December 2009
- Taylor M.D., Klaine S.J., Carvalho F.P., Barcelo D. and Everaarts J. 2003. Pesticide residues in coastal tropical ecosystems – Distribution, fate and effects, Taylor and Francis, London, United Kingdom
- UNEP (Programme des Nations Unies pour l'environnement – PNUE ) 2009. The Nine New POPs - An introduction to the nine chemicals added to the Stockholm Convention by the Conference of the Parties at its fourth meeting. Geneva, Switzerland
- USDA (United States Department of Agriculture) 1999. Liming to Improve Soil Quality in Acid Soils. Soil Quality – Agronomy Technical Note No. 8 by the Soil Quality Institute 411 S. Donahue Dr. Auburn, AL 36832 334-844-4741 X-177
- Vavrina C.S. 2000. Magnet Soil Conditioner In the Production of Seepage Irrigated Pepper. University of California, Institute of Food and Agricultural Sciences, SWFREC Station Report - VEG 00.05, Immokalee, United States of America
- Wandiga S. O. 2001. Use and distribution of organochlorine pesticides - The future in Africa. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 73, No. 7, pp. 1147–1155
- Watson D.H. 2004. Pesticide, veterinary and other residues in food. Woodhead Publishing Limited Abington Hall, Abington Cambridge, United Kingdom
- WDR (World Development Report) 2008. BANQUE MONDIALE Washington DC, United states of America
- Whitford F. 2002. The Complete Book of Pesticide Management - Science, Regulation, Stewardship, and Communication. John Wiley & Sons, Inc., New York, United States of America
- WHO (Organisation mondiale de la santé – OMS ) 2005. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, Geneva, Switzerland
- Williamson S. 2003 a. The Dependency Syndrome - Pesticide use by African Smallholders. Pesticide Action Network UK (PAN UK), Eurolink Centre, London, United Kingdom
- Williamson S. 2003 b. PESTICIDE PROVISION IN LIBERALISED AFRICA: OUT OF CONTROL. Overseas Development Institute (odi) Agricultural Research & Extension Network, Network Paper No. 126
- Wilson L., Harris M., and Elliott J. 1998. Impact of agricultural pesticides on birds of prey in the lower Fraser valley. In: Gray C. and Tuominen T. (eds) Health of the Fraser River Aquatic Ecosystem Vol. 1: A synthesis of research conducted under the Fraser River Action Plan, Environment Canada
- Zimmerman J.L. 1998. Migration of Birds Circular 16. Kansas State University Division of Biology, Manhattan, Kansas, United States of America
- Zwarts L., Bijlsma R.G., van der Kamp J. and Wymenga E. 2009. Living on the edge: Wetlands and birds in a changing Sahel. KNNV Publishing, Zeist, The Netherlands

Figure 6 : Comportement et devenir des pesticides dans le sol, l'eau et l'air. Agarwal S.K. 2002. Pollution Management Vol. III - Pesticide Pollution. A.P.H. Publishing Corporation, New Delhi, Inde, p. 92

Figure 7 : Transfert biologique des insecticides. Agarwal S.K. 2002. Pollution Management Vol. III - Pesticide Pollution. A.P.H. Publishing Corporation, New Delhi, Inde, p. 95

Figure 8 : Carte politique du continent africain.CAAPD (Comprehensive Africa Agriculture Development Programme) 2003. New Partnership for Africa's Development (NEPAD) and the African Union (AU) p. iv

Figure 10 : Carte des systèmes de production agricole en Afrique du Nord. FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) et Banque mondiale 2001. Farming Systems

and Poverty – Improving Farmers Livelihoods in a Changing World. Rome et Washington DC 2001, p. 44

Figure 11 : Carte des systèmes de production agricole en Afrique subsaharienne. FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) et Banque mondiale 2001. Farming Systems and Poverty – Improving Farmers Livelihoods in a Changing World. Rome et Washington DC 2001, p 43

## Annexe I – Tentative d’analyse des populations de l’AEWA en Afrique

Le présent chapitre rassemble les informations disponibles sur les 382 populations d’oiseaux d’eau couvertes par l’AEWA en Afrique. L’Accord sur la conservation des oiseaux d’eau migrateurs d’Afrique-Eurasie (AEWA) couvre une aire géographique s’étendant du Nord du Canada et de la Fédération Russe à la pointe extrême sud de l’Afrique. Il s’agit d’un Accord international rassemblant 119 pays (dont 64 sont devenues Parties contractantes) afin de protéger 255 espèces d’oiseaux d’eau dépendant des zones humides pendant au moins une partie de leur cycle annuel. Les données empiriques faisant défaut, tous les résultats de ce chapitre s’appuient sur des informations provenant d’ouvrages spécialisés, notamment sur la 4<sup>ème</sup> édition du *Rapport sur l’état de conservation des oiseaux d’eau migrateurs dans la zone de l’Accord* (*Report on the Conservation Status of Migratory Waterbirds in the Agreement Area* - Delany 2008). Dans une seconde phase, nous tenterons de réaliser une analyse statistique et d’évaluer la corrélation entre le déclin des populations d’oiseaux et leur comportement migratoire ainsi que leur distribution géographique.

### Instruments et Méthodes

Les programmes utilisés pour cette analyse sont Microsoft Excel 98 et SPSS V.14.0 (version allemande). Les informations sur les tailles et tendances de population, la distribution et le comportement migratoire sont extraites de la 4<sup>ème</sup> édition du *Rapport sur l’état de conservation des oiseaux d’eau migrateurs dans la zone de l’Accord* (Delany 2008).

La classification des populations en cinq sous-régions géographiques africaines reprend celle indiquée à l’Annexe 3 de l’AEWA – *Texte de l’Accord et Plan d’action Plan* (AEWA 2008).

Les informations concernant la période de reproduction, les habitudes alimentaires, les habitats et les périodes de résidence en Afrique proviennent du *Manuel des oiseaux du monde* (*Handbook of the Birds of the World* -Hoyo J. D. 1992).

Malheureusement, les données sur la période de reproduction et la période de résidence en Afrique étaient inadéquates du fait que le *Manuel des oiseaux du monde* ne fournissait pas des informations sur toutes les espèces de l’AEWA. Elles n’ont donc pas été utilisées. Les données, entrées dans Excel, ont été récapitulées et rendues sous forme de diagrammes en bâtons. Le tableau Excel a été ensuite transformé en tableur SPSS pour permettre de réaliser le test statistique du chi-carré.

Le test du chi-carré (désigné par le symbole  $\chi^2$ ) est une technique statistique interférentielle permettant de tester l’indépendance entre deux variables distribuées dans un tableau croisé. Le test du chi-carré repose sur la supposition de l’hypothèse zéro. Celle-ci (désignée par  $H_0$ ) établit qu’il n’existe aucune relation entre deux variables croisées d’une population, et que les variables sont donc statistiquement indépendantes.

Le tableau croisé est une technique permettant d’analyser la relation existant entre deux variables distribuées dans un tableau à double entrée présentant la distribution d’un tableau et les catégories d’un autre.

L’authenticité des résultats du test  $\chi^2$  ne pourra être assuré qu’en respectant certaines conditions (Frankfort-Nachmias 1997). L’une d’elle est que les fréquences attendues dans le champ du tableau ne soient pas trop petites. Pour SPSS ceci signifie que la valeur ne doit pas être inférieure à cinq. Une autre condition est que les tableaux ne doivent pas contenir plus de cinq champs. Pour chaque champ du

tableau, la variation carrée (valeur attendue de la fréquence réelle) est divisée par la fréquence attendue ;  $\chi^2$  est le résultat de la somme des quotients de tous les champs du tableau croisé.

Avec n lignes et m colonnes, le calcul de  $\chi^2$  se fait selon la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{ij} - \hat{n}_{ij})^2}{\hat{n}_{ij}}$$

Figure 9 : Formule du test pour le test de signification (Brosius 2004)

Dans cette formule,  $n_{ij}$  désigne la fréquence observée dans une cellule correspondant à la ligne i et la colonne j ; la fréquence anticipée corrélative est  $\hat{n}_{ij}$

Plus l'écart d'un champ du tableau est grand, plus grand est le  $\chi^2$ . Le nombre de lignes et colonnes détermine les degrés de liberté. Les degrés de liberté indiquent dans combien de cellules du tableau la fréquence peut être librement assignée dans le cadre d'une distribution marginale. Avec  $\chi^2$  et le nombre de degrés de liberté, le test  $\chi^2$  détermine la probabilité de savoir si l'écart entre la fréquence observée et attendue peut exister, même s'il n'y a pas de connexion entre les variables dans l'unité principale. Le test courant du  $\chi^2$  est le test de Pearson. Il aboutit à un nombre indiquant la signification statistique. Plus le nombre est élevé, plus la probabilité d'erreur est vraisemblable. La valeur critique est généralement fixée à 5 %, signifiant qu'elle ne doit pas être supérieure à  $\chi^2 = 0,05$  (Brosius 2004 et col.).

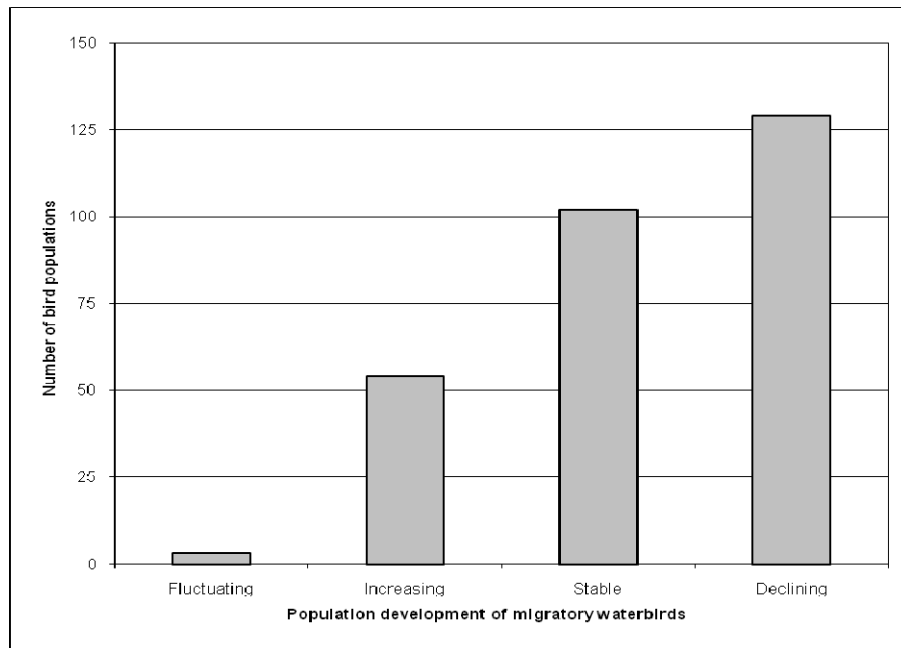
Le test de signification a été appliqué afin de tester la relation entre la variable indiquant les populations d'oiseaux en déclin en relation avec la distribution géographique, le comportement migratoire, les habitats et les habitudes alimentaires afin de rechercher des schémas caractéristiques probables. Les distributions dans le cadre de trois ou quatre entités se sont révélées plutôt disproportionnées, ce qui fait que seulement deux caractères, à savoir le comportement migratoire et la distribution géographique, ont été introduits dans SPSS.

Une analyse de classification hiérarchique (méthode de Ward, données binaires – différences de modèles) a été réalisée dans le cadre de deux sets de données. Les variables étaient les différentes sous-régions (Nord, Est, Sud, Centre et Ouest) ou bien les deux schémas migratoires (Paléarctique et intra-africain) s'appliquant aux différentes populations. Les résultats ont été ensuite résumés, devenant la « variable groupe » avec la « variable déclin ».

Le nombre d'oiseaux en déclin dans cette classification a été compté et divisé par la quantité totale d'oiseaux. Afin d'éviter les erreurs, cette procédure a été réalisée avec Excel. Pour le reste des sets de données, la distribution au sein des variables a été considérée comme étant trop inégale pour obtenir des résultats valables à partir de l'analyse de classification hiérarchique.

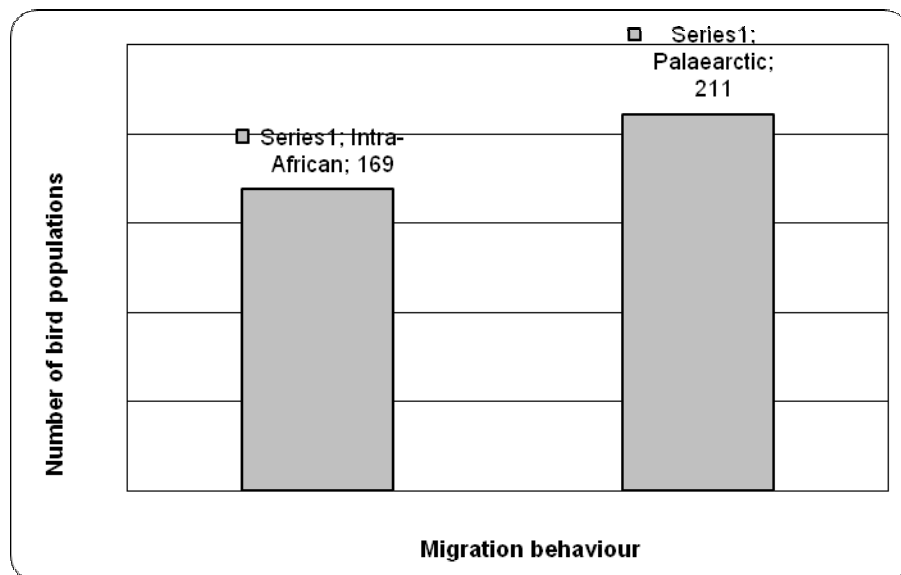
## Résultats

L'AEWA couvre au total 255 espèces, dont 217 sont des espèces d'oiseaux d'eau migrateurs soit résidant soit hivernant sur le continent africain. Le document AEWA/MOP 4.8 (Delany 2008) fait état d'un total de 382 populations résidant en Afrique.



*Figure 10 : Statut des développements de populations d'oiseaux d'eau couvertes par l'AEWA en Afrique. Les populations en déclin sont plus de deux fois plus nombreuses que celles en augmentation.*

Un total de 129 populations sont en déclin, 102 sont stables, 54 sont en augmentation et 3 sont fluctuantes.



*Figure 11 : Effectifs de migrants paléarctiques et intra-africains parmi les 382 populations d'oiseaux d'eau migrants couvertes par l'AEWA en Afrique. La majorité des oiseaux sont paléarctiques.*

211 populations au total sont paléarctiques, ce qui signifie qu'elles se reproduisent dans l'hémisphère Nord mais migrent vers le Sud durant les mois d'hiver, et 169 sont constituées de migrants intra-africains,

ce qui veut dire qu'elles restent sur le continent africain tout au long de l'année et migrent uniquement entre différents pays africains.

*Tableau 3 : Récapitulatif des résultats concernant le test de signification du comportement migratoire des oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. Le test est valable pour les deux variables. Les tableaux croisés originaux sont présentés en Annexe II.*

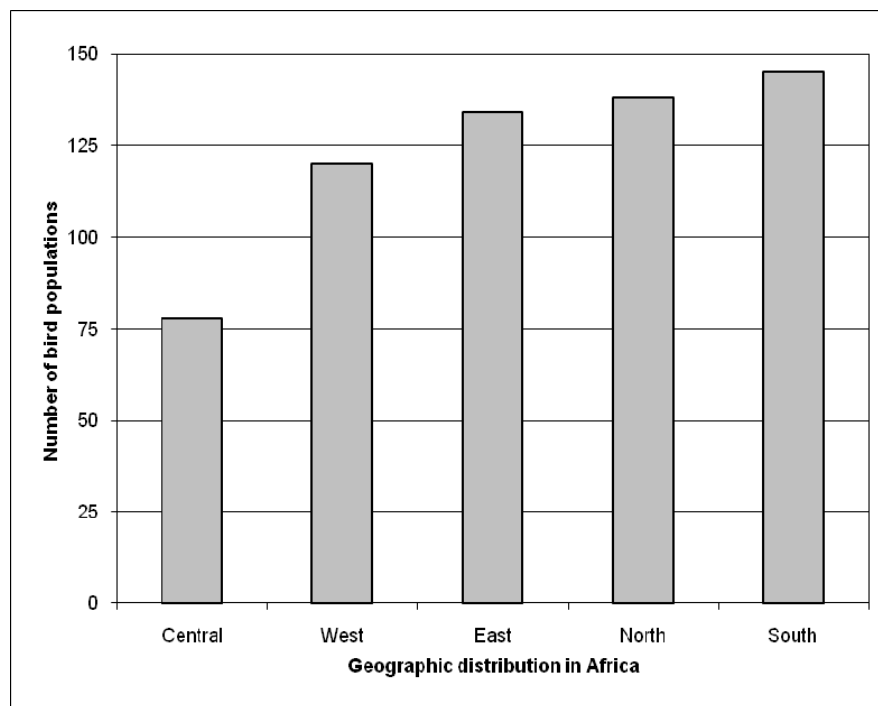
Comportement migratoire	Variable 1	Variable 2	$\chi^2$
	Intra-africain	En déclin	0,004
	Paléarctique	En déclin	0,034

Les tableaux croisés concernant les habitudes alimentaires des oiseaux inclus dans la liste des espèces de l'AEWA n'indiquent pas de relation entre le comportement migratoire et le nombre d'oiseaux en déclin.

*Tableau 4 : Fréquence relative de la valeur En déclin = 1 sur la base de l'analyse de classification hiérarchique du comportement migratoire. La fréquence des effectifs en déclin est plus élevée parmi les migrants paléarctiques.*

Classification	Comportement migratoire	Ratio	Résultat	Pourcentage
1	Intra-africain	47/172	0,273	27,3
2	Paléarctique	82/210	0,390	39

Les migrants paléarctiques semblent connaître un déclin plus important que les migrants intra-africains.



*Figure 12 : Présence d'oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique dans les cinq sous-régions africaines. La présence d'oiseaux en Afrique centrale est bien plus faible que dans toutes les autres sous-régions. La présence en Afrique australe est pratiquement le double de celle observée en Afrique centrale.*

On note un total de 145 populations en Afrique australe, 138 en Afrique du Nord, 134 en Afrique de l'Est, 120 en Afrique de l'Ouest et 78 en Afrique centrale.

*Tableau 5 : Récapitulatif des résultats concernant le test de signification de la distribution géographique des oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. Le test n'est pas valable pour les variables de l'Afrique centrale et de l'Afrique de l'Ouest. Les tableaux croisés originaux sont présentés en Annexe II.*

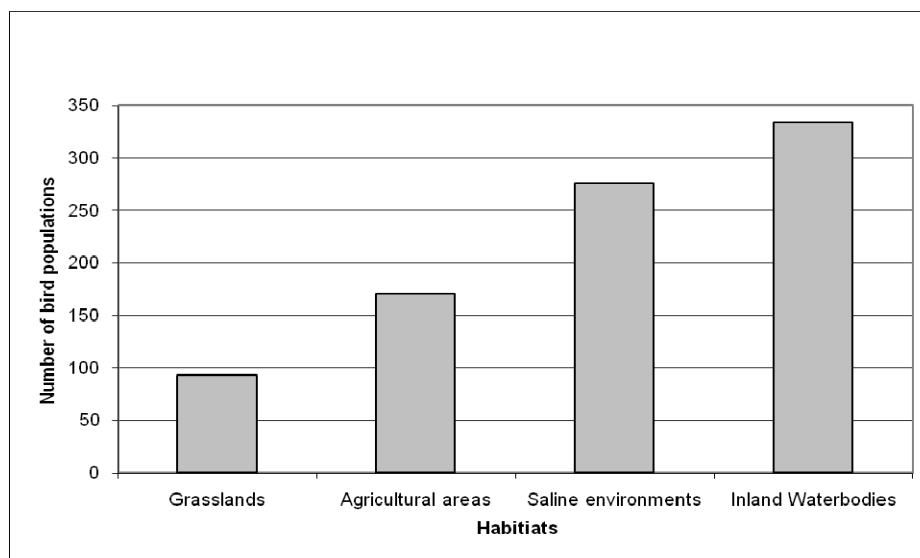
<b>Distribution géographique</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b><math>\chi^2</math></b>
	Centrale	En déclin	0,475
	Ouest	En déclin	0,723
	Est	En déclin	0,036
	Nord	En déclin	0,034
	Australe	En déclin	0,046

À part les données des variables pour l'Afrique de l'Ouest et l'Afrique centrale, les tableaux croisés se rapportant à la distribution géographique des oiseaux inscrits dans la liste des espèces de l'AEWA n'indiquent pas de relation entre la distribution au sein des différentes sous-régions géographiques et le nombre d'oiseaux en déclin. Le test de signification ne s'est pas avéré valable pour les données issues de la variable d'Afrique centrale. Ceci peut être dû au fait que les effectifs de populations d'oiseaux au sein de cette variable sont beaucoup moins élevés. Le test de signification ne s'est pas non plus avéré valable pour les données issues de la variable Afrique de l'Ouest. Ceci signifie que le nombre d'oiseaux en déclin dans le cadre de cette variable ne sont pas l'effet du hasard. Ceci pourrait être une indication de la relation entre les effectifs en déclin et le fait qu'ils résident en Afrique de l'Ouest.

*Tableau 6 : Fréquence relative de la valeur En déclin = 1 sur la base de l'analyse de classification hiérarchique de la classification géographique. La fréquence des effectifs en déclin est plus élevée en Afrique du Nord. La fréquence élevée des effectifs en déclin en Afrique centrale est très probablement à mettre en relation avec les faibles effectifs de population de cette variable.*

<b>Classification</b>	<b>Sous-région géographique</b>	<b>Ratio</b>	<b>Résultat</b>	<b>Pourcentage</b>
1	Afrique du Nord	52/129	0,403	40,3
2	Afrique de l'Est	23/75	0,306	30,6
3	Afrique australe	21/87	0,241	24,1
4	Afrique de l'Ouest	20/63	0,317	31,7
5	Afrique centrale	10/18	0,555	55,5

Les populations d'Afrique du Nord semblent connaître un déclin plus important (40,3 %) que les autres régions d'Afrique même si dans ces dernières les effectifs en déclin correspondent approximativement au quart de la population totale et même plus. Le nombre élevé d'oiseaux en déclin en Afrique centrale est probablement à mettre en relation avec la bien plus petite taille de l'échantillon de cette sous-région géographique.



*Figure 13 : Présence d'oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique dans différents habitats. Les étendues d'eau intérieures sont d'une grande importance pour les oiseaux d'eau migrateurs. Autour d'elles, on trouve trois fois plus d'oiseaux que dans les prairies et près de deux fois plus que dans les zones agricoles.*

On note un total de 334 populations habitant dans les étendues d'eau intérieures, 93 populations établies dans les prairies, 171 occupant des zones agricoles et 276 vivant dans des milieux salins.

*Tableau 7 : Récapitulatifs des résultats concernant le test de signification des habitats des oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. Le test ne s'avère pas valable pour les données provenant des variables Étendues d'eau, Prairies et Zones agricoles. Les tableaux croisés originaux sont présentés en Annexe II.*

Habitats	Variable 1	Variable 2	$\chi^2$
	Prairies	En déclin	0,247
	Zones agricoles	En déclin	0,115
	Milieux salins	En déclin	0,047
	Etendues d'eau intérieures	En déclin	0,946

Le test de signification ne s'est pas avéré valable pour les données issues de la variable Prairies. Ceci peut provenir du fait que les effectifs de population d'oiseaux dans cet habitat sont bien moins élevés que dans les autres habitats. Le test de signification ne s'est pas avéré valable pour les données issues de la variable Étendues d'eau intérieures. Ceci peut indiquer l'existence d'une relation entre les effectifs de population d'oiseaux en déclin et cet habitat, mais peut également découler du fait que les effectifs d'oiseaux dans cet habitat particulier sont bien plus élevés que ceux indiqués dans les autres variables de cette série de données.

Le test de signification ne s'est pas avéré valable pour les données issues de la variable Zones agricoles. Ceci peut indiquer l'existence d'une relation entre les effectifs de population d'oiseaux en déclin et cet habitat. Pour la variable des environnements salins, le tableau croisé n'indique pas une relation avec la diminution des effectifs d'oiseaux.

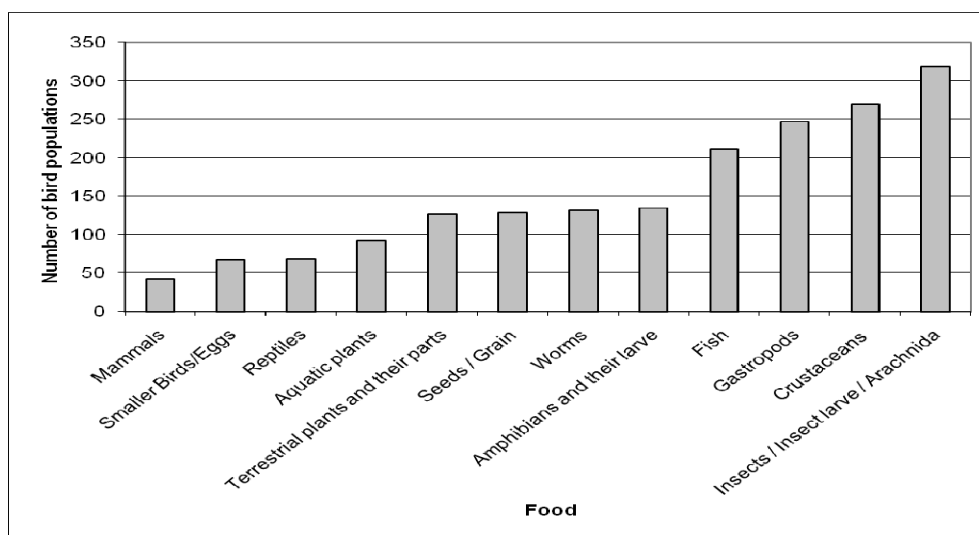


Figure 14 : Classification des nourritures par ordre d'importance pour les oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. La principale nourriture pour la majorité des oiseaux sont les insectes et leurs larves, les arachnides, les crustacés, les gastéropodes et les poissons.

On note un total de 319 populations se nourrissant d'insectes, d'arachnides et de leurs larves, 269 de crustacés, 247 de gastéropodes, 211 de poissons, 134 d'amphibiens et de leurs larves, 131 de vers, 129 de semences et graines, 127 de plantes terrestres, 92 de plantes aquatiques, 68 de reptiles, 67 de petits oiseaux et de leurs œufs et 42 de mammifères.

Tableau 8 : Récapitulatif des résultats concernant le test de signification des habitudes alimentaires des oiseaux couverts par l'AEWA en Afrique. Le test n'est pas valable pour la majorité des variables. Les tableaux croisés originaux sont présentés en Annexe II.

Habitudes alimentaires	Variable 1	Variable 2	$\chi^2$
	Mammifères	En déclin	0,450
	Petits oiseaux/œufs	En déclin	0,859
	Reptiles	En déclin	0,769
	Plantes aquatiques	En déclin	0,212
	Plantes terrestres et leurs éléments constitutifs	En déclin	0,011
	Semences / Graines	En déclin	0,054
	Vers	En déclin	0,778
	Amphibiens et leurs larves	En déclin	0,692
	Poissons	En déclin	0,355
	Gastéropodes	En déclin	0,052
	Crustacés	En déclin	0,501
	Insectes / Larves d'insectes / Arachnides	En déclin	0,936

La majorité des variables ont échoué au test de signification statistique. Ceci peut être dû au fait que les effectifs d'oiseaux se nourrissant d'un certain type d'aliment sont beaucoup plus nombreux que ceux se nourrissant d'un autre type. Cependant le test de signification ne s'est pas avéré valable pour les données

issues de la variable Insectes et leurs larves et arachnides. Il en va de même pour les crustacés, les gastéropodes, les poissons, les amphibiens et leurs larves, les vers, les semences et graines, les plantes aquatiques, les reptiles, les petits oiseaux et leurs œufs, et les mammifères.

Ceci peut indiquer l'existence d'une relation entre les effectifs de populations d'oiseaux en déclin et ces types d'aliments, mais peut également découler du fait que le nombre d'oiseaux se nourrissant de ces aliments est très inégalement réparti.

## **Discussion**

Le continent africain est d'une très grande importance pour l'Accord sur les oiseaux d'eau migrateurs puisque 217 des 255 espèces couvertes par ce dernier soit résident soit hivernent en Afrique. Les différentes populations hivernent et résident dans toute l'Afrique. On trouve certaines espèces dans une seule sous-région géographique et d'autres dans plusieurs sous-régions. Les différentes espèces colonisent divers habitats. La plupart des populations sont présentes dans plusieurs habitats (Delany 2008 et col.) autour des étendues d'eau intérieures. Les oiseaux d'eau se nourrissent de divers animaux et végétaux et de leurs éléments constitutifs, principalement insectes, crustacés, gastéropodes et poissons. Le principal motif de la rédaction du présent document se rapporte au fait qu'en dépit des efforts déployés pour la protection de 383 populations africaines, des effectifs importants, plus précisément 129 populations, sont en déclin.

Les oiseaux d'eau vivant le long des étendues d'eau intérieures semblent être en déclin dans une plus grande mesure que ceux résidant dans d'autres habitats. Le fait de se nourrir d'insectes, d'arachnides et de leurs larves semble aussi avoir un impact négatif sur la survie des oiseaux d'eau. Mais ces résultats peuvent également être liés, et ceci de manière très vraisemblable, au fait que la majorité des oiseaux inclus dans les présents échantillons vivent le long des étendues d'eau intérieures et se nourrissent d'insectes de leurs larves et d'arachnides.

Les résultats de l'analyse de classification hiérarchique montrent des déclin élevés de population en Afrique du Nord et en Afrique centrale. Les résultats portant sur l'Afrique centrale suggèrent deux hypothèses. De grandes superficies de l'Afrique centrale sont couvertes par la forêt pluviale que les migrants paléarctiques évitent presque complètement (Zwarts 2009). D'un autre côté, les effectifs ont pu être auparavant plus élevés et avoir été décimés au fil du temps.

Le comportement migratoire semble aussi jouer un rôle concernant le nombre des populations en déclin. Les effectifs de migrants paléarctiques en déclin sont 10 % supérieurs aux effectifs de migrants intra-africains. Il est important de mentionner que toutes les données utilisées proviennent d'ouvrages spécialisés, dont la plupart contiennent des données datant de dix ans ou plus.

Différentes sources écrites offrent généralement des niveaux différents d'exactitude. On peut donc se demander si ces sources, du fait de leurs différences, peuvent être comparées. Pour cette raison, les résultats de ce chapitre ne peuvent pas constituer des preuves mais doivent être considérés comme des indicateurs en faveur de la poursuite des recherches scientifiques.

En général, la tentative d'analyse statistique a montré que les données disponibles sont insuffisantes pour fournir des preuves scientifiques. L'analyse statistique a été vraisemblablement déformée par la distribution inégale de la taille des échantillons au sein des variables. Toutes les hypothèses doivent être étudiées plus à fond sur la base de données empiriques.

## Annexe II – Tableaux croisés originaux

### Tableaux croisés originaux analysant la distribution géographique

Tableau 9 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs en déclin avec la variable de l'Afrique du Nord ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Nord	0	171	73	244
	1	82	56	138
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,034$$

Tableau 10 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs en déclin avec la variable de l'Afrique de l'Est ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Est	0	155	93	248
	1	98	36	134
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,036$$

Tableau 11 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs en déclin avec la variable de l'Afrique centrale ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Centrale	0	204	100	304
	1	49	29	78
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,475$$

Tableau 12 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs en déclin avec la variable de l'Afrique australe ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Australe	0	148	89	237
	1	105	40	145
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,046$$

Tableau 13 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs en déclin avec la variable de l'Afrique de l'Ouest ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Ouest	0	172	90	262
	1	81	39	120
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,723$$

### Tableaux croisés originaux analysant le comportement migratoire

Tableau 14 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable de la migration paléarctique ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Paléarctique	0	123	48	171
	1	130	81	211
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,034$$

Tableau 15 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable de la migration intra-africaine ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables

		En déclin		Total
		0	1	
Intra-africaine	0	128	85	213
	1	125	44	169
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,004$$

### Tableaux croisés originaux analysant les habitats

Tableau 16 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des étendues d'eau intérieures ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Étendues d'eau intérieures	0	32	16	48
	1	221	113	334
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,946$$

Tableau 17 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des prairies ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Prairies	0	196	93	289
	1	57	36	93
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,247$$

Tableau 18 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des zones agricoles ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Zones agricoles	0	147	64	211
	1	106	65	171
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,115$$

Tableau 19 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des milieux salins ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Milieux salins	0	62	44	106
	1	191	85	276
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,047$$

#### Tableaux croisés originaux analysant la nourriture

Tableau 20 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des poissons ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Fish	0	109	62	171
	1	144	67	211
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,355$$

Tableau 21 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des insectes et leurs larves et les arachnides ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Insectes / Larves 0	42	21	63
d'insectes / Arachnides 1	211	108	319
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,936$$

Tableau 22 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des vers ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Vers 0	165	86	251
1	88	43	131
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,778$$

Tableau 23 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des gastéropodes ;  $\chi^2$  indique une légère dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Gastéropodes 0	98	37	135
1	155	92	247
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,052$$

Tableau 24 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des crustacés ;  $\chi^2$  indique une légère dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Crustacés 0	72	41	113
1	181	88	269
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,501$$

Tableau 25 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des amphibiens et de leurs larves ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Amphibiens et leurs 0 larves	166	82	248
1	87	47	134
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,692$$

Tableau 26 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des petits oiseaux et œufs ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Petits oiseaux/Œufs	0	208	107	315
	1	45	22	67
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,859$$

Tableau 27 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des mammifères ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Mammifères	0	223	117	340
	1	30	12	42
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,450$$

Tableau 28 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des reptiles ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Reptiles	0	209	105	314
	1	44	24	68
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,769$$

Tableau 29 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des semences et graines ;  $\chi^2$  indique une légère dépendance entre les deux variables.

		En déclin		Total
		0	1	
Semences / Graines	0	176	77	253
	1	77	52	129
Total		253	129	382

$$\chi^2 = 0,054$$

Tableau 30 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des plantes terrestres et leurs éléments constitutifs ;  $\chi^2$  indique qu'il n'y a pas de dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Plantes terrestres et leurs éléments constitutifs 0	180	75	255
1	73	54	127
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,011$$

Tableau 31 : Tableau croisé initial analysant la variable des effectifs d'oiseaux en déclin avec la variable des plantes aquatiques ;  $\chi^2$  indique une dépendance entre les deux variables.

	En déclin		Total
	0	1	
Plantes aquatiques 0	197	93	290
1	56	36	92
Total	253	129	382

$$\chi^2 = 0,212$$

## Annexe III – Les Systèmes de production agricole en Afrique

### Les systèmes de production agricole en Afrique du Nord

L'Afrique du Nord se compose essentiellement de zones arides et semi-arides connaissant des précipitations faibles et variables. Quelques zones plus humides ont un climat méditerranéen qui se caractérise par de longs étés secs et des hivers doux et humides. Bien que ces zones modérément humides représentent moins de 10 % du territoire terrestre, elles abritent près de la moitié des populations agricoles, à l'inverse des régions plus sèches qui représentent 90 % du territoire terrestre mais sont habitées par 30 % des populations. Les centres de populations dans les régions plus sèches sont souvent dispersés dans des zones intensivement irriguées (FAO 2001 et col.).

Les cultures dépendant des précipitations ne sont cultivées que pendant les périodes hivernales plus humides contrairement aux zones irriguées permettant les cultures tout au long de l'année. Les principales cultures pluviales sont le blé, l'orge, les légumes, les olives, le raisin, les fruits et les légumes. Un vaste éventail de cultures subtropicales, notamment fruits et légumes, sont cultivées par irrigation au cours des mois d'été. Les animaux d'élevage, tels que les chèvres et les moutons, jouent un rôle crucial dans de nombreux systèmes de production agricole de par les liens clés qu'ils constituent entre les différents systèmes (FAO 2001 et col.).

Depuis 1961, les terres cultivées se sont accrues de 14 % et, au cours de la même période, l'intensité culturale a augmenté de plus de 15 %. L'utilisation des terres cultivées devrait continuer à s'accroître jusqu'en 2030. Les terres nouvellement cultivées subiront cependant souvent de graves contraintes de climat, de relief ou de sols pauvres. L'accès à la terre deviendra donc de plus en plus difficile au cours des prochaines années et les cultures prévues de terres marginales conduiront à une importante dégradation environnementale. L'aridité de la région fait que l'irrigation est le principal moyen d'intensification agricole.

Jusqu'en 2030, on prévoit une croissance de la production végétale de 1,7 % par an et la consommation courante de fertilisants devrait augmenter progressivement (FAO 2001 et col.). Comparée à d'autres régions du monde qui sont en développement, l'Afrique du Nord peut être considérée comme une zone n'étant pas particulièrement déshéritée. Cependant, la pauvreté est beaucoup plus étendue dans les zones rurales que dans les zones urbaines et les mauvaises récoltes, résultant de la sécheresse, des ravageurs ou de l'insuffisance des inondations annuelles de la vallée du Nil peuvent toujours faire peser la menace de la malnutrition sur les zones rurales (FAO 2001).

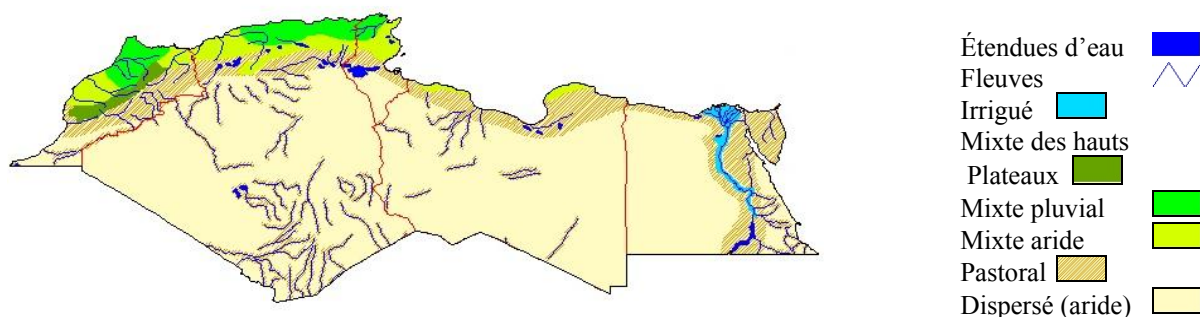


Figure 15 : Carte des systèmes de production agricole en Afrique du Nord (FAO 2001)

*Le système d'irrigation à petite échelle, le système de pêche artisanal et le système à base urbaine ne font pas l'objet d'une représentation cartographique étant très dispersés ou trop petits*

La FAO distingue sept différents systèmes de production agricole en Afrique du Nord :

### **Système irrigué**

Étant donné l'environnement aride et semi-aride de l'Afrique du Nord, le système d'agriculture irriguée a toujours eu une importance cruciale pour cette région. Les systèmes d'irrigation à petite et à grande échelle fournissent une part importante des produits alimentaires de cette région. Les zones d'agriculture irriguée sont densément peuplées mais les exploitations sont généralement de très petites tailles. Dans ces systèmes d'irrigation à grande et à petite échelle, l'incidence de la pauvreté est jugée modérée (FAO 2001 et col.).

Les grands périmètres irrigués se trouvent le long des principaux réseaux fluviaux et en aval des barrages. Ils permettent des cultures intensives tout au long de l'année. Au cours des dernières années, de nouveaux systèmes à grande échelle gérés et financés par le secteur privé sont apparus. On y réalise des cultures à valeur élevée destinées à l'exportation, utilisant l'eau provenant de puits tubulaires et distribuée ensuite à l'aide de gicleurs ou de systèmes de goutte à goutte. Dans le cadre du système de production agricole à grande échelle, le modèle d'utilisation de l'eau varie considérablement à travers toute la région. Toutefois, les eaux pérennes de surface sont rarement utilisées efficacement. L'important volume d'eau extrait de la couche aquifère profonde contribue à la diminution de la nappe phréatique, le taux d'extraction dépassant le taux de recharge. Des mesures sont à présent encouragées en vue de réduire la demande en eau des cultures au moyen du rationnement ou du passage à des cultures qui en exigent moins.

Des politiques inappropriées sur le prix de l'eau et une gestion centralisée se sont soldées par des effets économiques et environnementaux tels que l'utilisation excessive des couches aquifères non rechargées ou l'emploi excessif de l'eau d'irrigation conduisant à l'élévation des nappes phréatiques ainsi qu'aux problèmes de salinisation et sodisation des sols. Les coûts des semences, des fertilisants, des pesticides ou de l'énergie sont toujours supérieurs à ceux de l'eau. Toutefois, comme il s'agit d'un système de production intensif, l'utilisation élevée de fertilisants et de pesticides des systèmes irrigués à grande échelle affectent également la qualité de l'eau (FAO 2001 et col.).

Les systèmes de petits périmètres irrigués ont une importance moindre. Ils emploient un nombre moins important de personnes et produisent de plus faibles quantités de produits alimentaires ou autres types de cultures, mais représentent cependant un élément important pour la survie de nombreuses personnes vivant dans les zones arides et montagneuses reculées. De très petits lopins de terres (0,02 – 1 ha) sont souvent exploités à l'intérieur des limites de plus larges systèmes de production pluviaux et peuvent donc généralement être vus comme faisant partie du système pluvial. Les lopins comprennent en règle générale des arbres fruitiers et des légumes cultivés intensivement. Les petits périmètres irrigués se trouvent généralement dans des régions isolées et fournissent des denrées alimentaires et autres produits essentiellement aux marchés locaux.

Les problèmes cruciaux rencontrés par les systèmes à petite échelle sont les pénuries d'eau et le manque de nourriture (FAO 2001 et col.).

### **Système mixte des hauts plateaux**

Le système de production mixte des hauts plateaux est le système le plus important en terme démographique. Il est appelé système mixte à cause de ses deux sous-systèmes qui comprennent tous deux plus d'une forme unique d'agriculture et dépendent de l'exploitation des terres arables et des pâturages de hautes altitudes où les hivers froids contraignent au repos végétatif ou à la croissance très lente des cultures et plantes fourragères.

Le premier sous-système est dominé par les cultures céréalières et maraîchères pluviales en association avec l'arboriculture - arbres fruitiers et oliviers en terrasse ainsi que des vignes. Les céréales, principalement le blé et l'orge, sont adaptées pour survivre sous la neige et résister aux périodes de temps froid. Les céréales sont principalement cultivées en monoculture avec des périodes de jachères occasionnelles. Arbres fruitiers, oliviers et légumes sont plantés en terrasses, créées sur le flanc de pentes

abruptes il y a déjà plusieurs milliers d'années. Les terrasses sont parfois irriguées pendant les mois d'été pour soutenir la production de fruits et de cultures à valeur élevée telles que les melons.

Le second sous-système repose essentiellement sur l'élevage, essentiellement l'élevage des ovins sur des terres gérées par la communauté. Le système mixte des hauts plateaux est exposé à la pauvreté dans la mesure où les marchés sont souvent éloignés et l'infrastructure insuffisamment développée, et la dégradation des ressources y est un grave problème. En outre, les cultures continues et les faibles retours de nutriments entraînent la baisse de la fertilité des sols en certains endroits. Là où des animaux d'élevage sont présents, le surpâturage contribue également à la dégradation des sols. La rareté de l'eau potable, à la fois pour les humains et les animaux est l'un des plus graves problèmes du système (FAO 2001 et col.).

### **Système mixte pluvial**

Le système de production mixte pluvial est par définition essentiellement basé sur l'eau provenant des pluies, mais une superficie de plus en plus importante tire également avantage des nouvelles techniques de forage et de pompage qui permettent une irrigation d'appoint pendant l'hiver et même une irrigation intégrale pendant l'été. Le système agricole est dominé par l'arboriculture (oliviers, arbres fruitiers, arbres à fruits à coque et vignes) L'arboriculture est associée à des cultures intercalaires telles que céréales, légumes et melons, cultivés tant que les arbres ne sont pas à maturité. Elle devient monoculture une fois la maturité atteinte. Les cultures les plus répandues sont le blé, l'orge, les lentilles, les pois chiches, la betterave à sucre, les haricots fava et les plantes fourragères telles que vesces et luzerne. Des cultures telles que les pommes de terre, les légumes et les fleurs sont cultivées à destination des marchés spécialisés de l'Europe du Nord et nécessitent une attention spéciale. Elles sont souvent cultivées sous tunnels en polythène et bénéficient d'une irrigation supplémentaire.

Le système de production mixte pluvial doit toutefois faire face à plusieurs problèmes. La densité démographique au sein de ce système augmente. Le partage des terres entre un nombre croissant de petits exploitants entraîne une culture excessive des sols légers, favorisant l'érosion des sols sur les pentes en périodes de pluies abondantes et de tempêtes. Le résultat de cette érosion est une perte de terres pour l'agriculture. De plus, le système souffre des importations de céréales subventionnées, évitant l'accès aux marchés. Il en résulte que l'agriculture de subsistance est en déclin et que les grands intérêts commerciaux sont engagés dans l'agriculture intensive productrice de cultures d'exportation et de bétail. Cette orientation s'est traduite par des impacts négatifs majeurs sur l'environnement, tels que des labours profonds fréquents, une extraction excessive de l'eau pour l'irrigation et l'utilisation excessive de pesticides (FAO 2001 et col.).

### **Système mixte en zone aride**

Le système de production mixte en zone aride se rencontre en zones sèches subhumides recevant juste de 150 à 300 mm de précipitations par an. L'orge et le blé sont cultivés en alternance avec une mise en jachère tous les ans ou tous les deux ans. Le risque de sécheresse est élevé et l'insécurité alimentaire considérable. Les bovins et petits ruminants interagissent fortement avec les cultures végétales et fourragères. La variété locale d'orge est bien adaptée au système. Lors des bonnes années, l'orge arrosée par les pluies peut être cultivée pour ses grains, mais en cas de pluies insuffisantes, l'orge n'arrive pas à maturité et sert alors d'aliment fourrager pour le bétail. L'accès à l'eau est limité, les liens avec les marchés médiocres et la pauvreté au sein de ce système est généralisée (FAO 2001 et col.).

### **Système pastoral**

Le système de production pastorale comprend de larges steppes semi-arides peu peuplées qui servent de pâturages, principalement pour les moutons et les chèvres mais aussi pour les bovins et les chameaux. Ces steppes comprennent également des petites parcelles dispersées de terres cultivées irriguées. La migration saisonnière des troupeaux d'animaux d'élevage est particulièrement importante pour minimiser les risques et dépend de la disponibilité de l'herbe, de l'eau et des résidus culturels des systèmes de production agricole voisins.

Les systèmes pastoraux sont importants, formant un lien essentiel entre les principaux systèmes de production de la région et ils répondent à la demande sans cesse croissante de viande. Toutefois, le problème central à long terme auquel sont confrontées les régions pastorales est la désertification. L'ensemble des précipitations est le plus grand facteur limitatif des prairies sèches. La sécheresse limite la productivité des prairies et affecte de façon négative la diversité des espèces et par là la qualité de la nourriture. Le pâturage intensif dégrade également les sols et la végétation. Néanmoins, durant la majeure partie de l'année, les densités d'animaux d'élevage dans les zones arides et semi-arides dépassent la capacité d'accueil des terres. Il s'agit également des zones les plus soumises à la désertification. L'incidence de la pauvreté parmi les éleveurs et agriculteurs dans le cadre de ce système est très répandue (FAO 2001 et col.).

### **Système dispersé (aride)**

Le système de production dispersé ou aride couvre une vaste superficie de l'Afrique du Nord. La population agricole vit dans des oasis et, au moyen de divers systèmes d'irrigation, pratique des cultures irriguées telles que palmiers dattiers et autres palmiers, légumes et fourrage pour les bovins, les moutons les chèvres et les chameaux. La frontière entre le pâturage opportuniste du bétail et les rares parcelles agricoles est imprécise et dépend des conditions climatiques. La pression démographique est limitée et, pour cette raison, l'incidence de la pauvreté est généralement faible (FAO 2001 et col.).

### **Système de pêche côtière artisanale**

Le système de pêche côtière artisanale est l'un de plus anciens de la région. Depuis des milliers d'années, de petits pêcheurs pratiquant une pêche artisanale ont vécu le long des côtes méditerranéennes et de la côte Atlantique. Ils tirent leurs revenus de la vente des poissons, complétée par quelques cultures et l'élevage de quelques animaux. Ce système est toutefois en déclin du fait de la technologie moderne et de la pêche industrielle en pleine mer (FAO 2001 et col.).

### **Système à base urbaine**

Le système de production agricole à base urbaine est le fait de citoyens engagés dans une production horticole à petite échelle de fruits et de légumes et dans un petit élevage d'animaux, par exemple celui des volailles. Comme les villes augmentent et que la demande de nourriture est en expansion, le système à base urbaine risque de prendre progressivement de l'importance au cours des prochaines décennies (FAO 2001 et col.).

## **Les systèmes de production agricole en Afrique subsaharienne**

La partie du continent africain située au sud du Sahara comprend plusieurs zones agro-écologiques (ZAE). La zone aride et semi-aride recouvre 43 % des terres, la zone subhumide 13 % et la zone subhumide et humide fraîche 38 % (FAO 2001). L'agriculture est un secteur indispensable pour l'Afrique subsaharienne. Environ un quart de la superficie agricole potentielle, soit plus précisément 173 millions ha sur les 2455 millions ha du total du territoire terrestre, est occupé par des cultures annuelles ou permanentes. L'agriculture est la principale source de moyens de subsistance pour les personnes pauvres, employant 67 % de l'ensemble de la main d'œuvre et comptant pour 20 % du PIB de la région. L'agriculture est le secteur d'exportation dominant de l'Afrique de l'Est, représentant 47 % du total des exportations et une source importante des exportations d'autres régions telles que l'Afrique australe avec 14 % et l'Afrique de l'Ouest avec 10 %. Les principaux produits agricoles d'exportation sont le cacao, le café et le coton.

La surface cultivée est lentement en train de s'accroître de 0,73 %, essentiellement à cause de la conversion de la forêt et des prairies en zones agricoles et de l'abrégement des jachères (FAO 2001 et col.). La zone touchée par la dégradation des sols est également en train d'augmenter. L'érosion et la compaction des sols, la réduction de la teneur en matières organiques des sols ainsi que le déclin de la fertilité et de la biodiversité des sols sont manifestes dans la majorité de tous les systèmes de production

agricole. Toutefois, la dégradation se remarque tout particulièrement dans le système de cultures pérennes et le système tempéré des hauts plateaux où de fortes densités démographiques exercent une contrainte sur les terres (FAO 2001 et col.).

En dépit du déclin de la fertilité des sols, la consommation des fertilisants inorganiques est très faible. La consommation totale des fertilisants est de 1,3 million tonne de nutriment, ce qui équivaut à seulement 8 kg/ha en comparaison avec 107 kg/ha dans l'ensemble des pays en développement. L'utilisation de compost et d'autres formes d'amendement du sol ne parvient pas à compenser les faibles niveaux d'utilisation de fertilisant. Les agriculteurs sont confrontés à un accès insuffisant aux nombreux intrants agricoles tels que les fertilisants, les pesticides et les semences améliorées, et doivent aussi faire face aux prix incertains des céréales. Ceci est la conséquence des programmes d'ajustement structurel qui ont été mis en œuvre dans de nombreux pays et ont conféré à de nombreux systèmes économiques une stabilité macroéconomique mais ont détérioré les termes de l'échange. L'Afrique subsaharienne a souffert de pertes massives du fait de la diminution de sa part dans le commerce mondial.

Au cours des trois prochaines décennies, la population de l'Afrique subsaharienne devrait augmenter de 78 %. Cette région comporte la plus haute proportion du monde de gens vivant dans un dénuement extrême. La pauvreté rurale représente 90 % de la pauvreté totale et environ 80 % des pauvres sont tributaires pour leur subsistance de l'agriculture ou de travail agricole (FAO 2001 et col.).

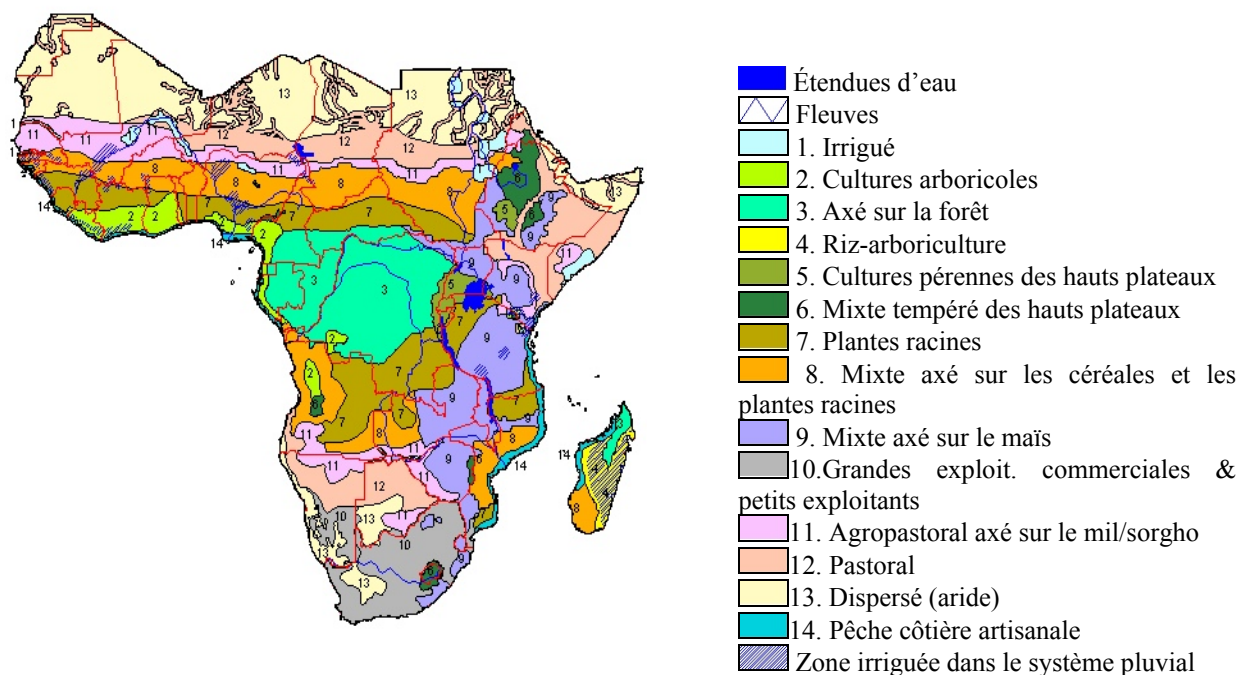


Figure 16 : Carte des systèmes de production agricole en Afrique subsaharienne (FAO 2001). Le système à base urbaine n'est pas représenté sur cette carte, les zones étant trop petites

La FAO distingue quinze différents systèmes de production agricole en Afrique subsaharienne :

### Système irrigué

Le système de production agricole irriguée de l'Afrique subsaharienne comprend de grands périmètres irrigués et une irrigation extensive des zones riveraines et basée sur les décrues. La culture irriguée n'est toujours pas très répandue. Seulement 1,4 % du territoire terrestre de l'Afrique subsaharienne est irriguée par (essentiellement) des systèmes gérés par l'État. Les principales cultures sont le riz, le coton et les

légumes. L'agriculture sous irrigation est dans la plupart des cas complétée par l'agriculture pluviale ou l'élevage animal, généralement celui des bovins ou de la volaille.

La taille des exploitations irriguées peut varier de 1 à 22 ha et les mauvaises récoltes ne sont généralement pas un problème. Cependant les moyens de subsistance des fermiers sont sensibles aux pénuries d'eau, aux pannes des systèmes d'irrigation et à la détérioration des prix des produits de base. L'incidence de la pauvreté y est plus faible que dans les autres systèmes de production agricole (FAO 2001 et col.).

### **Système de cultures arboricoles**

Le système de cultures arboricoles est largement répandu dans la zone humide de la ZAE. Il s'étend de la Côte d'Ivoire au Ghana, du Nigeria et du Cameroun au Gabon et se trouve également dans une plus faible mesure au Congo et en Angola. Des cultures arboricoles industrielles telles que le cacao, le café, le palmier à huile et l'hévéa sont cultivées en association avec des cultures vivrières intercalaires telles que la cassave, l'igname et taro qui, contrairement aux cultures arboricoles, sont des cultures de subsistance. L'élevage y est limité du fait de l'infestation de nombreuses zones par la mouche tsé-tsé et contraint à une préparation manuelle des champs.

Le système a été initialement mis en place par des fermiers indigènes. Chaque année, une famille défrichait une parcelle de forêt correspondant à ce que ses membres étaient capables de cultiver (environ de 0,5 à 1 ha). Au bout d'un à deux ans cependant, la force de travail d'une famille ne suffisait plus pour s'occuper à la fois des parcelles défrichées l'année précédente et des nouvelles terres défrichées. C'est pourquoi, les fermiers ont engagé des ruraux immigrés de la zone de la savane pour prendre soin de leurs cultures de café de la seconde et de la troisième année, en échange du droit d'intercaler des cultures vivrières entre les arbres. Une fois que le couvert des arbres se ferme, il ne laisse pas passer suffisamment de lumière pour certaines cultures, mais les fruits des cultures arboricoles sont prêts à être récoltés et permettent de payer la main d'œuvre engagée.

De nos jours toutefois le système de culture arboricole commerciale contraste fortement avec le système indigène. Une parcelle d'une superficie minimum de 5 ha est préparée et on attend des agriculteurs qu'ils mettent en place toute une zone en une seule année. Ceci peut les contraindre à s'endetter et, du fait de l'abandon des plantations étagées, les cultures sont plus sensibles aux ravageurs et aux maladies.

Néanmoins, les mauvaises récoltes arboricoles et vivrières sont rares et l'incidence de la pauvreté peut être décrite comme étant faible à modérée, se limitant aux très petits exploitants et aux travailleurs agricoles.

Au cours des dernières années, l'utilisation des engrais minéraux et des produits agrochimiques a diminué du fait des prix élevés, de la faible rentabilité et de l'insuffisance de crédit à la suite de l'arrêt de fournitures d'intrants et des services commerciaux des gouvernements, et de la détérioration des termes de l'échange. En conséquence, certaines cultures arboricoles ont été négligées et la demande de main d'œuvre a décliné. Cette évolution a eu pour résultat une pauvreté croissante et une intensification des conflits sociaux entre les producteurs et les travailleurs migrants, tout particulièrement en Côte d'Ivoire (FAO 2001 et col.).

### **Système basé sur la forêt**

Le système de production agricole basé sur la forêt se rencontre en République démocratique du Congo, en République du Congo, au sud-est du Cameroun, en Guinée équatoriale, au Gabon, au sud de la République de Tanzanie, de même qu'à la pointe septentrionale de la Zambie, au Mozambique et en Angola.

Dans ce système, les fermiers pratiquent la culture itinérante. Des arbres sont coupés tous les ans afin de dégager un nouveau champ dans la forêt. Cultivé entre deux et cinq ans, le champ est d'abord planté de céréales ou d'arachides puis plus tard de cassave, avant d'être abandonné pendant sept à vingt ans à la jachère naturelle, permettant à la végétation naturelle de repousser.

Cependant, la densité de population augmentant, les périodes de jachère ont progressivement été réduites, entraînant un épuisement des sols et une destruction des habitats de la faune sauvage. La principale

culture des fermiers utilisant ce système est la cassave, qui est complétée par le maïs, le sorgho, les haricots et le taro. Il y a peu de bovins et de ruminants. Au sein de ce système, la pauvreté est considérable. Les principales sources de liquidités sont les produits de la forêt et le gibier, qui sont tous deux peu disponibles (FAO 2001 et. col).

### **Système de production riz-arboriculture**

Le système de production riz-arboriculture se rencontre dans les ZAE subhumides et humides de Madagascar. La taille des exploitations est réduite et une part importante des parcelles est irriguée. On cultive la banane et le café, complétés de riz, de maïs, de cassave et de légumes. Il y a relativement peu de bovins. Malgré la petite taille des exploitations, le manque de technologies appropriées et le peu de développement des marchés, la pauvreté est modérée (FAO 2001 et. col).

### **Système d'agriculture pérenne des hauts plateaux**

Le système d'agriculture pérenne des hauts plateaux se rencontre dans les ZAE humides et subhumides de l'Éthiopie, de l'Ouganda, du Rwanda et du Burundi. Avec plus d'une personne par hectare, il supporte la plus forte densité de population rurale. Les parcelles agricoles sont très petites et l'utilisation des sols est très intensive, 50 % des parcelles faisant moins de 0,5 ha. Les cultures pérennes telles que la banane, le plantain, la banane d'Abyssinie (*Ensete ventricosum*) et le café sont cultivés, complétés par la cassave, la patate douce, les haricots et les céréales. Des bovins sont élevés pour le lait, l'engrais, la dot, les économies et la sécurité sociale. Le système est affecté par une diminution de la taille des fermes, la fertilité déclinante des sols, un manque de technologies appropriées, une pauvreté croissante et la faim (FAO 2001 et. col).

### **Système tempéré des hauts plateaux**

Le système d'agriculture tempérée des hauts plateaux se rencontre dans les ZAE subhumides et humides, à des altitudes comprises entre 1800 et 3000 mètres, dans les hauts plateaux et les montagnes d'Éthiopie, et dans une moindre mesure en Érythrée, au Lesotho, en Angola, au Cameroun et au Nigeria. La taille moyenne des exploitations est restreinte tandis que les densités moyennes de population sont élevées. Les principales cultures sont les petites céréales telles que le blé et l'orge, complétées par des cultures de pois, de lentilles, de fèves, de colza, de teff (en Éthiopie) et de pommes de terre. Des bovins sont élevés pour le labourage, le lait, l'engrais, la dot, les économies et pour être vendus en cas d'urgence. Les principales sources de revenus sont la vente de moutons et de chèvres, de laine, de bière d'orge locale, de pommes de terre, de légumes secs et de graines oléagineuses. Les végétaux sont en général cultivés au cours d'une seule saison de culture, sauf dans certaines parties de l'Éthiopie, qui connaissent une seconde saison de culture, bien que plus courte.

Néanmoins, ce système d'agriculture est confronté à des problèmes majeurs. La fertilité du sol décline en raison de l'érosion et du manque de biomasse, et la production de céréales manque d'intrants. Les échecs de culture sont fréquents au cours des années froides et humides, et les gels précoces et tardifs à de hautes altitudes peuvent réduire les rendements d'une façon considérable. Les fermiers doivent survivre à une saison de famine entre la plantation et la principale récolte. La pauvreté est de modérée à généralisée (FAO 2001 et. col).

### **Système de production de plantes racines**

Le système de production de plantes racines est pratiqué dans des ZAE subhumides et humides. Il se rencontre de la Sierra Leone à la Côte d'Ivoire, au Ghana, au Togo, au Bénin, au Nigeria et au Cameroun. Du côté sud plus humide, le système se limite à l'arboriculture et à des systèmes d'agriculture basés sur la forêt. Du côté nord plus sec, le système se limite à des cultures mixtes de céréales/plantes racines. Des conditions et des systèmes similaires se rencontrent également au centre et au sud de l'Afrique, et du côté sud de la zone forestière, par exemple en Angola, en Zambie, au sud de la République de Tanzanie, au nord du Mozambique, et dans une petite région du sud de Madagascar.

La pluie tombant soit deux fois par an, soit presque continuellement, le risque de mauvaises récoltes est faible. Un grand nombre de bovins (17 millions) est élevé et la pauvreté est de limitée à modérée (FAO 2001 et. col).

### **Système d'agriculture mixte axé sur les céréales et les plantes racines**

Le système d'agriculture mixte axé sur les céréales et les plantes racines est pratiqué dans les ZAE sèches subhumides. Il se rencontre de la Guinée au Ghana, au Togo, au Bénin et dans la ceinture centrale du Nigeria jusqu'au nord du Cameroun, en passant par le nord de la Côte d'Ivoire. Des zones similaires existent au centre et au sud de l'Afrique. Le système est relativement similaire au système d'agriculture mixte axé sur le maïs, mais il en diffère par une altitude plus basse, des températures plus élevées, des densités de population plus basses, d'un plus grand nombre de ménages et d'infrastructures de transport et de communication moins bonnes.

Les céréales telles que le maïs, le sorgho et le mil sont cultivées lorsque la traction animale est disponible. Lorsque ce n'est pas le cas, en raison de la présence de la mouche tsétsé qui limite le nombre de bétail et empêche l'utilisation de la traction animale, la culture de plantes racines telles que l'igname et la cassave prédominent sur les céréales. En outre, une large variété d'autres végétaux est cultivée en alternance et vendue sur le marché. Le système est vulnérable à la sécheresse mais la pauvreté est limitée et son étendue est modeste (FAO 2001 et col).

Dans les systèmes de la partie nord de la région, une mécanisation de longue durée de la préparation des terres a entraîné une perte de la matière organique et de la structure du sol. Dans tous les systèmes, la fertilité du sol décline et son acidité augmente, parfois en association avec une utilisation prolongée de fertilisants inorganiques. Bien que la libéralisation des prix et la baisse des ratios d'intrants/extrants aient entraîné un déclin de l'application des fertilisants minéraux, les agriculteurs rencontrent des difficultés à maintenir la fertilité du sol, et des mauvaises herbes telles que *Striga gesnerioides*, une plante parasite, sont devenues plus difficiles à combattre (FAO 2001 et. col).

Depuis l'abandon des programmes agricoles gouvernementaux qui fournissaient des graines, des fertilisants et des produits agrochimiques aux agriculteurs, ces derniers ont trouvé risquant d'acheter des fertilisants et des produits agrochimiques. En conséquence, la productivité a baissé et on a assisté à une flambée des ravageurs et des maladies (FAO 2001 et. col).

### **Système d'agriculture mixte axé sur le maïs**

Le système d'agriculture mixte axé sur le maïs est le principal système de production vivrière à l'est et au sud de l'Afrique. Il se développe à des altitudes comprises entre 800 et 1500 mètres dans les régions montagneuses et les plateaux du Kenya et de la République de Tanzanie, jusqu'en Zambie, Malawi, Zimbabwe, Afrique du Sud, Swaziland et Lesotho. Le climat peut varier de sec subhumide à subhumide frais, et les pluies tombent en général une fois par an et dans certaines régions deux fois.

Les cultures sont des variétés locales et hybrides de maïs, et des végétaux mineurs tels que légumes à gousse et les graines oléagineuses, tant pour la subsistance que pour la vente. De plus, le café, le tabac, l'arachide et le tournesol y sont cultivés pour la vente.

Le bétail est très important car il est part intégrante du système de production. La force de traction des bœufs est utilisée pour préparer la terre et la bouse de bovin est recueillie pour servir d'engrais. Les animaux sont de plus en plus nourris à l'étable avec des déchets de culture additionnés de fourrage provenant d'arbres, de haies et de parcelles. Il convient de mentionner que bien que la densité de bétail soit relativement élevée dans ce système, la plupart des fermiers ne peuvent pas se permettre de posséder plus de deux bœufs et une vache à lait, avec peut-être un ou deux veaux ou génisses.

À l'est et au sud de l'Afrique, la production de maïs des petits exploitants était subventionnée par les gouvernements, qui fournissaient de fortes quantités de fertilisants inorganiques et des variétés de maïs hybrides. Avec la libéralisation des marchés et des prix, les subventions sur les intrants ne sont plus rentables. Depuis l'effondrement du crédit et des services de marché aux petits exploitants, ces derniers luttent pour s'adapter aux prix croissants des intrants et aux prix déclinants du maïs.

Il existe de grands écarts entre les niveaux de prospérité des agriculteurs. Les familles les mieux nanties possèdent de meilleures terres agricoles, de meilleures variétés de bétail et de plus grandes superficies de végétaux destinés à la vente. Les champs sont parfois irrigués dans les exploitations de moyenne et grande taille, et davantage de semences hybrides, de fertilisants et de produits agrochimiques sont utilisés. À l'inverse, les familles plus pauvres ne possèdent pas de terres ou seulement de petites parcelles (de moins de 0,5 ha), elles n'ont souvent pas de bétail (40 % de tous les ménages) ni de cultures de grande valeur, ni de revenus extra-agricoles. Ces fermiers souffrent souvent du manque de nourriture. La fertilité des sols décline tandis que son acidité augmente là où des fertilisants minéraux ont été appliqués de façon prolongée. La dégradation des terres s'étend et le rendement des cultures décline. La pauvreté chronique semble augmenter, accroissant à son tour les risques de famines désastreuses lors de sécheresse (FAO 2001 et. col).

### **Système des grandes exploitations commerciales et des petits exploitants**

Les grandes exploitations commerciales et les petites exploitations se rencontrent dans la partie nord de la République d'Afrique du Sud et dans la partie sud de la Namibie, dans des zones pour la plupart semi-arides et sèches subhumides. On distingue deux sortes d'exploitations : les petites exploitations dispersées et les grandes exploitations commerciales. Ces deux types d'exploitations gèrent un système de céréales-bétail, le maïs dominant au nord et à l'est, et le sorgho et le mil à l'ouest. L'élevage de bovins et de petits ruminants est aussi pratiqué. Toutefois, ce système d'agriculture souffre de sols pauvres et est enclin à la sécheresse. La prévalence générale de la pauvreté est modérée, mais il existe une pauvreté chronique et intensive parmi les familles de petits exploitants (FAO 2001 et. col).

### **Système d'agriculture agropastoral axé sur le mil/ sorgho**

Le système d'agriculture agropastoral axé sur le mil/sorgho se rencontre dans des ZAE semi-arides de l'ouest de l'Afrique, du Sénégal au Niger, ainsi que dans de vastes régions de l'est et du sud de l'Afrique, de la Somalie et de l'Éthiopie à l'Afrique du Sud. Le sol est habituellement préparé avec l'aide de bœufs ou de chameaux, ou avec une houe dans les parcelles situées le long des berges des rivières. Les principales sources d'aliments sont les cultures pluviales de sorgho et de mil perlé, qui sont rarement vendus. Le sésame et les légumes à gousse, qui sont également cultivés, sont pour leur part parfois vendus, contrairement au sorgho et au mil.

L'élevage du bétail est d'égale importance pour les fermiers. Un grand nombre de bovins (25 millions de bêtes), de moutons et de chèvre est élevé, et ce pour différentes raisons : pour la subsistance, car ils fournissent aux fermiers du lait et des produits laitiers, pour préparer la terre, dans le cas par exemple des bœufs et des chameaux, pour le transport, dans le cas des chameaux et des ânes, pour la reproduction, pour être vendus ou échangés, pour économiser, pour la dot, et comme assurance contre les mauvaises récoltes.

Le système est vulnérable à la sécheresse, qui entraîne des mauvaises récoltes, affaiblit les animaux et perturbe les ventes de biens tels que le bétail. Les précipitations ayant diminué au cours de ces deux dernières décennies, le rendement des cultures a diminué et l'arachide et le sorgho, qui parvient plus tard à maturité, ont été abandonnés. La fertilité des sols décline et de mauvaises herbes telles que *Striga gesnerioides* infestent les céréales et le dolique, tandis que d'autres ravageurs et maladies infestent le dolique et les arachides.

Le bétail souffre de courtes saisons sèches de pâturage et la traction animale, par exemple par les bœufs, (affectant directement la productivité agricole) décline. Un problème spécifique au système est l'endommagement des cultures par les oiseaux et les criquets. La pauvreté est généralisée et souvent forte (FAO 2001 et. col).

### **Système pastoral**

Les endroits dans lesquels on rencontre le système d'agriculture pastoral sont les vastes zones arides et semi-arides s'étendant de la Mauritanie aux parties nord du Mali, du Niger, du Tchad, du Soudan, de

l'Éthiopie, de l'Érythrée, du Kenya et de l'Ouganda. Des zones pastorales se rencontrent également dans les régions arides de la Namibie et dans certaines parties du Botswana et du sud de l'Angola. Le système est basé sur le bétail tel que bovins (21 millions), moutons, chèvres et chameaux. Pendant les mois les plus secs, les éleveurs sahéliens se déplacent vers le sud pour nourrir leurs troupeaux au sein du système mixte céréales/plantes racines, et ils retournent au nord pendant la saison des pluies. Le climat est extrêmement variable et la sécheresse est fréquente. La pauvreté est généralisée : les bergers perdent souvent la plupart de leurs animaux en raison de la sécheresse ou du vol, qui est une conséquence de la perte de bétail et de la pauvreté (FAO 2001 et col).

### **Système dispersé (aride)**

Le système d'agriculture dispersé se rencontre au Soudan, au Niger, au Tchad, en Mauritanie, au Botswana et en Namibie. Néanmoins, au sein de cette vaste région, seul 0,7 million d'hectares est cultivé. Souvent éparpillé et irrigué de façon traditionnelle, le système d'agriculture dispersé peut être considéré comme faisant partie du système pastoral, car il est utilisé dans la plupart des cas par des éleveurs pour compléter leurs moyens de subsistance. Au sein du système dispersé, le pâturage est limité. En raison de la faible densité de population et de la production potentielle limitée, le système d'agriculture dispersé est considéré comme étant d'une importance réduite. La pauvreté est extensive et souvent forte après les périodes de sécheresse (FAO 2001 et col).

### **Système de pêche côtière artisanale**

Le système de pêche côtière artisanale fournit de quoi vivre à 3 % de la population agricole, à l'exclusion des ménages dépendant de la pêche en eau douce. À l'est de l'Afrique, le système s'étend le long de la côte du Kenya au Mozambique, y compris les littoraux de Zanzibar, des Comores et de Madagascar. En Afrique de l'Ouest, il s'étend de la Gambie au sud jusqu'en Casamance, au Sénégal, plus loin le long de la côte d'Afrique de l'Ouest en passant par la Guinée Bissau, la Sierra Leone, le Liberia, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigeria, et du Cameroun au Gabon. La subsistance des gens vivant de ce système est basée sur la pêche avec des moyens traditionnels, complétée par la culture de végétaux. Les cultures poussent dans les jardins des maisons, qui sont parfois irrigués et préparés sur plusieurs étages, des plantes racines poussant par exemple en-dessous de cocotiers, ou des arbres fruitiers étant combinés à des anacardiers ou à du riz irrigué. Quelques animaux, par exemple de la volaille et des chèvres, sont également élevés. La pauvreté est modérée (FAO 2001 et. col).

### **Système urbain**

La population de production à base urbaine de l'Afrique sub-saharienne est estimée à plus de 200 millions d'habitants. Quelque 11 millions d'habitants des cités et des grandes villes sont des agriculteurs, ce qui est un nombre important. Le système d'agriculture urbain est très hétérogène. Il comprend la culture de légumes, l'élevage laitier et l'engraissement de bétail à petite échelle mais à forte intensité de capital, orientés vers le marché, et une agriculture à temps partiel par les pauvres des villes. Il existe toutefois des inquiétudes quant à la qualité de la nourriture et à l'environnement de l'agriculture urbaine (FAO 2001 et. col).