

UNIVERSITE DE LIMOGES
Faculté de Pharmacie

ANNEE 1991

THESE N° 15

**PLANTES MOLLUSCICIDES
ET BILHARZIOSE**

THESE

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

présentée et soutenue publiquement le 3 Juin 1991

par

Catherine TAURISSON

née le 8 Février 1966 à St-Pantaléon-de-Larche (Corrèze)

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur CHULIA PRESIDENT
Monsieur DREYFUSS, *Maître de Conférences* JUGE
Monsieur BONNIN, *Pharmacien* JUGE

UNIVERSITÉ DE LIMOGES

FACULTÉ DE PHARMACIE

- DOYEN DE LA FACULTÉ : Monsieur le Professeur **RABY**
- ASSESSEURS : Monsieur le Professeur **GHESTEM**
(1^{er} Assesseur)
Monsieur **DREYFUSS**,
Maître de Conférences (2^{ème} Assesseur)

PERSONNEL ENSEIGNANT

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

BENEYTOUT Jean-Louis	Biochimie
BERNARD Michel	Physique-Biophysique
BROSSARD Claude	Pharmacotechnie
BUXERAUD Jacques	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
CHULIA Albert	Pharmacognosie
CHULIA Dominique	Pharmacotechnie
DELAGE Christiane	Chimie Générale et Minérale
GALEN François Xavier	Physiologie
GHESTEM Axel	Botanique et Cryptogamie
GUICHARD Claude	Toxicologie
HABRIOUX Gérard	Biochimie Fondamentale
LEFORT des YLOUSES Daniel	Pharmacie Galénique
NICOLAS Jean Albert	Bactériologie et Virologie, Parasitologie
LOUDART Nicole	Pharmacodynamie
PENICAUT Bernard	Chimie Analytique et Bromatologie
RABY Claude	Pharmacie Chimique et Chimie Organique
TIXIER Marie	Biochimie

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE LA FACULTÉ - CHEF DES SERVICES
ADMINISTRATIFS

CELS René

A Monsieur CHULIA, Professeur des Universités de Pharmacognosie,

Qui m'a aidée et encouragée dans l'élaboration de cette thèse.

Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A Monsieur DREYFUSS, Maître de Conférences de Parasitologie,

Qui me fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Veillez trouver ici l'expression de mes remerciements pour l'intérêt que vous m'avez porté.

A Monsieur BONNIN, Pharmacien à Limoges,

Qui a bien voulu siéger dans mon jury.

Que cette thèse soit le témoignage de ma reconnaissance pour vos judicieux conseils, votre soutien et votre gentillesse.

A mes parents et à toute ma famille,

Pour votre soutien, votre patience et votre contribution à l'élaboration de ce travail.

Avec toute mon affection.

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 - RAPPELS SUR LA BILHARZIOSE

A • GENERALITES

B • HISTORIQUE

C • LES PARASITES RESPONSABLES

D • CYCLE DE DÉVELOPPEMENT

1. Début du cycle dans le milieu extérieur
 - 1.1. Stade miracidium
 - 1.2. Stades à l'intérieur du mollusque hôte intermédiaire
 - 1.3. Migration des cercaires hors du mollusque
2. Poursuite du cycle chez l'homme
 - 2.1. Pénétration des cercaires chez l'hôte définitif
 - 2.2. Migration des schistosomules
 - 2.3. Migration des vers adultes
 - 2.3.1. *Schistosoma mansoni*
 - 2.3.2. *Schistosoma haematobium*
 - 2.3.3. *Schistosoma japonicum*
 - 2.3.4. *Schistosoma intercalatum*

E • ÉPIDÉMIOLOGIE

1. Mode de contamination
2. Etude épidémiologique en fonction des différentes espèces de schistosomes
 - 2.1. *Schistosoma mansoni*
 - 2.1.1. Hôtes définitifs
 - 2.1.2. Hôtes intermédiaires
 - 2.1.3. Répartition géographique
 - 2.2. *Schistosoma haematobium*
 - 2.2.1. Hôtes définitifs
 - 2.2.2. Hôtes intermédiaires
 - 2.2.3. Répartition géographique

2.3. *Schistosoma japonicum*

2.3.1. Hôtes définitifs

2.3.2. Hôtes intermédiaires

2.3.3. Répartition géographique

2.4. *Schistosoma intercalatum*

2.4.1. Hôtes définitifs

2.4.2. Hôtes intermédiaires

2.4.3. Répartition géographique

F • PATHOGÉNIE

1. Phase d'invasion

2. Incubation

3. Phase toxémique

4. Phase de localisation

4.1. Bilharziose à *S. haematobium*

4.2. Bilharziose à *S. mansoni*

4.3. Bilharziose à *S. japonicum*

4.4. Bilharziose à *S. intercalatum*

G • DIAGNOSTIC

H • LUTTE CONTRE LA BILHARZIOSE

1. Définition des programmes de lutte

1.1. Objectifs

1.2. Stratégie de lutte

2. Les méthodes de lutte

2.1. Lutte au niveau de la population humaine

2.1.1. La chimiothérapie

2.1.1.1. Historique

2.1.1.2. Médicaments utilisés

a) Le métrifonate

b) L'oxamniquine

c) L'oltipraz

d) Le praziquantel

- 2.1.2. L'éducation sanitaire
- 2.1.3. La modification de l'environnement humain
- 2.1.4. Perspectives vaccinales
- 2.2. Lutte au niveau de la population mollusque hôte intermédiaire
 - 2.2.1. Contrôle biologique
 - 2.2.2. Contrôle environnemental
 - 2.2.3. Contrôle chimique

CHAPITRE 2 - PLANTES A VISÉE MOLLUSCICIDE

A • GÉNÉRALITÉS SUR LES MOLLUSCICIDES

B • HISTORIQUE DE L'UTILISATION DES PLANTES MOLLUSCICIDES

C • CONDITIONS A REMPLIR PAR UNE PLANTE POUR ÊTRE UTILISÉE COMME MOLLUSCICIDE

D • ÉTAPES DE L'ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ MOLLUSCICIDE D'UNE PLANTE

1. Sélection des plantes molluscicides
2. Évaluation de l'activité molluscicide en laboratoire
 - 2.1. Sélection préliminaire
 - 2.2. Sélection définitive
 - 2.3. Evaluation approfondie
3. Evaluation de l'activité molluscicide dans des conditions naturelles
 - 3.1. Effet du molluscicide sur la mortalité des escargots
 - 3.1.1. Essais dans des sites naturels simulés
 - 3.1.2. Essais dans des conditions naturelles isolées
 - 3.2. Effet du molluscicide sur la transmission de la bilharziose
 - 3.2.1. Examen des mollusques
 - 3.2.2. Cercariométrie
 - 3.2.3. Infestation d'animaux
 - 3.2.4. Surveillance de la population humaine
4. Etude toxicologique

E • CLASSIFICATION DES PLANTES MOLLUSCICIDES

1. Présentation des plantes molluscicides
2. Différentes classes chimiques de principes molluscicides
 - 2.1. Composés terpéniques et stéroïdiques
 - 2.1.1. Monoterpènes
 - 2.1.1.1. Généralités
 - 2.1.1.2. Plantes à monoterpènes
 - a) Genre *Lippia*
 - b) Genre *Eucalyptus*
 - c) Genre *Chenopodium*
 - 2.1.2. Diterpènes
 - 2.1.2.1. Généralités
 - 2.1.2.2. Plantes à diterpènes
 - a) Etude des Euphorbiacées
 - a.1) *Croton tiglium* L.
 - a.2) *Euphorbia lactea* Haw.
 - a.3) *Euphorbia royleana* Boiss.
 - a.4) *Jatropha curcas* L.
 - b) Etude des Composées
 - b.1) *Wedelia scaberrima* Benth.
 - b.2) *Baccharis trimera* Less.
 - 2.1.3. Sesquiterpènes
 - 2.1.3.1. Généralités
 - 2.1.3.2. Sesquiterpènes proprement dits
 - 2.1.3.3. Lactones sesquiterpéniques
 - a) Etude d'*Ambrosia maritima* L. (Composées)
 - a.1) Etude botanique
 - a.2) Etude molluscicide
 - a.2.1) Propriétés molluscicides
 - a.2.2) Principes molluscicides
 - a.2.3) Mécanisme de l'action molluscicide
 - a.2.4) Limites de l'utilisation d' *A. maritima*
 - b) Autres Composées molluscicides
 - 2.1.4. Saponosides stéroïdiques
 - 2.1.4.1. Généralités

2.1.4.2. Plantes à saponosides stéroïdiques

- a) *Balanites aegyptiaca* L. (Zygophyllacées)
 - a.1) Etude botanique
 - a.2) Etude molluscicide
 - a.2.1) Propriétés molluscicides
 - a.2.2) Principes molluscicides
 - a.2.3) Limites de l'utilisation de *B. aegyptiaca*
- b) *Cornus florida* L. (Cornacées)
 - b.1) Etude botanique
 - b.2) Etude molluscicide
 - b.2.1) Propriétés molluscicides
 - b.2.2) Principes molluscicides
 - b.2.3) Limites de l'utilisation de *C. florida*
- c) Genre *Asparagus* (Liliacées)
 - c.1) *Asparagus curillus* Buch. - Ham. ex Roxb.
 - c.2) *Asparagus plumosus* Baker
- d) *Agave sisalana* Perr. (Agavacées)
 - d.1) Etude botanique
 - d.2) Etude molluscicide
- e) Autres Agavacées molluscicides

2.1.5. Saponosides triterpéniques

2.1.5.1. Généralités

2.1.5.2. Plantes à saponosides triterpéniques

- a) *Phytolacca dodecandra* L'Hérit. (Phytolaccacées)
 - a.1) Etude botanique
 - a.2) Etude molluscicide
 - a.2.1) Propriétés molluscicides
 - a.2.2) Principes molluscicides
 - a.2.3) Relations de structure-activité
 - a.3) Toxicité de *P. dodecandra*
 - a.4) Autres propriétés de *P. dodecandra*
- b) *Hedera helix* L. (Araliacées)
- c) *Lonicera nigra* L. (Caprifoliacées)
- d) *Swartzia madagascariensis* Desv. (Légumineuses)
- e) *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Mimosacées)
- f) Autres plantes à saponosides triterpéniques

2.2. Alcaloïdes

2.2.1. Alcaloïdes proprement dits

2.2.1.1. Généralités

2.2.1.2. Plantes à alcaloïdes

2.2.2. Gluco-alcaloïdes

2.2.2.1. Généralités

2.2.2.2. Plantes à gluco-alcaloïdes

a) Famille des Solanacées

a.1) *Solanum nodiflorum* Jacq.

a.2) *Solanum mammosum* L.

a.3) *Lycopersicum esculentum* Mill.

b) *Digitalis purpurea* L. (Scrofulariacées)

2.3. Composés phénoliques

2.3.1. Quinones

2.3.1.1. Généralités

2.3.1.2. Plantes à naphthoquinones

a) *Diospyros usambarensis* A. Dc (Ebénacées)

b) *Drosera rotundifolia* L. (Droséracées)

c) Autres naphthoquinones

2.3.1.3. Plantes à anthraquinones

2.3.2. Acides-Phénols

2.3.2.1. Généralités

2.3.2.2. Plante à acides-phénols : *Anacardium occidentale* L. (Anacardiacées)

a) Etude botanique

b) Etude molluscicide

b.1) Propriétés molluscicides

b.2) Principes molluscicides

c) Etude toxicologique

2.3.3. Chalcones et flavonoïdes

2.3.3.1. Généralités

2.3.3.2. Plantes à flavonoïdes et chalcones

a) Genre *Polygonum* (Polygonacées)

a.1) Etude botanique

a.2) Etude molluscicide

a.2.1) Propriétés molluscicides

a.2.2) Principes molluscicides

a.3) Toxicité potentielle de *Polygonum senegalense*

- b) Autres plantes à flavonoïdes et chalcones
- 2.3.4. Roténoïdes
 - 2.3.4.1. Généralités
 - 2.3.4.2. Plantes à roténoïdes
 - a) *Derris elliptica* Benth. (Légumineuses)
 - b) *Tephrosia vogelii* Hook. (Légumineuses)
- 2.3.5. Tanins
 - 2.3.5.1. Généralités
 - 2.3.5.2. Plantes à tanins
 - a) *Acacia nilotica* (L.) Willd. (Légumineuses)
 - a.1) Etude botanique
 - a.2) Etude molluscicide
 - a.2.1) Propriétés molluscicides
 - a.2.2) Principes molluscicides
 - Découverte du T.A.N.
 - Etude chimique des principes molluscicides
 - Stabilité des principes molluscicides
 - b) Autres plantes à tanins
- 2.3.6. Coumarines et furocoumarines
 - 2.3.6.1. Généralités
 - 2.3.6.2. Plantes à coumarines et furocoumarines
 - a) *Ammi majus* L. (Ombellifères)
 - a.1) Etude botanique
 - a.2) Etude molluscicide
 - a.2.1) Propriétés molluscicides
 - a.2.2) Principes molluscicides
 - b) Rutacées à furocoumarines
 - c) *Aspergillus parasiticus*
 - 2.3.6.3. Toxicité des coumarines et furocoumarines
- 2.4. Iridoïdes
 - 2.4.1. Généralités
 - 2.4.2. Plantes à iridoïdes
 - a) *Olea europea* L. (Oléacées)
 - b) *Morinda lucida* Benth. (Rubiacees)
- 2.5. Isobutylamides
 - 2.5.1. Généralités
 - 2.5.2. Plantes à isobutylamides
 - 2.5.2.1. Famille des Composées
 - 2.5.2.2. *Fagara macrophylla* Engl. (Rutacées)

F • EFFET DE DIFFERENTS FACTEURS SUR LE POUVOIR MOLLUSCICIDE

1. Facteurs liés aux mollusques
 - 1.1. Taille des mollusques
 - 1.2. Stade de vie des mollusques

2. Facteurs liés à la plante molluscicide
 - 2.1. Variation qualitative et quantitative du matériel végétal
 - 2.2. Forme d'utilisation de la plante
 - 2.3. Nature du solvant extractif
 - 2.4. Temps d'exposition des mollusques

3. Facteurs environnementaux

CHAPITRE 3 - LUTTE CONTRE LES MOLLUSQUES VECTEURS DE LA BILHARZIOSE PAR LES PLANTES MOLLUSCICIDES : DIFFERENTES ETAPES D'UN PROGRAMME DE CONTROLE

1. Préparation du matériel végétal molluscicide
 - 1.1. Obtention des plantes molluscicides
 - 1.1.1. Plantes d'origine sauvage
 - 1.1.2. Plantes de culture
 - 1.2. Récolte des plantes
 - 1.3. Transformation
 - 1.3.1. Séchage
 - 1.3.2. Nettoyage
 - 1.3.3. Broyage
 - 1.3.4. Stockage
 - 1.4. Extraction du matériel végétal

2. Application du matériel végétal molluscicide
 - 2.1. Détermination de la quantité de matériel végétal à appliquer
 - 2.2. Différentes techniques d'application

2.3. Différents modes d'application

2.3.1. Application molluscicide large

2.3.2. Application molluscicide focale

2.4. Rythme des applications

3. Participation des communautés rurales locales

4. Exemples de programmes d'action molluscicide employant des plantes

CONCLUSION.

INTRODUCTION

La bilharziose, maladie parasitaire endémique qui touche 73 pays dans le monde (IAROTSKI et DAVIS,1981), affecte 200 millions de personnes environ, et un peu plus de 500 à 600 millions sont exposés à la menace de cette infection (WEBBE,1987). Cette maladie est à l'origine d'une morbidité et d'une mortalité élevées (800.000 décès par an [CAPRON,1989]), et elle se range pour cela au premier plan dans les préoccupations sanitaires de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), aux côtés de la malnutrition et de la tuberculose (DAVIS,1976).

Depuis de nombreuses années, l'O.M.S. essaye donc de définir une stratégie de lutte efficace ; mais la majorité des pays endémiques sont malheureusement des pays en voie de développement, ce qui rend cette lutte extrêmement complexe. En effet, la mise en place d'une stratégie de lutte est possible mais elle coûte cher, ce qui la met hors de portée de la plupart de ces pays d'endémie, pauvres et surendettés. C'est pourquoi l'O.M.S. encourage de plus en plus les recherches dans l'espoir de mettre au point des techniques efficaces et peu coûteuses.

Parmi les armes disponibles pour lutter contre la bilharziose, la chimiothérapie apporte une aide certes non négligeable. Cependant, les drogues antibilharziennes coûtent cher et de surcroît, elles peuvent entraîner des effets indésirables.

Un des moyens de lutte contre cette maladie consiste en un contrôle des mollusques transmettant le parasite. Pour cela, un grand nombre de molluscicides chimiques et synthétiques ont été mis au point, ne possédant pas guère plus d'avantages que les drogues antibilharziennes. Ces produits sont effectivement très coûteux et entraînent beaucoup de risques pour l'environnement.

Ainsi ces dernières décennies ont vu naître un regain d'intérêt pour les plantes possédant des propriétés molluscicides, comme substituts aux molluscicides synthétiques meilleur marché et dans l'ensemble beaucoup moins toxiques pour l'environnement.

De plus, l'utilisation de plantes à propriétés molluscicides libère les autorités des pays concernés de la nécessité d'employer une main-d'oeuvre qualifiée pour la manipulation de ces produits moins toxiques que les composés synthétiques.

Ainsi ces produits végétaux sont plus facilement utilisables par les populations locales elles-mêmes selon des techniques simples et des moyens modestes en accord avec le principe de l'auto-suffisance prôné par les pays en voie de développement.

Cependant, cette méthode de contrôle de la bilharziose ne peut être envisagée sans l'accompagnement d'un certain nombre d'autres mesures dont une éducation sanitaire de la population et une chimiothérapie de masse associée, l'ensemble reposant sur le principe de la lutte intégrée contre les grandes endémies.

Depuis la découverte de l'action de *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées), de nombreuses plantes se sont révélées molluscicides, mais leur emploi demeure aujourd'hui encore marginal malgré une réelle efficacité.

Cette étude se propose donc de présenter les différents aspects de la lutte préventive contre la bilharziose par le biais du contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de la maladie. Nous essayerons de définir la place accordée aux propriétés molluscicides des plantes au sein de l'arsenal des méthodes proposées.

CHAPITRE 1 - RAPPELS SUR LA BILHARZIOSE

A • GÉNÉRALITÉS

Il s'agit d'helminthoses qui, sauf dans quelques pays favorisés, sont en voie d'extension rapide dans les zones chaudes. Elles constituent l'un des plus difficiles problèmes de santé qui se posent au fur et à mesure de la mise en valeur de ces contrées. Jusqu'à aujourd'hui, elles paraissent la rançon inéluctable que l'homme doit payer au progrès. Il s'agit, en effet, d'affections graves, liées aux contacts inévitables entre l'homme et l'eau douce. Elles sont largement favorisées par l'accroissement de la densité humaine, le mépris des règles d'hygiène élémentaires, la création de grands barrages avec extension insouciante de réseaux d'irrigation non protégés, l'abus de pesticides et d'engrais qui introduisent dans les biocénoses aquatiques des facteurs redoutables de déséquilibre. (GOLVAN,1983)

Les agents sont des trématodes distomiens, c'est-à-dire des vers plats non segmentés.

* Rappel de la classification :

les helminthes regroupent un certain nombre d'animaux très variés :

- les sangsues
- les annelides
- les helminthes proprement dits :
 - > Plathelminthes = vers plats
 - Cestodes : vers plats segmentés
 - Trématodes : vers plats non segmentés
 - > Némathelminthes = vers ronds
 - Nématodes

Les bilharzioses sont des maladies liées à la présence de l'eau. L'infestation se fait uniquement par voie transcutanée, les bilharzioses sont fonction des rapports de l'homme avec l'eau et donc de son comportement professionnel ou ludique. Ces maladies sont présentes dans toutes les zones humides, en eau douce en pays tropical. On compte actuellement 200 millions de cas dans le monde (WEBBE,1987).

B • HISTORIQUE (GOLVAN, 1983)

Il est probable que les bilharzioses atteignent l'homme depuis des millénaires, mais elles ne sont devenues un problème inquiétant qu'à l'aube de l'Histoire, lorsque les grandes communautés d'êtres humains ont commencé de se former. C'est ainsi que le papyrus dit « Ebers », vieux de quelques 3.500 ans, décrit en détail les signes cliniques de la maladie telle qu'on la rencontre en Egypte. En 1910, RUFFER décrit des œufs typiques de schistosomes retrouvés dans l'appareil urinaire de deux momies égyptiennes datant de 1250 et 1000 avant Jésus-Christ.

Dès le Moyen-Age, les Arabes savaient que les caravaniers qui traversaient le Sahara du nord au sud, présentaient souvent des hématuries. Les chirurgiens de l'armée de Bonaparte eurent à soigner de nombreux cas d'une maladie appelée par le baron Larrey l'« hématurie d'Egypte ».

En 1845, le médecin japonais FUGII décrit remarquablement les symptômes qu'il observe chez ses compatriotes. Mais la découverte réelle du parasite ne se fait qu'en 1851 au Caire par l'allemand Théodor BILHARZ, qui découvre à l'autopsie, dans les vaisseaux du petit bassin, des vers qu'il nomme *Distomum haematobium*. Il observe bientôt que la morphologie des œufs varie selon l'organe où ils se rencontrent. Il affirme alors que les œufs appartiennent en fait à deux espèces différentes. Il faudra attendre encore un demi-siècle pour qu'en 1903, Patrick MANSON confirme qu'il s'agit bien de deux espèces, l'une à manifestations surtout urinaires, présente en Afrique et en Asie, et l'autre, à symptomatologie essentiellement digestive, que l'on rencontre en Afrique mais aussi en Amérique tropicale. Puis, en 1904, au Japon, Fujiro KATSURADA met en évidence *Schistosoma japonicum* chez le rat puis chez l'homme. Ainsi les trois principales espèces responsables de la maladie sont connues dès 1904. Il faudra attendre 1934 pour que la quatrième espèce *S. intercalatum* soit découverte.

Ce sont des chercheurs japonais qui élucidèrent les grandes étapes du cycle complexe des schistosomes. C'est à partir de 1910 que la notion capitale d'infestation par voie transcutanée est désormais acquise. On découvre alors les larves nageuses infestantes. En 1912, MIYAGAWA fait remarquer que ces larves sont des organismes déjà très complexes et évolués, et il en conclut qu'elles ont dû subir une maturation dans un organisme aquatique.

C'est à MIYAIRI et SUZUKI que revient le mérite de boucler complètement le cycle, en 1913. Ils suivent toute l'évolution des larves chez le mollusque du genre *Oncomelania*.

C • LES PARASITES RESPONSABLES

(GOLVAN, 1983 ; HOLLER et LAPIERRE, 1974)

D'un point de vue morphologique, on distingue 4 espèces parasites de l'homme:

- *Schistosoma haematobium*, agent de la bilharziose urinaire ;
- *Schistosoma mansoni*, agent de la bilharziose intestinale ;
- *Schistosoma intercalatum*, agent de la bilharziose intestinale et surtout rectale ;
- *Schistosoma japonicum*, agent de la bilharziose hépatosplénique (la plus grave).

Les vers adultes sont des parasites à sexe séparé ou parasites gonochoriques. Il existe un dimorphisme sexuel marqué entre le mâle et la femelle :

- les vers mâles sont les plus gros, mesurant 8 à 12 mm de long sur 1 mm de large. Ils présentent deux ventouses à l'extrémité antérieure. Le corps aplati est recourbé en gouttière pour former le canal gynécophore dans lequel vient se loger la femelle.
- les femelles sont cylindriques et filiformes, mesurant de 15 à 25 mm de long sur 0,3 mm de large. Ovipares, elles pondent des œufs embryonnés pourvus d'un éperon caractéristique, terminal ou latéral selon l'espèce (Fig.1).

En dehors des quatre principales espèces, il faut signaler que divers schistosomes adaptés à l'animal peuvent parfois causer des troubles chez l'homme, mais de façon exceptionnelle : il s'agit notamment de *Schistosoma bovis*, de *S. matthei*, et de *S. mekongi*, qui sont des parasites de bovins, ovins et caprins. Enfin divers schistosomes d'oiseaux tels que *Trichobilharzia ocellata*, parasite du canard, peuvent provoquer la dermatite des nageurs due à la pénétration du parasite dans la peau, mais ce milieu lui étant impropre, le ver meurt.

bilharzies (schistosomes) (œufs à éperon)

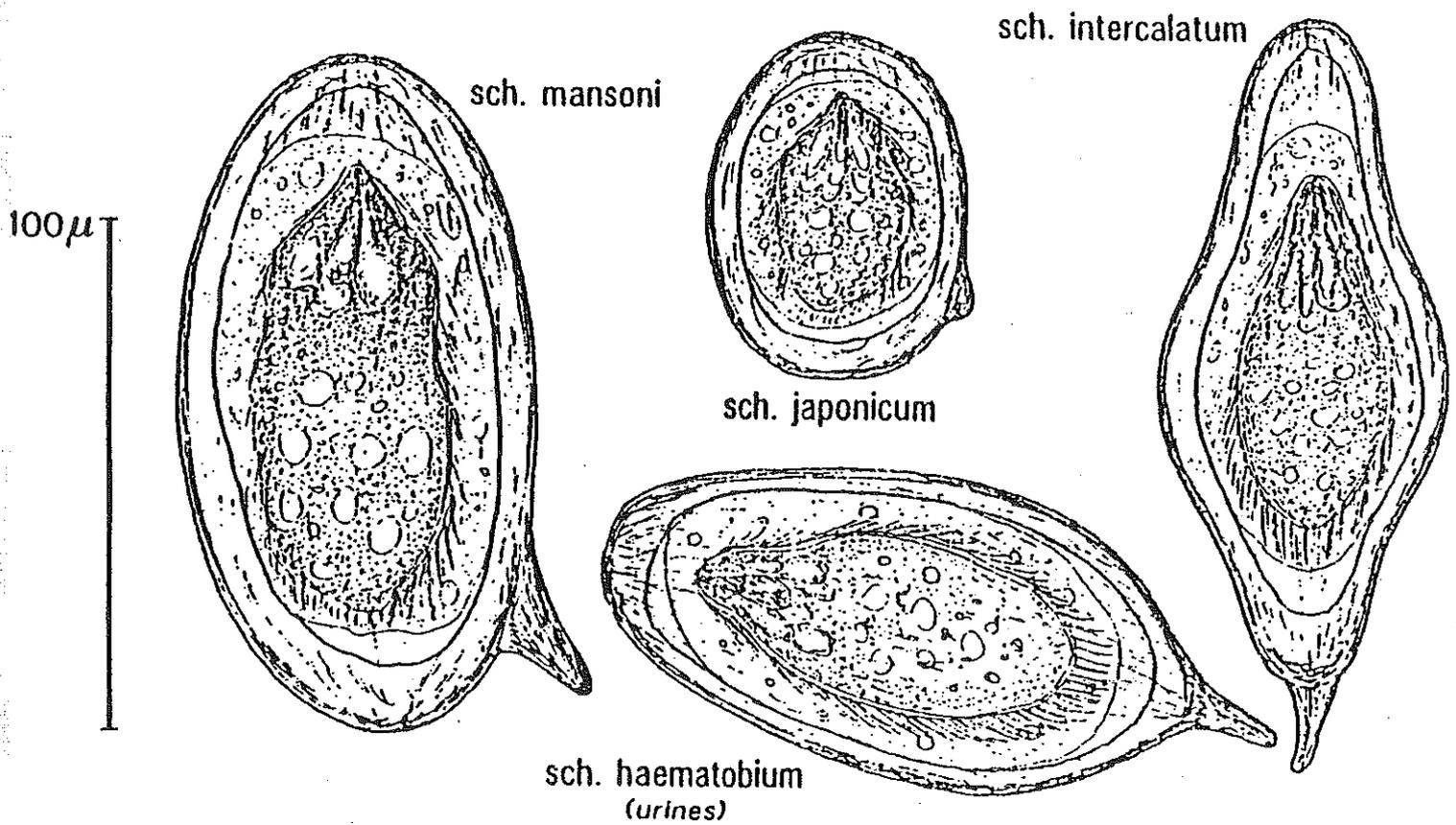


Figure 1. Morphologie des œufs de schistosomes. (HOLLER et LAPIERRE, 1974)

D • CYCLE DE DÉVELOPPEMENT DU PARASITE

Les schistosomoses ont en commun un cycle biologique qui fait intervenir deux hôtes successifs : l'homme et le mollusque.

1. Début du cycle dans le milieu extérieur :

1.1. Stade miracidium : (GOLVAN, 1983)

L'œuf éliminé de l'organisme de l'hôte définitif contient une larve : le miracidium. Cet œuf n'éclore que s'il tombe dans l'eau douce : ceci constitue le premier impératif. Là, lorsque la température est suffisante (20 à 26°C), l'œuf se gonfle, la membrane ovulaire se fend et le miracidium s'échappe. Il s'agit d'un petit organisme cilié de 200 à 250 µm. Il peut survivre environ 24 heures dans des conditions favorables de milieu. Il est attiré par de nombreux mollusques aquatiques. Il se fixe alors au tégument, puis s'enfonce en une dizaine de minutes et abandonne son revêtement cilié. Le point de pénétration est le plus souvent un tentacule, plus rarement le pied ou le manteau, voire l'orifice respiratoire.

1.2. Stades à l'intérieur du mollusque hôte intermédiaire : (GOLVAN, 1983)

Le second impératif est que le mollusque chez lequel le miracidium a pénétré soit celui qui, spécifiquement, permet la poursuite du développement ; sinon les larves meurent.

En quelques jours le miracidium se transforme en une masse cellulaire irrégulière, le sporocyste. Chaque mollusque ne permet l'évolution que de quelques sporocystes tout au plus, souvent d'un seul. A l'intérieur du sporocyste, des amas cellulaires bourgeonnent et, en deux semaines environ, ils vont se transformer en sporocystes-fils. Ces derniers migrent dans l'hépatopancréas du mollusque qu'ils atrophient en se ramifiant. C'est là que s'élaborent, toujours par bourgeonnement d'amas cellulaires, de nouvelles formes larvaires : les cercaires.

Les cercaires mesurent environ 500 µm de long. Dans les conditions optimales, il faut 2 à 3 semaines pour que les cercaires soient mûres, mais la durée s'allonge lorsque la température s'abaisse pour s'arrêter vers 15°C. Il est à noter également que les formes larvaires sont tuées lorsque la température de l'eau dépasse 30°C alors que le mollusque survit. Ceci explique que, dans certains biotopes stagnants et chauds (rizières, mares ensoleillées...), on rencontre des mollusques vecteurs en abondance mais jamais de schistosomes.

1.3. Migration des cercaires hors du mollusque : (GOLVAN, 1983)

Les cercaires quittent le sporocyste par un pore génital situé à une de ses extrémités, puis elles sortent immédiatement du corps du mollusque et passent dans l'eau. Cette émission, qui peut se poursuivre pendant plusieurs semaines, se produit dans des conditions bien déterminées de température et d'éclairage (28°C et flux lumineux important). Dans la nature, on a montré que la sortie débute plusieurs heures après le lever du soleil pour atteindre son maximum entre 12 et 13 heures et cesser avant le crépuscule.

Les cercaires possèdent une queue bifurquée (furcocercaires) et nagent à la surface de l'eau. Elles sont rapidement tuées lorsque la température du film superficiel atteint 30°C. Elles sont attirées par la peau des animaux, en particulier par certaines fractions de lécithines du sébum. Dans les meilleures conditions, elles peuvent survivre environ 48 heures mais, bien souvent, elles ne résistent pas plus de quelques heures.

2. Poursuite du cycle chez l'homme :

2.1. Pénétration des cercaires chez l'homme : (GOLVAN, 1983)

La pénétration des cercaires dans la peau se fait en quelques minutes dans la peau humide et semble plus rapide lors d'une exposition au soleil. Seule la portion antérieure s'enfonce tandis que la queue reste à la surface du tégument. Une fois parvenue au niveau du tissu conjonctif sous-cutané, la larve, qui ne peut franchir cet obstacle, va le longer jusqu'à ce qu'elle rencontre un vaisseau sanguin, ou mieux, lymphatique, dans lequel elle va pénétrer.

2.2. Migration des schistosomules : (GOLVAN,1983)

La partie antérieure de la cercaire est devenue une schistosomule qui va être entraînée jusqu'au poumon par le torrent circulatoire. Elle va y séjourner pendant une huitaine de jours avant de revenir au cœur gauche qui l'enverra, par la grande circulation, au foie. C'est là qu'elle deviendra adulte en une vingtaine de jours. Il se passera 5 à 8 semaines entre le bain contaminant et l'élimination des premiers œufs dans les excréments. Lorsque les défenses immunitaires sont bonnes, on assiste parfois à une migration massive des schistosomes adultes vers les poumons.

2.3. Migration des vers adultes : (GOLVAN,1983 ; BRUMPT,1970)

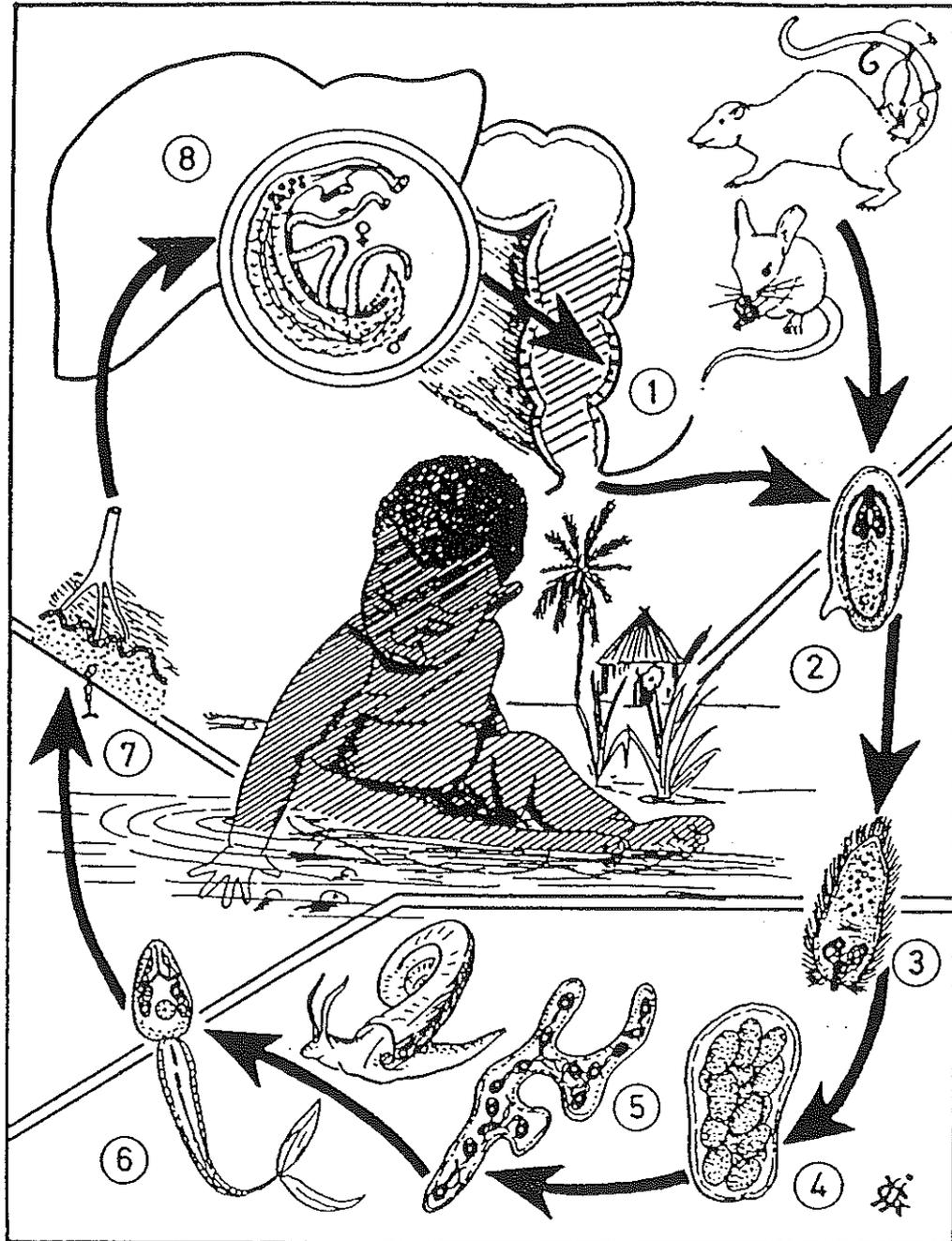
Elle est variable selon les espèces de schistosomes.

2.3.1. *Schistosoma mansoni* : (Fig.2)

Les adultes migrent surtout dans les ramifications de la veine mésentérique inférieure, mais peuvent aussi s'égarer dans d'autres branches du réseau porte. Leur longévité peut atteindre 25 ans.

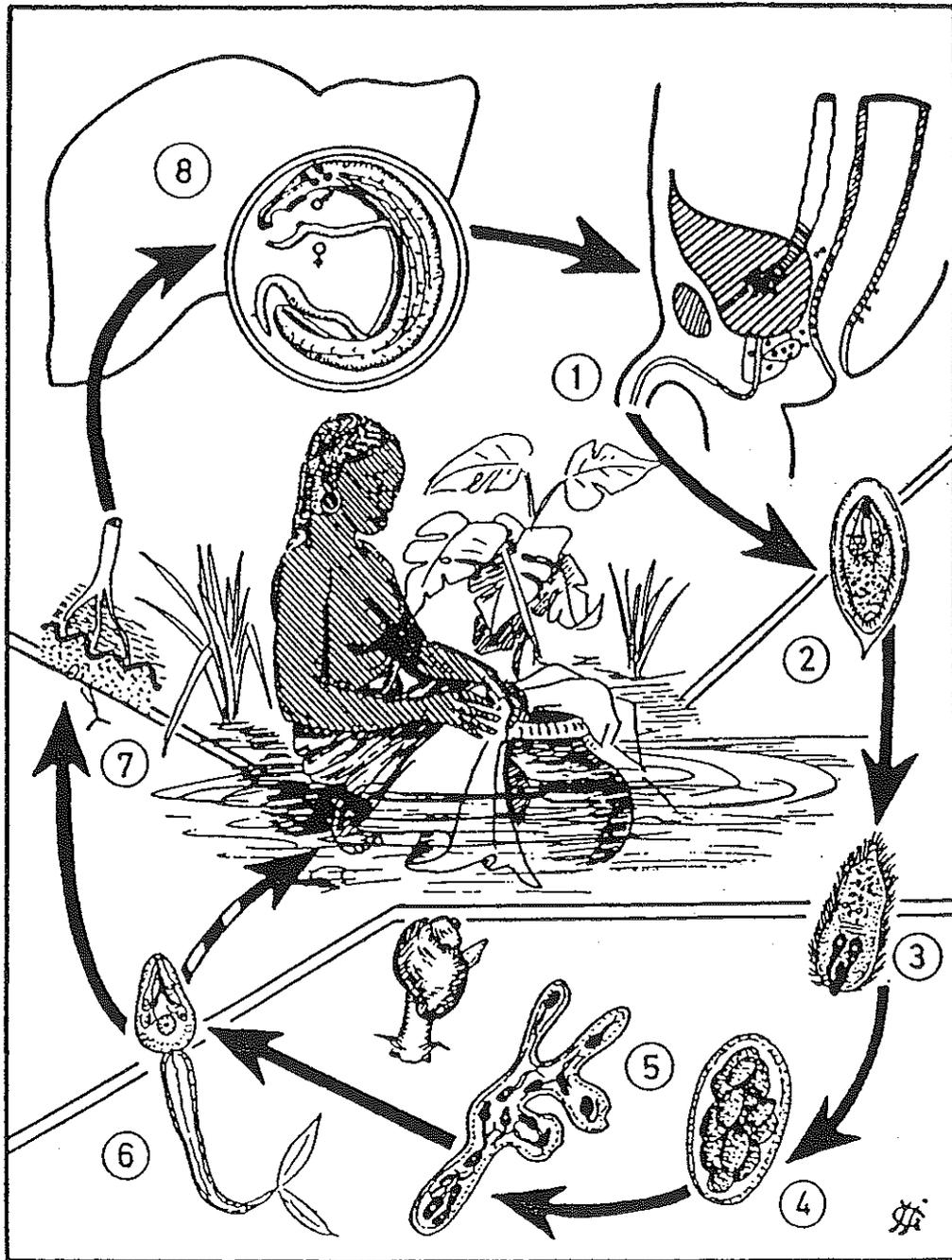
2.3.2. *S. haematobium* : (Fig.3)

Les couples de vers adultes migrent surtout dans les plexus périverésicaux et, au moins au début, on rencontre les cordons d'œufs surtout autour des méats urétéraux. Seuls les œufs qui tomberont dans la lumière vésicale et seront éliminés par cette voie parviendront à poursuivre leur évolution. Les autres, bloqués dans les tissus du petit bassin, seront détruits ou calcifiés. Il semble que, dans cette espèce, la femelle quitte le mâle pour aller pondre dans les veinules de très petit calibre. La longévité des adultes est considérable et peut atteindre 30 ans (92 ans dans un cas extrême).



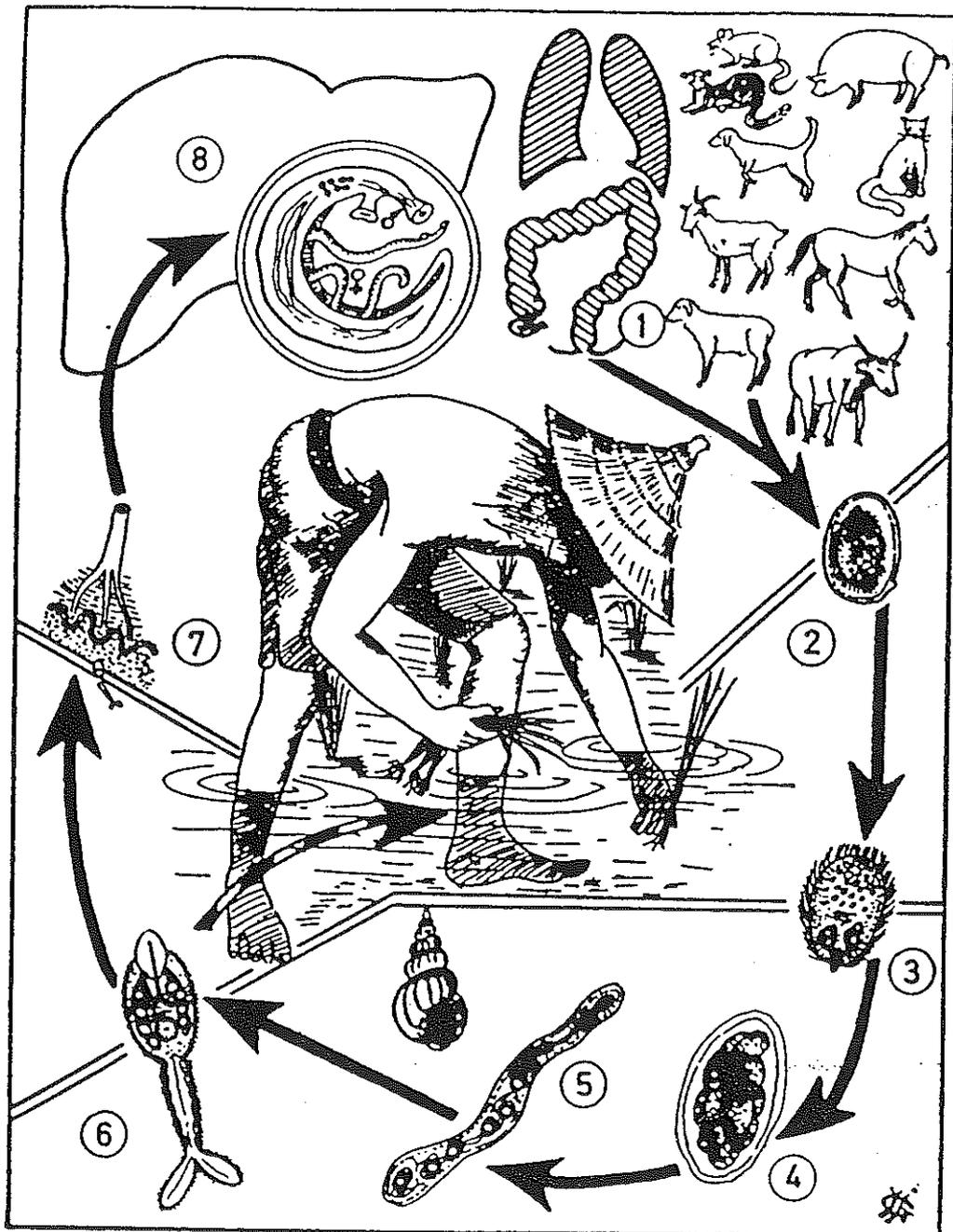
1. Les œufs embryonnés à la ponte sont éliminés dans les selles. 2. S'ils tombent dans l'eau, ils éclosent et libèrent 3. le miracidium qui pénètre chez le mollusque hôte-intermédiaire (*Biomphalaria*) dans l'organisme duquel il deviendra successivement : 4. un sporocyste dans lequel bourgeonnent des 5. sporocystes-fils qui donneront eux-mêmes des 6. cercaires qui quittent le mollusque 7. et pénètrent chez l'homme par voie transcutanée. 8. Ils sont véhiculés jusqu'au foie où ils deviennent adultes, les femelles gravides migrant vers les capillaires mésentériques pour pondre.

Figure 2. Cycle de développement de *Schistosoma mansoni*. (GOLVAN, 1983)



1. Les œufs embryonnés à la ponte sont éliminés dans les urines. 2. S'ils tombent dans l'eau ils éclosent et libèrent 3. le miracidium qui pénètre chez le mollusque hôte-intermédiaire (*Bulinus*) dans l'organisme duquel il devient successivement : 4. un sporocyste dans lequel bourgeonnent des 5. sporocystes-fils qui donneront eux-mêmes des 6. cercaires qui quittent le mollusque 7. et pénètrent chez l'homme par voie transcutanée. 8. Ils sont véhiculés jusqu'au foie où ils deviennent adultes, les femelles gravides migrant vers les capillaires périvésicaux (et ceux de tout le petit bassin) pour pondre.

Figure 3. Cycle de développement de *Schistosoma haematobium* (GOLVAN, 1983)



1. Les œufs embryonnés à la ponte sont éliminés dans les selles. 2. S'ils tombent dans l'eau, ils éclosent et libèrent le miracidium 3. qui pénètre chez le mollusque hôte-intermédiaire (*Oncomelania*) dans l'organisme duquel il deviendra successivement : 4. un sporocyste dans lequel bourgeonnent des 5. sporocystes-fils qui donneront eux-mêmes des 6. cercaires qui quittent le mollusque 7. et pénètrent activement chez l'homme par voie transcutanée. 8. Ils sont véhiculés jusqu'au foie où ils deviennent adultes. Ces adultes migrent vers les capillaires mésentériques et aussi les ramifications des artères pulmonaires.

Figure 4. Cycle de développement de *Schistosoma japonicum* (GOLVAN, 1983)

2.3.3. *S. japonicum* : (Fig.4)

Les couples vivent dans le sang veineux, aussi bien dans les réseaux porte hépatique ou cave que dans les artères pulmonaires. Les œufs sont pondus en n'importe quel point, mais seuls ceux qui parviendront à tomber dans la lumière intestinale et seront évacués par les selles poursuivront leur développement. La longévité des adultes varie selon l'hôte et elle est souvent fixée à 2 ans par les auteurs.

2.3.4. *S. intercalatum* :

Les adultes migrent dans les plexus périméridaux surtout. Les œufs sont éliminés dans les selles.

E • EPIDÉMIOLOGIE

1. Mode de contamination : (GOLVAN,1983)

Le mode de contamination est identique, quelles que soient les espèces de schistosomes en cause : la contamination s'effectue au cours d'un contact avec l'eau douce.

La transmission nécessite deux éléments essentiels :

- d'une part la dissémination des œufs par l'intermédiaire des excréments dans le milieu aquatique, d'où l'importance de l'hygiène collective ;

- d'autre part le contact entre l'homme et le parasite, qui s'effectue d'une manière générale par l'intermédiaire des bains, que ce soit au cours d'activités professionnelles (riziculteurs par exemple), domestiques (c'est le cas des femmes qui lavent le linge dans les rivières) ou ludiques (enfants qui se baignent dans les mares, les eaux stagnantes).

2. Etude épidémiologique en fonction des différentes espèces de schistosomes : (GOLVAN, 1983 ; HARANT et DELAGE, 1971)

2.1. *Schistosoma mansoni* :

2.1.1. Hôtes définitifs :

L'homme est, certes, l'hôte définitif le plus important, mais ce schistosome a aussi été trouvé, dans de nombreux foyers naturels, parasitant les rongeurs et, au Kenya, les primates. En Guadeloupe, on a montré qu'il existait des foyers purement murins avec des souches de *S. mansoni* adaptées au rat noir.

2.1.2. Hôtes intermédiaires : (Fig.5)

Les hôtes intermédiaires sont toujours des planorbes du genre *Biomphalaria*. Citons, pour l'Afrique, *Biomphalaria pfeifferi* et *B. alexandrina*, et, pour l'Amérique, *B. glabrata* et *B. straminea*. Plusieurs espèces de planorbes qui n'ont jamais été trouvées infectées dans la nature sont expérimentalement réceptives et représentent donc un danger potentiel d'extension (en Amazonie par exemple).

2.1.3. Répartition géographique : (Fig.6.1)

S. mansoni est l'agent d'une bilharziose africano-américaine. La parasitose est, en effet, absente d'Asie à l'exception de quelques cas accidentellement importés. L'aire de répartition couvre pratiquement toute l'Afrique au sud du Sahara (Soudan, Ethiopie, Ouganda, Zambie, Kenya, Tanzanie...) avec un prolongement tout le long de la vallée du Nil, jusqu'au delta compris. Elle se rencontre aussi en Arabie Saoudite et à Madagascar. Il semble bien que ce soit à partir du foyer africain que *S. mansoni* ait été introduit en Amérique lors de la traite des esclaves. Tout le nord du continent sud-américain est atteint, en particulier le Vénézuéla et le Brésil, jusqu'à sa frontière avec l'Argentine.

Parmi les départements d'outre-mer, seules la Martinique et la Guadeloupe sont atteintes alors que la Réunion et la Guyane sont indemnes.

2.2. *Schistosoma haematobium* :

2.2.1. Hôtes définitifs :

L'homme représente le seul hôte définitif actuellement connu.

2.2.2. Hôtes intermédiaires : (Fig.5)

Ce sont surtout des Bullins et des *Physopsis* (mollusques à coquille sénétre). On peut citer comme exemple *Bulinus truncatus*. Il s'agit de mollusques aquatiques de petite taille, ramassés en forme de boule.

2.2.3. Répartition géographique : (Fig.6.2)

S. haematobium sévit dans presque toute l'Afrique. Les principales zones d'endémie sont la Vallée du Nil, l'Afrique de l'Ouest et le sud de l'Afrique. Par contre elle est moins fréquente en Afrique Equatoriale et en Afrique du Nord où de petits foyers existent en Tunisie, au Maroc et en Algérie. De là, elle déborde sur le Proche et le Moyen-Orient jusqu'à la frontière irano-afghane et pousse quelques pointes en Europe méridionale (Grèce, Chypre, Portugal). Elle a même été introduite en Australie, mais elle n'a pas réussi à s'y maintenir. De même en Amérique intertropicale, où elle a été introduite à maintes reprises par les Africains déportés, elle n'a vraisemblablement pu trouver d'hôtes intermédiaires réceptifs, contrairement à *S. mansoni*. On rencontre également *S. haematobium* à l'ouest de Madagascar, à la Réunion et à l'île Maurice.

2.3. *Schistosoma japonicum* :

2.3.1. Hôtes définitifs :

Cette espèce s'accommode pratiquement de n'importe quel mammifère. Elle parasite donc indifféremment l'homme et tous les mammifères domestiques ou sauvages avec lesquels elle peut entrer en contact.

2.3.2. Hôtes intermédiaires : (Fig.5)

Les mollusques hôtes sont des Prosobranches appartenant au genre *Oncomelania* (coquille de petite taille, en cône court), mais d'autres Prosobranches sont réceptifs, en particulier en Amérique Centrale et Septentrionale.

2.3.3. Répartition géographique : (Fig.6.3)

S. japonicum sévit au Japon, en Chine (depuis la vallée du Yang-Tsé jusqu'aux provinces du Yunnan du Sud), à Formose, aux Philippines. Il existerait quelques foyers assez limités en Thaïlande, au Laos et au Cambodge. Dans cet immense empire, elle n'occupe guère que les régions basses.

2.4. *Schistosoma intercalatum* :

2.4.1. Hôtes définitifs :

Il s'agit essentiellement des animaux, accessoirement de l'homme.

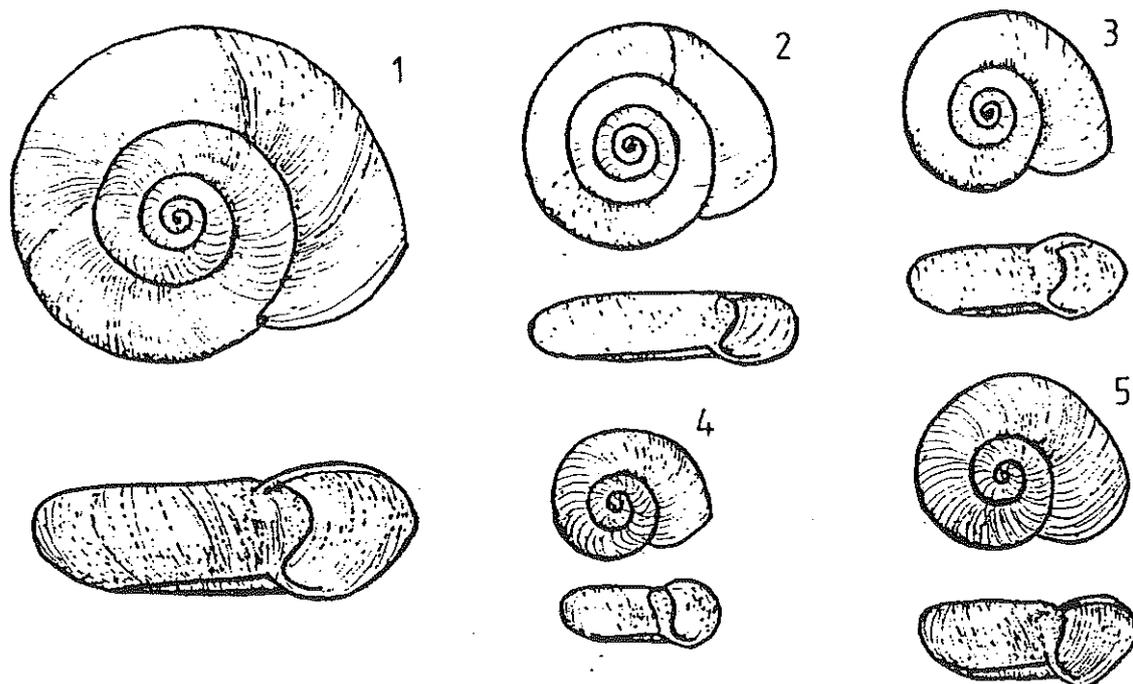
2.4.2. Hôtes intermédiaires : (Fig.5)

L'hôte intermédiaire est surtout *Physopsis (Bulinus) africanus*.

2.4.3. Répartition géographique :

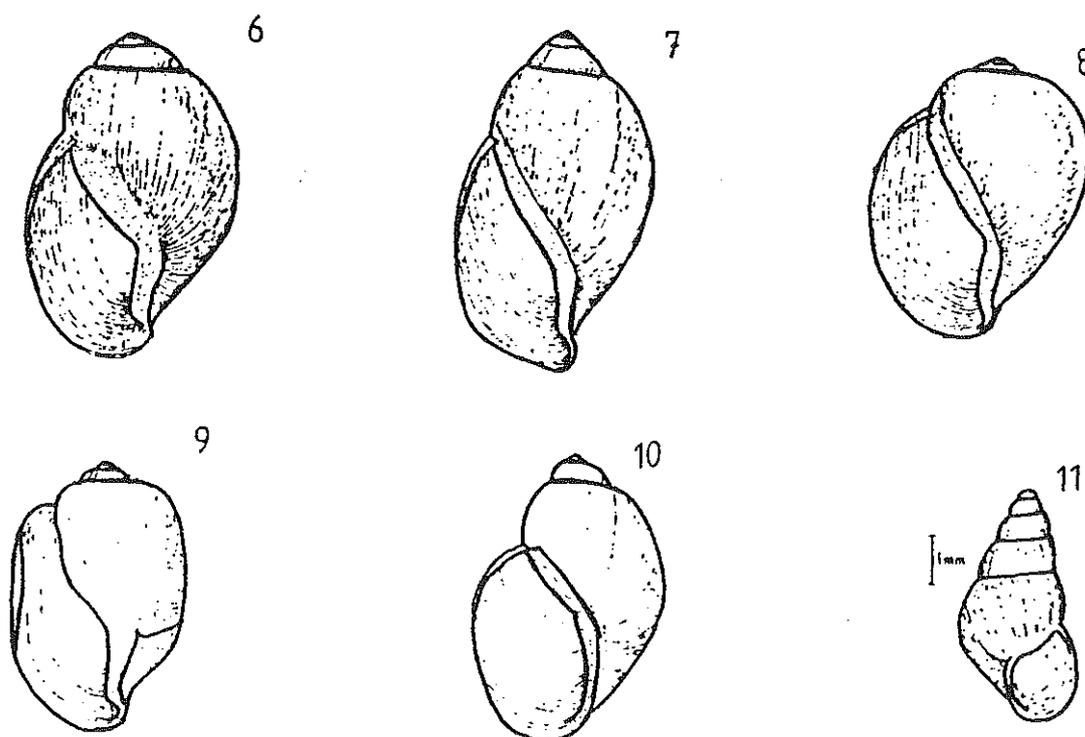
S. intercalatum est localisé à l'Afrique centrale et occidentale. Signalé d'abord au Zaïre, il paraît être en extension puisqu'on l'a identifié au Gabon, au Cameroun, en Haute-Volta et même au Sénégal. Il paraît douteux qu'il existe, comme on l'a prétendu, en Egypte.

Les cartes qui suivent permettent de visualiser les zones de propagation des trois principaux agents de schistosomose chez l'homme (Fig.6). Mais la cartographie a ses limites car elle ne permet pas de faire apparaître la prévalence ou taux d'infestation dans aucun des secteurs étudiés où la schistosomose est présente ; pourtant il existe de grandes variations de l'infestation à l'intérieur des états. (CHEUNG et al,1983)



Hôtes intermédiaires de *Schistosoma mansoni* :

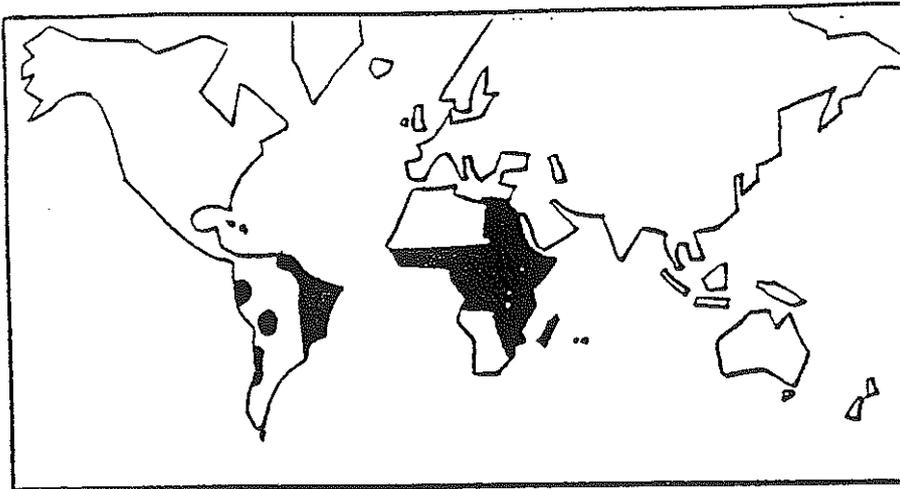
1. *Biomphalaria glabrata* (= *Australorbis glabratus*) ; 2 *B. sudanica* ; 3. *B. alexandrina* ; 4. *B. straminea* (= *Tropicorbis stramineus*) ; 5. *B. pfeifferi*.



Hôtes intermédiaires de *S. haematobium* et de *S. japonicum* :

6. *Bulinus* (*Physopsis*) *africanus* ; 7. *B.* (*Phys.*) *nasatus* ; 8. *B.* (*Phys.*) *globosus* ; 9. *B.* (*Phys.*) *abyssinicus* ; 10. *B.* (*Bulinus*) *truncatus* ; 11. *Oncomelania quadrasi*.

Figure 5. Principaux mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes.
(W.H.O., 1967)

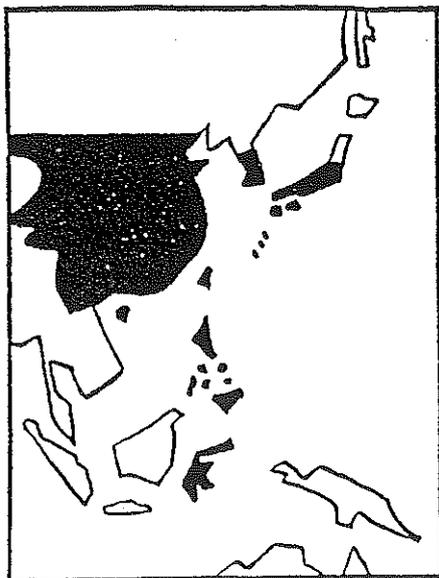


1. Répartition géographique de la bilharziose à *Schistosoma mansoni*.



2. Répartition géographique de la bilharziose à *S. haematobium*.

Noter que si elle reste localisée à l'Ancien Monde, elle couvre un territoire plus étendu que celui de *S. mansoni*.



3. Répartition géographique de la bilharziose à *S. japonicum*.

Figure 6. Distribution géographique des trois principaux agents de bilharziose humaine. (GOLVAN, 1983)

F • PATHOGENIE DE LA BILHARZIOSE (BRUMPT, 1970 ; HARANT et DELAGE, 1971)

Les trois premières phases du tableau clinique sont semblables pour toutes les espèces de schistosomes. Quant à la phase d'état, elle sera différente selon le point de migration des vers adultes.

1. Phase d'invasion :

Elle intervient au cours du bain infectant ; elle passe souvent inaperçue, sauf avec *S. japonicum* où l'on note un érythème prurigineux au point de pénétration des cercaires, que l'on appelle dermatite des nageurs.

2. Incubation :

Dans tous les cas, cette incubation reste silencieuse et aucun symptôme n'est rapporté. La durée de cette phase est variable selon les espèces : 3 à 4 semaines pour *S. mansoni* ; 2 à 3 semaines pour *S. japonicum* ; 1 à 3 mois pour *S. haematobium*.

3. Phase toxémique :

Elle correspond en fait à la phase aiguë de la maladie. Les signes cliniques ne s'observent que si l'infestation est massive, et ils sont assimilés à un syndrome infectieux non spécifique.

On note en effet une fièvre accompagnée de céphalées, de sueurs, de malaise général, de diarrhée, d'arthralgies et de myalgies ; des signes pulmonaires avec une dyspnée, une toux, des douleurs thoraciques (signes liés au passage des schistosomes dans les poumons) ; un syndrome allergique qui se manifeste par de l'urticaire, des œdèmes fugaces de la peau et des muqueuses ; enfin une hépatomégalie traduisant une hépatite aiguë anictérique.

Sur le plan biologique, on observe une hyperleucocytose avec une éosinophilie devenant très élevée.

4. Phase de localisation :

Elle correspond à la phase chronique de la maladie ; elle est liée à la migration des vers adultes dans les différents tissus de l'organisme et diffère donc selon l'espèce de schistosome en cause.

La date d'apparition des premiers symptômes est très variable, soit précoce au bout de deux mois, soit tardive après plusieurs années.

4.1. Bilharziose à *S. haematobium* :

Il s'agit de la bilharziose génito-urinaire. Elle se traduit par une atteinte de la vessie surtout. Le signe principal est une hématurie, présente dans 80% des cas, si fréquente que dans certains pays d'Afrique elle est considérée comme physiologique dans le développement de l'enfant.

Souvent isolée, elle s'accompagne parfois de signes de cystite : douleurs sus-pubiennes, ténesme vésical avec pollakiurie, sensation de brûlure à la miction, pyurie.

Progressivement, on observe une complication ascendante par calcification progressive des uretères avec un retentissement rénal important à type d'insuffisance rénale aiguë dans un premier temps, qui devient très vite chronique. Puis on note une atteinte génitale dont la conséquence sera une stérilité à moyen terme, frappant plus volontiers l'homme.

4.2. Bilharziose à *S. mansoni* :

S. mansoni est l'agent de la bilharziose intestinale, qui se manifeste par un syndrome intestinal aigu avec diarrhée qui évolue favorablement. Cependant l'atteinte hépatosplénique fait toute la gravité de la bilharziose intestinale. Sa fréquence varie selon les pays. Elle est due à une fibrose au niveau des veines hépatiques qui limite la souplesse vasculaire. La conséquence est une hypertension portale, une hépatosplénomégalie.

4.3. Bilharziose à *S. japonicum* :

On l'appelle bilharziose artério-veineuse ou maladie de Katayama (ville du Japon où fut décrite la maladie). Elle est semblable à la bilharziose à *S. mansoni*, mais avec une évolution beaucoup plus rapide, plus grave et fertile en

complications. On note des manifestations hépatospléniques précoces, très nettes, une hypertension portale. La conséquence principale est un risque hémorragique digestif, voire une rupture d'anévrisme mésentérique, et une insuffisance hépatique aiguë.

La bilharziose à *S. japonicum* est donc la bilharziose la plus grave.

4.4. Bilharziose à *S. intercalatum* :

Il s'agit de la bilharziose rectale. Les manifestations sont très voisines de celles de *S. mansoni*, mais l'aspect général est volontiers plus sévère. A terme, on observe des manifestations surtout rectales avec une fibrose rectale et sigmoïde, et une atteinte génitale par proximité dont la conséquence est une stérilité.

G • DIAGNOSTIC DES BILHARZIOSES (BRUMPT, 1970)

Le diagnostic des bilharzioses, orienté par les signes cliniques et par des notions précises de géographie médicale, est confirmé par la constatation directe des œufs dans les excréments ou indirectement par des méthodes immunologiques.

Les œufs de schistosomes sont recherchés dans les urines (*S. haematobium*) ou dans les selles (*S. mansoni*, *S. intercalatum*, *S. japonicum*).

La recherche biopsique des œufs peut également être pratiquée. Alors que la biopsie vésicale est très rare, la biopsie rectale est une excellente technique de diagnostic des quatre bilharzioses.

H • LUTTE CONTRE LA BILHARZIOSE

1. Définition des programmes de lutte :

1.1. Objectifs : (W.H.O., 1973 ; W.H.O., 1980)

Vers les années 1960, l'usage quasi-exclusif des molluscicides de synthèse était la règle, mais les progrès des connaissances dans ce domaine ont peu à peu

conduit à recourir à plusieurs méthodes de lutte à la fois dont : la chimiothérapie de masse, l'éducation sanitaire et l'emploi de molluscicides. La lutte intégrée est donc l'association de plusieurs méthodes, et l'O.M.S. la définit comme étant une lutte contre la maladie au niveau de la population humaine et contre la transmission au niveau du cycle biologique dans le but d'obtenir l'éradication de la maladie. Mais l'expérience montra que les objectifs ainsi définis étaient irréalisables dans la plupart des pays endémiques car cette forme de lutte nécessitait des moyens financiers et des ressources humaines qui n'étaient pas à leur portée.

Depuis l'O.M.S. est revenu vers des objectifs plus modestes mais parfaitement réalisables, c'est-à-dire réduire le nombre de sujets atteints et atténuer la gravité de l'infection.

Dans la pratique, les difficultés à surmonter sont énormes, car la mise en place d'un programme de lutte est toujours complexe et coûteux, d'autant plus qu'on assiste à une hausse constante du coût des molluscicides de synthèse depuis une dizaine d'années. Il faut garder à l'esprit que les moyens de lutte sont nombreux et les objectifs variés ; de ce fait il est impossible de proposer pour tous les pays les mêmes objectifs, car il n'existe pas de programme standard ; la lutte sera toujours une entreprise à long terme et les résultats ne pourront être obtenus qu'après de nombreuses années d'efforts continus. (MOTT,1984)

1.2. Stratégie de lutte : (W.H.O.,1980)

L'organisation d'un programme de lutte passe par trois grandes phases, qui sont :

- Phase 1 :

A ce stade, il est nécessaire de recueillir des données épidémiologiques qui apporteront tous les éléments nécessaires à l'élaboration d'une stratégie.

L'enquête épidémiologique en zone d'endémie fournira des données sur la sociologie, les modalités de transmission au sein de la collectivité, les structures de l'économie locale, mais aussi sur les ressources financières et humaines disponibles pour engager une lutte. Cette enquête permettra de déterminer

l'intensité de l'infestation, la gravité de l'infection, les aires géographiques de distribution de la maladie ; elle permettra en outre de préciser les conditions de mise en œuvre d'une chimiothérapie de prévention. Elle fournira également des renseignements d'ordre malacologique qui permettront d'apprécier l'opportunité d'un traitement molluscicide éventuel ; elle précisera les limites géographiques des mollusques, leur identification précise, leurs caractères biologiques et si possible leur taux d'infestation. Enfin, elle apportera des informations géoclimatiques qui sont nécessaires au choix d'un molluscicide et de la méthode d'application de ce molluscicide.

- Phase 2 ou phase d'intervention active :

Elle consiste à appliquer intensivement la stratégie choisie tout en évaluant au fur et à mesure les résultats obtenus.

- Phase 3 ou phase de suivi :

Cette phase est généralement longue car elle consiste à prendre les mesures nécessaires pour consolider les résultats acquis. Lors de cette phase on s'attachera à appliquer une surveillance régulière et à traiter les cas résiduels. Les moyens financiers et humains mis en œuvre sont en principe moins importants que pour la phase précédente.

2. Les méthodes de lutte :

On distingue deux grands types de méthodes pour la lutte contre les schistosomoses :

- une lutte au niveau de la population humaine, lutte qui vise à éliminer la dissémination des œufs dans la nature ; cette lutte s'effectue au moyen de la chimiothérapie de masse, d'une éducation sanitaire des populations, d'une modification de l'environnement humain ;

- une lutte au niveau du mollusque hôte intermédiaire de la maladie par des moyens biologiques, chimiques ou environnementaux.

2.1. Lutte au niveau de la population humaine :

2.1.1. La chimiothérapie :

2.1.1.1. Historique :

(WARREN, 1987 ; WEBBE, 1987)

La première drogue antibilharzienne majeure fut le tartrate émétique, découverte au Soudan anglo-égyptien en 1916. Mais il a fallu attendre une dizaine d'années pour s'apercevoir qu'il s'agissait en réalité d'une drogue létale, qui demandait de surcroît de multiples injections intraveineuses.

Puis jusqu'au milieu des années 1960, on utilisa des drogues antimoniales trivalentes et pentavalentes qui, malheureusement, s'avérèrent aussi toxiques que la précédente. On a même été jusqu'à dire qu'on avait certainement tué plus de personnes avec ces drogues que par la bilharziose elle-même.

Durant les quinze dernières années, on a pu assister à des progrès considérables dans la chimiothérapie antibilharzienne, et plusieurs drogues sont devenues disponibles. Leur efficacité curative a été considérablement améliorée par rapport aux drogues anciennes et les effets indésirables du traitement ont été réduits aussi bien en fréquence qu'en sévérité. C'est ainsi que sont apparus le niridazole (AMBILHAR*), le mésylate d'hycanthone (ETRENOL*), le métrifonate (BILARCIL*), l'oxamniquine (VANSIL*) et le praziquantel (BILTRICIDE*). Parmi ceux-ci, seuls le mésylate d'hycanthone et le niridazole sont un peu tombés en désuétude, le premier en raison d'une hépatotoxicité marquée et le second à cause d'une mauvaise tolérance par le système nerveux central, ce qui rendait obligatoire l'hospitalisation des patients à traiter.

2.1.1.2. Médicaments utilisés :

(WEBBE, 1987 ; GOLVAN, 1983)

a) Le métrifonate :

Son nom commercial est le BILARCIL*, commercialisé par le laboratoire BAYER AG. Il se présente sous forme de comprimés dosés à 100 mg. Il est très efficace contre *S. haematobium*, et il a une certaine efficacité contre *S. mansoni*, bien qu'il ne soit généralement pas utilisé contre cette espèce.

Il s'agit d'un composé organophosphoré qui agit donc par une action anticholinestérasique. On donne généralement 7,5 mg par kg en une prise unique, mais il faut répéter cette cure trois fois au cours d'une même année. Sa tolérance est généralement très bonne. Les rares effets indésirables sont des nausées, des vomissements, des coliques, une faiblesse musculaire, des vertiges, des sueurs, des évanouissements et plus rarement des diarrhées. Il est donc intéressant pour les traitements de masse visant à interrompre la contamination des collections d'eau par les œufs éliminés dans les urines des porteurs.

Il faut noter que le traitement est déconseillé pendant la grossesse, qu'il existe une synergie avec les autres composés organophosphorés (pesticides et insecticides qu'utilisent les agriculteurs).

Les pourcentages de guérison obtenus sont de l'ordre de 40 à 60%.

b) L'oxamniquine :

Son nom commercial est le VANSIL*, commercialisé par le laboratoire PFIZER INC. Il se présente sous forme de gélules dosées à 250 mg et de sirop contenant 50 mg par ml. Il est surtout actif sur *S. mansoni* et sans doute à un bien moindre degré, sur *S. intercalatum*.

Il s'agit d'une hydroxyméthyl-quinoléine. La posologie est de 15 mg par kg. Par exemple, chez l'adulte, on donne 2 gélules, à deux reprises, dans la même journée.

L'oxamniquine est bien tolérée, plus particulièrement si elle est donnée après un repas. Les effets secondaires les plus fréquents sont des vertiges, une somnolence et des maux de tête ; pour cela il est préférable d'hospitaliser les patients pendant 24 heures. On a plus rarement décrit des hallucinations, une excitation psychique ainsi que de rares cas de crises épileptiformes (c'est la raison pour laquelle on s'abstiendra de le prescrire lorsqu'il existe des antécédents de comitialité). On l'évite également pendant la grossesse et l'allaitement. Occasionnellement, une coloration rouge-orangée de l'urine a été observée après le traitement.

Des pourcentages de guérison de 60 à 85% ont été obtenus à court terme, mais à plus longue échéance (1 an), on observe souvent une reprise de la ponte des femelles.

c) L'oltipraz (35972 R.P.) :

Ce produit n'est pas encore commercialisé. Il semble dépourvu de toxicité tant immédiatement qu'à long terme. Il donne cependant quelques troubles digestifs sans gravité lorsqu'on l'utilise à trop forte dose quotidienne. Sa tolérance et son efficacité sont meilleures lorsqu'il est administré au cours des repas.

Les schémas thérapeutiques suivants ont été proposés:

- pour *S. haematobium*, on donne 25 mg par kg et par 24 heures pendant deux jours consécutifs (pour un adulte par exemple, 1,50 g administré en 3 prises quotidiennes pendant 2 jours consécutifs) ;
- pour *S. mansoni*, on peut utiliser le même protocole bien qu'une dose de 1,50 g semble suffisante pour obtenir la disparition des œufs dans les selles ;
- pour *S. intercalatum*, cette dose de 1,50 g semble suffire.

Toutefois, ici encore, il semble bien que la destruction des vers adultes ne soit ni totale ni définitive, et les biopsies rectales, pratiquées après des délais d'un an permettent souvent de retrouver des œufs vivants dans la muqueuse.

d) Le praziquantel :

Son nom commercial est le BILTRICIDE*, commercialisé par le laboratoire BAYER AG. Il se présente sous forme de comprimés sécables dosés à 600 mg. Il possède une activité thérapeutique importante contre toutes les espèces de schistosomes pathogènes de l'homme, et aussi contre de nombreux autres trématodes, et même contre certains cestodes.

Il s'agit d'une cyclohexyl-isoquinoléine. La posologie habituelle est de 40 mg par kg en une seule prise après un repas. Pour l'infection à *S. japonicum*, la posologie de 60 mg par kg en doses fractionnées est recommandée.

Les effets indésirables sont en général peu sévères et disparaissent en 24 heures. Les symptômes fréquemment observés sont une douleur épigastrique ou un malaise abdominal diffus, des nausées, une anorexie, des diarrhées, des vertiges, des maux de tête, des éruptions cutanées à type de prurit ou d'urticaire, et de la fièvre. Le traitement pendant la grossesse et l'allaitement est déconseillé.

Les résultats sont excellents avec *S. haematobium* (97,8%), très bons avec *S. mansoni* (90%) et surtout, pour la première fois, nous disposons d'un produit actif sur *S. japonicum* (de 70 à 91% de succès).

Le praziquantel représente donc manifestement un progrès majeur dans la chimiothérapie anthelminthique.

De nos jours, le pronostic des cas non compliqués d'infections à schistosomes est par conséquent généralement très bon, à condition qu'un traitement spécifique soit instauré rapidement. Malheureusement, dans les pays en voie de développement où la schistosomose fait le plus grand nombre de victimes, l'emploi de tels médicaments relativement coûteux dans une chimiothérapie de masse n'est pas toujours évident. Quand il est possible, il est de toute façon indispensable qu'il s'accompagne d'un certain nombre d'autres mesures, entre autres de l'élimination des réservoirs de parasites, de l'amélioration de l'hygiène de vie des communautés rurales et d'une certaine éducation sanitaire de la population.

2.1.2. L'éducation sanitaire :

L'éducation sanitaire est une mesure qui fait généralement partie des programmes de lutte. Il est nécessaire d'informer les gens sur le rôle qu'ils jouent dans la transmission de la schistosomose, des effets à long terme de la maladie sur la santé, et de ce qu'ils doivent faire pour l'éliminer. Il est indispensable que la population apprenne à reconnaître les sites où la schistosomose risque le plus d'être transmise, en particulier les lieux utilisés pour laver le linge, pour se baigner et se distraire car ce sont des lieux publics fréquentés aussi par les malades. Or ces malades, à cause de leurs mauvaises habitudes (pour leur défécation et le fait d'uriner dans ces lieux), peuvent rendre malade la collectivité. Ainsi K.E. MOTT (1984) dit que « *c'est l'homme qui cause la schistosomose et non le mollusque porteur ; admettre cette idée transformerait radicalement la lutte contre la maladie.* »

L'éducation des enfants est à cet égard déterminante ; il faudrait s'efforcer de leur apprendre à éviter de polluer l'eau disponible pour la collectivité.

D'autre part, il serait nécessaire de modifier les habitudes traditionnelles par l'intégration de certaines pratiques sanitaires. Tel sera par exemple le cas du port de bottes et de gants par les travailleurs de la riziculture. (GUIGEMDE, 1989)

2.1.3. La modification de l'environnement humain :

La lutte par modification de l'environnement humain permet d'éviter les contacts entre l'eau contaminée et la population en améliorant par exemple les systèmes d'approvisionnement en eau. Ainsi à Sainte-Lucie (île située au sud de la Martinique) et au Lac Volta (Ghana), la fourniture de l'eau par adduction aux habitants, complétée par une éducation sanitaire, a permis de réduire la transmission de la maladie dans ces deux pays. (W.H.O., 1973 ; W.H.O., 1980)

D'autre part, le péril fécal ne peut être combattu que par l'utilisation généralisée des latrines par la communauté. Mais cette pratique doit obligatoirement être instaurée à l'aide d'une éducation sanitaire de la population. De la même façon, l'aménagement de lavoirs devrait contribuer à la diminution de la transmission. (GUIGEMDE, 1989)

De même, l'adaptation de l'activité humaine à des pratiques agricoles nouvelles s'inscrit dans ce cadre. C'est ainsi qu'aux Philippines la culture des rizières en terrain inondé était la règle dans certaines régions ; il fut alors adopté un système d'apport intermittent de l'eau, ce qui a permis une chute du nombre des mollusques de 200 à moins de un par mètre carré, tout en augmentant le rendement agricole de 50 pour cent. (W.H.O., 1973 ; W.H.O., 1980)

Malheureusement, il faut admettre d'une manière générale que les projets de développement des ressources hydrauliques (irrigation des terres, lacs artificiels...) ont accéléré la transmission de la maladie dans beaucoup de zones d'endémie et que la schistosomose continue à gagner du terrain dans de nombreuses parties du monde faute d'avoir pris les mesures préventives nécessaires en même temps.

2.1.4. Perspectives vaccinales : (CAPRON, 1989)

De nombreux programmes nationaux et internationaux ont été consacrés à l'approche vaccinale, sans qu'un vaccin antiparasitaire puisse pour l'instant être utilisé chez l'homme. Récemment, des recherches menées par A. CAPRON, à l'Institut Pasteur de Lille, ont montré des résultats encourageants. L'étude de l'immunité vis-à-vis des schistosomes a en effet permis d'identifier certains des antigènes cibles de la réponse immunitaire, mais a également montré que l'état susceptible ou immun de l'individu dépendait de la production éventuelle d'anticorps bloquants. On a découvert que l'une des protéines de surface des antigènes cibles était la protéine P₂₈, qui semble commune à toutes les espèces du genre *Schistosoma* parasites de l'homme.

Une protéine P₂₈ obtenue par technique de génie génétique s'avère à l'heure actuelle le meilleur candidat pour l'introduction d'une immunité dans les divers modèles animaux, y compris les Primates.

Ces découvertes semblent donc très encourageantes pour la mise au point proche d'un vaccin antischistosomal. Mais il faut garder en mémoire qu'en dépit de l'existence de vaccins très efficaces contre diverses maladies bactériennes ou virales, et en dépit des efforts remarquables de l'O.M.S., la couverture vaccinale des pays en voie de développement ne reste que très partielle. Il est clair qu'entre le moment où une protéine à potentialité vaccinale est identifiée et produite en laboratoire, et le moment où elle sera effectivement produite et accessible aux populations concernées, plusieurs années s'écouleront sans doute.

2.2. Lutte au niveau de la population mollusque hôte intermédiaire :

La destruction des Gastéropodes qui abritent les larves développées du parasite est l'un des moyens d'interrompre le cycle de vie du parasite, et par conséquent de prévenir l'infection humaine. Plusieurs mesures de contrôle des Gastéropodes peuvent être appliquées : des mesures chimiques, des mesures biologiques ou bien une modification de l'environnement des mollusques. Ces méthodes peuvent être appliquées de manière isolée ou bien en combinaisons variées, ceci dépendant à la fois des circonstances locales et des caractéristiques des Gastéropodes.

2.2.1. Contrôle biologique : (DAZO,1984)

Les méthodes de lutte biologique constituent certainement une voie d'avenir. Il s'agit d'adopter des processus naturels (prédation, compétition, pathogénicité) pour réduire les populations de mollusques vecteurs au-dessous du seuil de transmission de la parasitose. Des prédateurs, tels que des canards, des poissons (comme certains Cichlidés), des insectes (larves aquatiques des mouches Scizomyidés, naucores, dytiques, bellostomes), des sangsues, ont été étudiés et se sont montrés actifs. Parmi les compétiteurs, il faut citer les Mollusques *Marisa cornuarietis*, *Helisoma duryi*, comme les plus prometteurs.

Ces procédés de contrôle biologique présentent certains avantages : un coût nettement diminué (à Porto Rico, une campagne de lutte biologique utilisant les Mollusques *Marisa* s'est avérée trois fois moins chère que l'application d'un molluscicide) ; de plus, ces méthodes sont sans danger pour l'environnement.

2.2.2. Contrôle environnemental : (DAZO,1984)

Il s'agit en fait d'un contrôle écologique des Gastéropodes qui consiste en une modification de l'environnement le rendant moins favorable à la colonisation des escargots. Ces méthodes assurent un contrôle des mollusques à plus long terme que les molluscicides ; de plus, d'autres bénéfiques pour la santé et pour l'agriculture peuvent être procurés par de telles modifications de l'environnement.

Ces modifications de l'environnement consistent en la construction de canaux d'irrigation et de drainage avec un revêtement en ciment, un contrôle des inondations, un défrichage des terres. Elles impliquent initialement une grosse immobilisation de capital, mais les résultats obtenus simultanément dans différents domaines compensent ce coût élevé.

2.2.3. Contrôle chimique : (DAZO,1984)

L'un des moyens les plus rapides et les plus efficaces de réduire la transmission de la bilharziose par le biais de la diminution des populations de mol-

lusques est l'utilisation de molluscicides chimiques ou synthétiques. Mais cette solution pose deux problèmes et non des moindres : tout d'abord, ces produits chimiques ou synthétiques coûtent relativement cher, en plus du fait qu'ils doivent obligatoirement être importés, cela ajoutant donc des frais considérables de transport. Connaissant la précarité de l'économie des pays nécessitant le plus ces molluscicides, ce moyen est loin d'être avantageux. Deuxièmement, l'une des difficultés avec les molluscicides chimiques comme avec les autres pesticides est leur toxicité pour la flore et la faune aquatique. Leur utilisation massive et prolongée, sans une solide étude écologique préalable, risque donc d'être génératrice de déplorables déséquilibres faunistiques dont le résultat peut être pire que le mal. La disparition des poissons et des crustacés comestibles, qui représentent souvent la seule source de protéines animales des populations riveraines, vient aggraver la sous-alimentation déjà endémique.

L'utilisation de molluscicides sous forme d'appâts devant obligatoirement être ingérés pour être toxiques serait déjà un progrès considérable. Il faut cependant savoir que nous ne connaissons que peu (ou même pas) leur devenir au long des chaînes alimentaires des biocénoses aquatiques, leurs éventuelles actions tératogènes ou cancérigènes. De plus, ils sont eux aussi très onéreux, ce qui limite considérablement leur utilisation dans les pays d'endémie.

Les recherches se sont alors orientées vers des produits naturels qui auraient des propriétés molluscicides et présenteraient l'avantage d'être peu coûteux car disponibles sur place, et sans danger pour les organismes autres que les mollusques. C'est ainsi que de nombreuses plantes à propriétés molluscicides potentielles ont été étudiées, dont les principales sont *Phytolacca dodecandra* L'Herit., *Ambrosia maritima* L., *Tetrapleura tetraptera* Taub.,... L'étude de ces plantes molluscicides fait l'objet du chapitre 2.

CHAPITRE 2 - PLANTES A VISÉE MOLLUSCICIDE

A • GÉNÉRALITÉS SUR LES MOLLUSCICIDES

L'utilisation de produits molluscicides dans la lutte contre les maladies endémiques transmises par des escargots, y compris la bilharziose, remonte aux années 1910. En effet, à cette époque de nombreux chercheurs commencèrent à employer divers produits de nature chimique pour essayer de tuer ces mollusques hôtes intermédiaires de nombreuses infections. Parmi les premiers molluscicides chimiques utilisés, on trouvait le sulfate de cuivre, l'oxyde de calcium, la chaux, le cyanamide de calcium, le phosphate de calcium, le sulfate d'ammonium et l'arseniate de calcium (WEBBE, 1983).

Puis, entre 1946 et 1955, quelque 7000 composés ont été étudiés pour une activité molluscicide. Seuls le pentachlorophénol (PCP), le pentachlorophénate de sodium (NaPCP) et le DINEX^{*} (dinitro-o-cyclohexylphénol, DNCHP) se sont avérés dignes d'intérêt pour une utilisation pratique (AGARWAL et SINGH, 1988).

A partir de 1952, les recherches se sont tournées vers des composés de synthèse tels que le niclosamide (BAYLUSCIDE^{*}, MOLLUTOX^{*}) et le trifenmorph (FRESCON^{*}), deux molluscicides exceptionnellement efficaces (AGARWAL et SINGH, 1988 ; WEBBE, 1983)

Mais l'utilisation de ces molluscicides chimiques et synthétiques présente de nombreux inconvénients, tant sur le plan économique qu'écologique.

Le premier problème réside dans le coût de ces composés beaucoup trop élevé pour les pays d'endémie qui sont, ne l'oublions pas, des pays en voie de développement pour la plupart (AGARWAL et SINGH, 1988). Ce coût englobe à la fois le prix du produit lui-même, les frais d'une importation obligatoire à partir des pays industrialisés et le coût de l'application qui emploie un personnel qualifié.

Ce problème financier s'accompagne d'inconvénients d'ordre écologique : la libération de ces produits dans la nature est source de problèmes de toxicité pour des organismes non visés, problèmes aggravés par la très lente dégradation de ces produits chimiques, ce qui peut à long terme aboutir à une destruction de l'environnement (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985 ; AGARWAL et SINGH, 1988).

De plus, la panoplie restreinte de produits chimiques dont nous disposons conduit au développement d'une résistance de la part des mollusques par suite de l'utilisation répétée des mêmes produits (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Tous ces inconvénients ont amené une législation rigoureuse récente gouvernant le développement et l'utilisation des pesticides qui vise à décourager les recherches de nouveaux composés synthétiques par l'industrie chimique, même prometteurs (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Ainsi, les recherches se sont orientées vers des produits plus naturels que sont les plantes, et qui présentent bon nombre d'avantages sur les composés synthétiques chimiques : un coût bien moindre puisqu'elles sont en mesure d'être disponibles sur place dans les pays d'endémie ; une dégradation rapide des extraits de plantes en substances plus simples et une toxicité moindre pour l'environnement (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982 ; DUNCAN, 1985 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985).

B • HISTORIQUE DE L'UTILISATION DES PLANTES MOLLUSCIDES

L'intérêt porté aux plantes molluscicides remonte aux années 1930, lorsque ARCHIBALD et WAGNER préconisèrent de planter le palmier du désert, *Balanites aegyptiaca* L. et *B. maughamii* Sprague (Zygophyllacées), le long des cours d'eau au Soudan et en Afrique du Sud, respectivement. Les essais en laboratoire et sur le terrain de ces scientifiques indiquaient que le fruit qui tombait dans l'eau inhibait l'accroissement de la densité de population des escargots du genre *Bulinus*, en tuant en même temps les miracidies et les cercaires des schistosomes (HOSTETTMANN, 1984 ; KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Ces découvertes encourageantes incitèrent l'introduction de *B. aegyptiaca* à Porto Rico, où il fut planté autour d'un point d'eau infesté de *Biomphalaria glabrata*, avec des résultats apparemment beaucoup moins satisfaisants (PLANK, 1945). De plus, WAGNER en 1936 repoussa la culture à grande échelle de *B. maughamii* car il s'avéra toxique pour les poissons, les têtards ainsi que pour d'autres organismes non visés (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

En 1939, des expériences conduites par MOZLEY au Zanzibar montrèrent que les baies de *Sapindus saponaria* L. (Sapindacées), une plante à saponines utilisée

de manière extensive en Afrique et en Amérique du Sud comme piscicide et comme savon par les populations locales, pouvaient temporairement réduire les populations de *Bulinus (Physopsis) africanus*. Mais des études préliminaires réalisées par LUTTERMOSER au Vénézuéla en 1946 et par PINTO et ALMEIDA au Brésil en 1944 montrèrent que les baies de cette plante étaient également létales pour de nombreux organismes microscopiques non visés (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

En 1939 encore, MOZLEY recommanda la propagation et la culture de *Derris elliptica* Benth. (Légumineuses Papilionacées) dans de petites plantations près des lacs en Tanzanie. Ce fut la première notion de participation des communautés locales dans un programme de contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

En 1948, RANSFORD rapporta que les feuilles de *Tephrosia vogelii* Hook. (Légumineuses Papilionacées) offraient les critères d'une plante molluscicide acceptable en Malaisie : bonne activité molluscicide et ovicide, absence d'effets toxiques pour l'homme et le bétail, et culture facile dans les régions qui le nécessitent. Cependant, MOZLEY (1944), COWPER (1946) et KLOOS ont montré que ces feuilles étaient seulement actives à des concentrations très élevées (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

En 1954, TEESDALE découvrit l'activité molluscicide d'une nouvelle plante : *Neorautanenia pseudopachyrhiza* (Harms) Milne-Redhead (Légumineuses Papilionacées), qui présentait l'avantage de n'avoir aucune toxicité pour les singes et les poissons aux concentrations molluscicides. Malheureusement, le dur labeur requis pour déterrer, transporter et appliquer ses racines tubéreuses et la difficulté pour déterminer la concentration correcte à appliquer furent considérés comme des inconvénients majeurs pour une éventuelle utilisation pratique (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

Ainsi aucune de ces plantes ne fut davantage exploitée pour une utilisation possible dans le contrôle des mollusques. Il fallut attendre le milieu des années 1960 pour qu'une première plante, *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées), puisse être utilisée pour le contrôle des mollusques transmetteurs de la bilharziose dans un foyer d'endémie en Ethiopie (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

**C • CONDITIONS A REMPLIR PAR UNE PLANTE POUR
ETRE UTILISEE COMME MOLLUSCICIDE (KLOOS et
MC CULLOUGH, 1982 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)**

1 • Les plantes molluscicides doivent pousser en abondance dans la région d'endémie, que ce soit des plantes sauvages ou des plantes cultivées, adaptées aux conditions de la région d'endémie.

2 • Le type de plante : on préférera les plantes vivaces aux plantes annuelles, se reproduisant par l'intermédiaire des graines plutôt que des tubercules. Ces plantes doivent être résistantes à la sécheresse dans les zones arides, résistantes aussi dans des endroits semi-aquatiques ou aquatiques pour une utilisation directe dans les habitats des escargots.

Le taux de propagation doit être élevé et le taux de croissance rapide, et leur culture doit nécessiter un minimum d'immobilisation de capitaux et de travail.

Les plantes doivent posséder une adaptabilité élevée à différentes conditions environnementales locales, une haute résistance aux pesticides, aux mauvaises herbes, etc...

3 • Les parties de plante : les plus hauts pourcentages de principe actif molluscicide doivent de préférence être situés dans des parties de plante régénératrices (baies, fruits, fleurs, feuilles caduques, noix...) ou bien dans les tubercules se reproduisant de manière végétative.

4 • Le rendement : on doit obtenir un rendement élevé de matériel molluscicide par plante et par unité de surface de région cultivée.

5 • Le stockage : le matériel molluscicide provenant de plantes produites de manière saisonnière ne doit pas perdre de son pouvoir molluscicide pendant un stockage d'au moins une année.

6 • L'extraction : le(s) principe(s) actif(s) doit(doivent) être extractible(s) au moyen d'un appareillage simple et à l'aide de solvants communément disponibles, de préférence l'eau, non seulement pour une question de coût (prix élevé des solvants organiques), mais aussi dans un souci de facilité de manière à ce que les communautés locales puissent effectuer aisément cette extraction dans des programmes d'auto-contrôle.

7 • L'application : les procédures d'application doivent être simples et sans danger pour l'opérateur. De plus, les formulations et l'accumulation doivent être conformes à la législation.

8 • L'activité molluscicide : elle doit être élevée ; le produit d'extraction brut à partir duquel le composé est obtenu doit posséder une activité à des concentrations inférieures à 100 ppm (parties par million, ou encore mg par l).

Il est avantageux d'employer des molluscicides qui détruisent également les œufs des mollusques, ce qui évite la nécessité d'une application ultérieure.

9 • La stabilité physico-chimique : le pouvoir molluscicide doit être conservé sous des influences physico-chimiques diverses (pH, lumière du soleil, température, présence de vase et de matière organique, pollution de l'eau...) rencontrées normalement dans la région endémique au cours du cycle annuel.

10 • La toxicité : elle doit être évidemment élevée pour les organismes cibles que sont les mollusques, mais faible ou nulle pour les organismes non visés (Mammifères y compris l'homme, flore et faune aquatique) aux concentrations molluscicides.

11 • La connaissance de la plante dans la région d'endémie : une bonne connaissance du lieu de croissance et des exigences, de la toxicité et des propriétés médicinales éventuelles des plantes par la population locale est un avantage.

12 • L'acceptation culturelle : l'absence d'utilisations spirituelles et rituelles attribuées à ces plantes ainsi que d'aversions basées sur le folklore et la magie qui peuvent interférer avec leur utilisation dans le contrôle des mollusques, est souhaitable.

13 • Des utilisations complémentaires : il est également avantageux que ces mêmes parties de plantes conviennent pour d'autres emplois locaux, domestiques, industriels ou de santé publique.

D • ÉTAPES DE L'ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ MOLLUSCICIDE D'UNE PLANTE

La recherche de nouvelles plantes molluscicides commence par le recensement de plantes potentiellement présumées actives sur les mollusques. Ces plantes candidates doivent d'abord subir une série d'essais dans des conditions restreintes, c'est-à-dire en laboratoire. Si elles s'avèrent posséder la moindre activité molluscicide, les essais sont poussés plus avant dans des sites naturels, non sans s'être assuré cependant que leurs effets sont supportables par les autres organismes que les mollusques (Poissons, Crustacés, Mammifères, homme...)

1. Sélection des plantes molluscicides :

Une sélection randomisée et une sélection de masse représentaient les types de programme les plus largement utilisés dans la recherche de nouveaux produits molluscicides dérivés de plantes ces dernières années. Mais ces programmes revenaient beaucoup trop cher, demandaient un travail beaucoup trop laborieux et, de plus, constituaient une méthode de recherche très peu scientifique (FARNSWORTH et al, 1983).

Une autre méthode consistait à observer certains phénomènes se produisant naturellement, et d'en tirer la conclusion que telle ou telle plante pouvait être considérée comme potentiellement molluscicide.

C'est le cas par exemple pour *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccées), dont les baies sont utilisées en tant que savon par les populations rurales. C'est en Egypte que l'on a remarqué pour la première fois l'absence d'escargots en aval des rivières où les femmes lavaient le linge (LEMMA, 1965 ; DUNCAN, 1985).

De la même façon, des tapis denses de l'algue *Chara vulgaris* (Characées) attirent les escargots *Biomphalaria glabrata* (FERGUSON, 1978) et sont responsables d'une forte mortalité de ces escargots (RENNO, 1972).

On ne rencontre pas non plus d'escargots dans les rivières et canaux bordés par la plante *Canna indica* L. (Cannacées). (MAHRAN et al, 1974)

Enfin citons l'exemple du « sisal », *Agave sisalana* Perr. (Agavacées), plante à fibre cultivée et transformée dans les régions tropicales et sub-tropicales. En Tanzanie, on a constaté une diminution de la densité des mollusques dans les rivières où se déversent les produits résiduels de la transformation de l'Agave (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Il a été récemment instauré une méthode plus scientifique pour la sélection de plantes potentiellement molluscicides qui consiste en une sélection phytochimique.

Cette sélection phytochimique est basée sur les relations phylogénétiques existant entre les différents groupes de plantes, et qui fait intervenir des caractéristiques botaniques, physiologiques, génétiques et même chimiques (DAHLGREEN, 1981 ; KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

En effet, les composés molluscicides, comme les autres composés végétaux, sont présents et synthétisés plus fréquemment dans certains groupes de plantes que dans d'autres (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983). Ainsi, connaissant la composition chimique d'une plante d'activité molluscicide connue, les plantes voisines dans le groupe taxonomique seront susceptibles de posséder la même activité molluscicide et pourront donc être soumises à une évaluation approfondie.

Le système d'informations informatique NAPRALERT (Natural Products Alert) récemment développé, rassemblant la littérature mondiale en rapport avec les organismes végétaux, animaux, microbiens et marins, représente une aide non négligeable dans la recherche de plantes molluscicides potentielles par cette dernière méthode. Ce système, soutenu par l'O.M.S., fournit des informations ethnomédicales, des données biologiques pour l'extraction et l'isolement ou l'identification de constituants secondaires avec leurs propres citations littéraires. (FARNSWORTH et al, 1979).

Naturellement, quelle que soit la plante examinée, toutes les conditions énoncées au paragraphe précédent doivent être remplies avant de poursuivre plus loin l'évaluation de l'activité molluscicide.

2. Évaluation de l'activité molluscicide en laboratoire : (DUNCAN et STURROCK, 1983)

Une procédure standardisée a été mise en place pour la sélection en laboratoire et l'évaluation de l'activité molluscicide de composés synthétiques chimiques ainsi que de plantes (W.H.O., 1965). Cette procédure préconise que les essais se déroulent en trois étapes successives :

- une sélection préliminaire qui a pour but de séparer les composés n'ayant aucune activité molluscicide de ceux qui en possèdent une, même faible ;
- une sélection définitive qui doit déterminer les concentrations molluscicides efficaces par l'évaluation des valeurs de CL_{50} et CL_{90} (concentrations létales qui tuent respectivement 50% et 90% des populations d'escargots visés) ;

- enfin une évaluation détaillée de l'activité molluscicide qui étudie les facteurs qui affectent la performance des composés molluscicides dans des conditions naturelles (simulation en laboratoire).

2.1. Sélection préliminaire :

En règle générale, l'essai s'effectue sur un extrait de la plante entière ou en parties, obtenu à partir du matériel végétal frais ou sec et moulu (on prendra toutefois la précaution de réaliser des solutions témoins préparées à partir de la plante fraîche afin de s'assurer que l'activité n'a pas été modifiée par les différents traitements imposés à la plante).

L'extrait de plante est placé dans un récipient contenant de préférence de l'eau provenant de l'habitat des mollusques étudiés ou bien de l'eau du robinet déchlorée.

Les conditions d'expérimentation sont les suivantes :

- une concentration jusqu'à 1000 mg.l^{-1} (ppm) ;
- un temps d'exposition de 3 à 5 jours ;
- de 2 à 5 escargots adultes du genre *Biomphalaria* ou *Bulinus* dans un volume de solution de 200 à 500 ml, ou bien 5 escargots adultes du genre *Oncomelania* dans 100 ml de solution ;
- une température de l'eau de 25 à 27° C.

L'essai se réalise en double partie : une partie est laissée continuellement dans les conditions de laboratoire; un réplicat est exposé chaque jour à la lumière naturelle du soleil afin de détecter un éventuel effet photochimique d'activation ou de désactivation.

On compte quotidiennement les escargots vivants et les escargots morts. Les escargots morts sont immobiles, rétractés sur eux-mêmes, ou bien sortis de leur coquille, avec le corps et la coquille décolorés ; la mort est confirmée par l'absence de réaction quand on stimule le corps avec une aiguille ou par une absence d'activité cardiaque à l'examen microscopique.

L'utilisation d'une solution diluée à 1000 mg.l^{-1} avec un temps de contact de 5 jours doit détecter la moindre activité molluscicide, même si l'échantillon est

d'une petite efficacité, si l'activité réside seulement dans une partie de la plante ou si elle est diminuée par le broyage, ou bien si les constituants actifs sont peu solubles dans l'eau.

2.2. Sélection définitive :

Sont soumises à une sélection définitive les plantes pour lesquelles les essais préliminaires se sont avérés positifs. Le niveau d'activité nécessaire est fonction de considérations opérationnelles. Par exemple, une plante ayant un niveau modéré d'activité pourra cependant être utilisable dans la mesure où elle est disponible en quantités convenables au niveau même ou près des sites de transmission de la bilharziose à traiter.

On prépare un étalonnage de concentrations avec la solution-test : 1000, 500, 200, 100 et 50 mg.l⁻¹. Deux à cinq escargots sont ajoutés à 200 ml de chaque concentration, le nombre d'escargots vivants et morts est noté chaque jour pendant 3 à 5 jours.

Si les escargots sont tués en moins de 24 heures à un dosage inférieur à 100 mg.l⁻¹ de matériel sec, cela signifie que le molluscicide est libéré rapidement de la solution. On réalise alors une série de concentrations supplémentaires avec un étalonnage plus étroit.

Les plantes qui sont affectées par les radiations ultra-violettes doivent être étudiées dans des conditions de luminosité appropriées. Pour les autres, l'utilisation de réplicats n'est pas utile comme dans la sélection préliminaire.

A la fin de la période d'exposition, la solution est décantée, le récipient est rincé deux fois et rempli avec de l'eau non traitée (provenant de l'habitat des escargots ou eau du robinet déchlorée). Le nombre d'escargots vivants et morts est noté après une période de récupération de 48 heures. Les valeurs de CL₅₀ et CL₉₀ peuvent alors être calculées en utilisant un graphe mortalité en fonction du logarithme de la concentration (méthode de LITCHFIELD et WILCOXON, 1949).

Les relations entre la concentration et le temps (c x t) peuvent être étudiées en utilisant des méthodes décrites par l'O.M.S. (W.H.O., 1965).

2.3. Évaluation approfondie :

Le but de l'évaluation approfondie est d'étudier plus attentivement, toujours en laboratoire, les plantes candidates qui semblent être envisageables pour une utilisation sur le terrain. Les essais réalisés à ce niveau entrent dans deux grands groupes :

- le premier groupe comprend des facteurs d'un intérêt immédiat : l'effet du pH, de la température, d'une éventuelle absorption du produit molluscicide sur certaines surfaces (bourbe, macrophytes, algues...) sur l'activité molluscicide, la stabilité dans l'eau et l'activité ovicide du produit étudié.
- le second groupe comprend les effets sur les organismes non visés, l'activité contre les miracidies et les cercaires, l'influence de la variété, de la saison, de la durée du jour, de la méthode de séchage, de la durée du stockage, de la localité... sur l'efficacité molluscicide ; la sensibilité différentielle des escargots et le mode d'action, c'est-à-dire l'identification des principaux constituants actifs et la manière dont ils tuent les escargots.

A l'issue de ces expérimentations en laboratoire, nous disposons donc d'un support substantiel d'informations techniques sur la plante : ainsi nous savons à quelle vitesse elle agit ; quelle quantité est nécessaire pour obtenir l'effet molluscicide ; sous quelle forme elle doit être appliquée (fraîche ou sèche ; entière ou en parties ; sous forme d'extrait) ; comment des facteurs tels que la température, le limon, la turbidité de l'eau, la lumière du soleil et le pH sont susceptibles d'affecter la performance du molluscicide sur le terrain.

Malheureusement, les résultats de ces essais ne sont que précaires et insuffisants puisque, dans des conditions de laboratoire, il est évidemment très difficile de reconstituer avec justesse un site naturel. C'est pourquoi une évaluation plus poussée de l'activité de ces plantes potentiellement molluscicides est indispensable et doit se réaliser à l'extérieur dans des conditions naturelles.

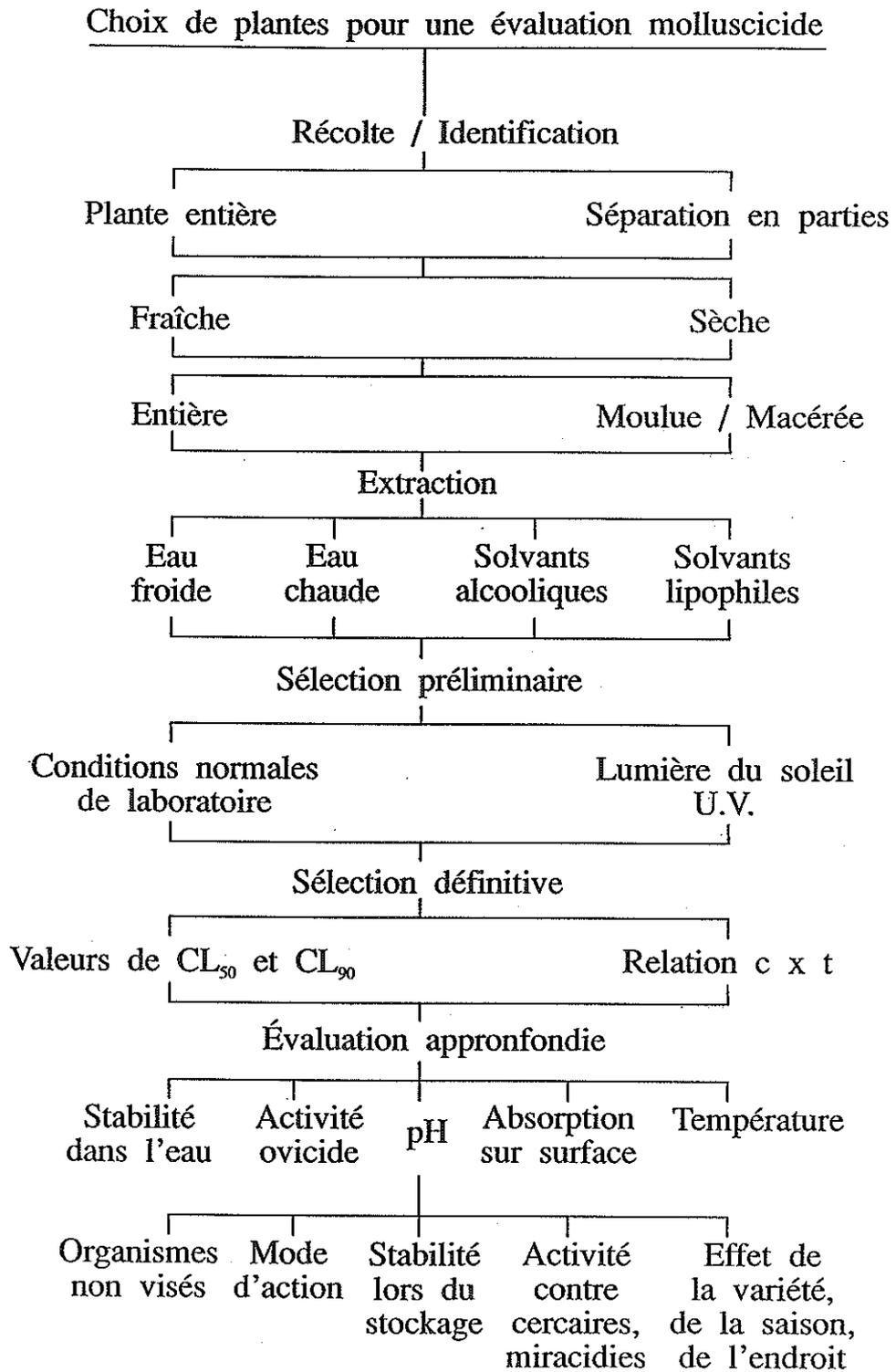


Fig.7 : Schéma de l'évaluation de l'activité molluscicide d'une plante en laboratoire. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

3. Evaluation de l'activité molluscicide dans des conditions naturelles : (STURROCK et DUNCAN, 1983)

Avant de débiter ces expérimentations, il est indispensable de réaliser une étude de la toxicité aiguë ou chronique de la plante molluscicide vis-à-vis des organismes non visés. Exceptionnellement, si une telle étude n'est pas possible, les essais devront s'effectuer dans des sites isolés où le public n'a pas accès.

Le but de ces essais est de démontrer non seulement que la plante est capable de tuer des escargots (ce qui a déjà été montré en laboratoire), mais surtout que la plante est capable de tuer suffisamment d'escargots afin de réduire significativement la transmission de la bilharziose dans une région donnée. Les essais d'évaluation du pouvoir molluscicide dans des conditions naturelles comprendront donc :

- d'une part les essais de l'effet du molluscicide sur les escargots, mais cette fois dans des conditions naturelles simulées puis isolées ;
- d'autre part les essais de l'effet du molluscicide sur la transmission de la maladie.

3.1. Effet du molluscicide sur la mortalité des escargots :

Le principal problème dans la nature de ce genre d'essai réside dans la mesure quantitative des populations de mollusques. En effet, si en laboratoire nous disposons d'un nombre connu d'escargots de taille uniforme au départ et pouvant être examinés individuellement à des intervalles de temps choisis pour évaluer la survie, il devient très difficile dans un site naturel d'évaluer le nombre d'escargots au départ, d'autant plus qu'ils sont généralement distribués de manière non uniforme.

Les essais se déroulent en deux étapes :

- une première étape dans des conditions naturelles simulées ;
- une deuxième étape dans des conditions naturelles isolées.

3.1.1. Essais dans des sites naturels simulés :

Une étape utile entre les essais en laboratoire et les essais dans des conditions naturelles passe par l'utilisation de sites artificiels simulant les conditions naturelles.

Ces essais présentent un certain nombre d'avantages :

- ils sont réalisés dans un milieu bénéficiant des conditions écologiques et climatiques des sites naturels ;
- ils fournissent cependant des données quantitatives précises sur les populations d'escargots ;
- ils conviennent très bien aux plantes dont la toxicologie n'a pu être étudiée puisqu'ils n'exposent pas la population locale.

Les sites simulés sont construits à l'extérieur ; l'endroit est choisi de manière à ce qu'ils soient soumis aux conditions climatiques locales. Ils contiennent de l'eau provenant du milieu naturel voisin, de telle sorte que sa qualité (pH, sels dissous, turbidité...) soit conforme à celle du milieu naturel. D'autres facteurs peuvent être ajoutés : dépôt, végétation aquatique, matières organiques, ombrage, etc...

Les escargots de l'essai sont ajoutés aux sites simulés. Ils sont en principe laissés en liberté dans le site, ou plus rarement enfermés dans des cages. Mais la première solution respecte mieux les conditions du site naturel. On leur laisse une période suffisante (24 heures) avant d'ajouter le molluscicide, afin qu'ils puissent s'acclimater. On recommande parfois des périodes plus longues de plusieurs semaines, voire plusieurs mois, afin qu'ils se reproduisent, ce qui fournit une population mitigée d'adultes et de jeunes, plus conforme avec le milieu naturel.

Un site simulé convenable doit mesurer environ 1 mètre de diamètre ou de côté et 0,25 mètres de profondeur. Il peut s'agir de mares réalisées en contre-plaqué, en fibre de verre ou en béton (HOPF et al, 1967 ; UPATHAM, 1972) ; de canaux ouverts en béton (plus difficilement réalisables car demandent de grandes quantités d'eau) (WEBBE, 1966) ; de systèmes fermés avec recyclage de l'eau par une pompe (permettant un courant sans les inconvénients d'un système ouvert) ; ou même de sections aménagées sur un cours d'eau naturel (BERRIOS-DURAN et al, 1968).

La méthode de recensement des escargots vivants et morts est identique à celle employée en laboratoire : en fin d'essai, le site est vidé, les escargots récupérés et le nombre de vivants et de morts noté.

3.1.2. Essais dans des conditions naturelles isolées :

L'essai sur le terrain de tout molluscicide potentiellement toxique doit s'effectuer dans un site naturel où le public n'a pas accès.

Les escargots dans les sites naturels sont distribués de manière non uniforme. Ceci impose une méthode particulière d'échantillonnage : un grand nombre de petits échantillons doivent être prélevés sur toute la surface de l'habitat, de façon à minimiser le risque d'erreur. En général, on choisit plusieurs points d'échantillonnage au départ et ces points resteront constants tout au long de l'étude.

Un deuxième problème dans ce type d'essai est représenté par une migration possible des escargots en cours d'essai du site traité vers des sites voisins non traités ou inversement. Ainsi la population résiduelle d'escargots peut se voir augmentée par exemple à la suite d'une migration d'escargots venant repeupler le site d'essai. Il faudra donc bien faire la différence entre la population d'immigrants et la population de survivants. Ainsi une rapide réapparition d'un grand nombre d'escargots adultes suggère une immigration, alors qu'une augmentation lente, démarrant principalement avec de petits escargots, indique une reproduction des survivants.

La principale estimation de l'effet du molluscicide est réalisée en mesurant la population d'escargots avant et après le traitement et en calculant le pourcentage de mortalité obtenu, à court terme et à long terme.

Le calcul de la mortalité à court terme se fait tout simplement en mesurant la population d'escargots avant l'essai, soit P_1 , et après l'essai, soit P_2 .

Pour calculer la mortalité à long terme, on doit procéder à des échantillonnages d'escargots à des intervalles de temps réguliers (2 à 6 semaines), ce qui donne des estimations de P_1, P_2, \dots, P_n .

3.2. Effet du molluscicide sur la transmission de la bilharziose :

Démontrer que la transmission de la maladie peut être contrôlée est un travail considérablement plus difficile que de montrer que les populations d'escargots peuvent être réduites.

L'étude du contrôle de la transmission résultant d'une action molluscicide peut être réalisée avec ou sans l'accompagnement d'autres mesures de contrôle, telle qu'une chimiothérapie par exemple.

Une région témoin dans laquelle aucune action molluscicide ne sera menée servira de comparaison afin de juger de l'efficacité du molluscicide sur la transmission de la maladie.

Plusieurs méthodes sont disponibles afin de mesurer le niveau de la transmission dans un site d'endémie déterminé : l'examen des mollusques porteurs de cercaires ; la cercariométrie ; l'exposition des rongeurs ; enfin les études de prévalence, d'intensité et d'incidence dans la population humaine.

3.2.1. Examen des mollusques :

L'un des moyens les plus simples et les plus efficaces pour évaluer le niveau de transmission d'un site naturel consiste à examiner les escargots pour détecter les cercaires et les autres stades de vie du parasite à l'intérieur du mollusque (WEBBE, 1965b ; CHU et DAWOOD, 1970 ; STURROCK, 1973a ; STURROCK et al, 1979 ; CHU et al, 1981).

Cependant, cette méthode peut fournir de faux résultats négatifs, puisque même des populations faibles et non détectables d'escargots infectés peuvent suffire pour maintenir une transmission de la maladie.

3.2.2. Cercariométrie :

Il s'agit de la récupération directe des cercaires dans l'eau. Cette technique a été étudiée par un certain nombre d'auteurs (ROWAN, 1957, 1965 ; BARRETT et ELLISON, 1965 ; SANDT, 1972, 1973 ; UPATHAM, 1976 ; THERON, 1979 ; KLOOS et al, 1982b). Son intérêt repose sur la mesure rapide de la densité de cercaires dans un volume d'eau à un moment spécifique.

Cette technique possède cependant certaines limites. Ainsi le résultat est faussé si l'eau prélevée contient des algues filamenteuses, du phytoplancton ou du zooplancton ; en effet, la filtration de l'échantillon d'eau récupéré ne permet pas la séparation de ces différents éléments trop petits, ils encrassent le filtrat obtenu et gênent par conséquent le comptage des cercaires. De plus, la distribution des cercaires dans les sites naturels n'est pas uniforme, et les techniques d'échantillonnage ne permettent pas une estimation quantitative précise des populations de cercaires.

3.2.3. Infestation d'animaux :

Cette méthode consiste en une récupération indirecte des cercaires par le biais de l'exposition de certains animaux, en général des rongeurs (PESIGAN et al, 1958 ; PITCHFORD et VISSER, 1962 ; WEBBE, 1965a, 1966 ; DAZO et al, 1966 ; STURROCK, 1973b ; BARBOSA et COSTA, 1981). La récupération de vers adultes est la preuve concluante que des cercaires sont présentes dans le site, mais à l'inverse l'absence de vers n'est pas synonyme de l'absence de cercaires dans le milieu.

3.2.4. Surveillance de la population humaine :

Cette méthode reste le seul moyen de réaliser une estimation réelle de l'effet d'une plante molluscicide sur la transmission de la bilharziose. Ces méthodes ont été décrites pour des molluscicides synthétiques par un certain nombre d'auteurs (FAROOQ et HAIRSTON, 1966 ; JORDAN et WEBBE, 1969, 1982 ; JORDAN, 1977 ; JORDAN et al, 1982 ; SCOTT et al, 1982). Ces techniques reposent sur la détection des œufs dans les selles, de préférence par des mesures quantitatives représentées par la prévalence, l'intensité et l'incidence.

La prévalence représente la proportion de la population infectée à un moment donné. L'intensité est déterminée par l'évaluation du nombre de vers présents dans l'organisme, reflété par le nombre d'œufs excrétés dans les selles. Pour mesurer cette intensité, on utilise des techniques quantitatives de comptage des œufs (JORDAN et WEBBE, 1969, 1982 ; W.H.O., 1974).

Malheureusement, ces deux facteurs ne peuvent s'avérer d'un grand intérêt lorsque l'on s'attache à l'évolution de la transmission de la maladie sur une période relativement courte. En effet, les vers adultes dans l'organisme humain possèdent

une espérance de vie prolongée — demi-vie estimée de l'ordre de 3 à 8 ans selon les espèces (W.H.O., 1974) ; il faudra donc attendre plusieurs années avant qu'un déclin de la prévalence ou de l'intensité ne puisse être enregistré dans l'ensemble de la population.

L'incidence apporte par contre une aide beaucoup plus précieuse dans l'étude de l'évolution de la transmission. Elle représente le taux d'individus nouvellement infectés au bout d'un certain laps de temps (FAROOQ et HAIRSTON, 1966). Un examen initial au temps t_1 identifie les personnes non infectées et celles infectées. Les mêmes personnes, infectées et non infectées, sont examinées à nouveau au temps t_2 . La proportion de personnes non infectées qui sont devenues malades entre les deux examens représente l'incidence.

(Remarque: la seule précaution à prendre est de ne considérer au temps t_1 que des sujets lourdement infectés de manière à être sûr de les retrouver encore infectés au temps t_2 , ceci afin d'obtenir un résultat interprétable.)

Un comptage quantitatif des œufs n'est pas impératif puisqu'il s'agit en réalité d'une évaluation qualitative (le sujet est-il infecté ou non ?)

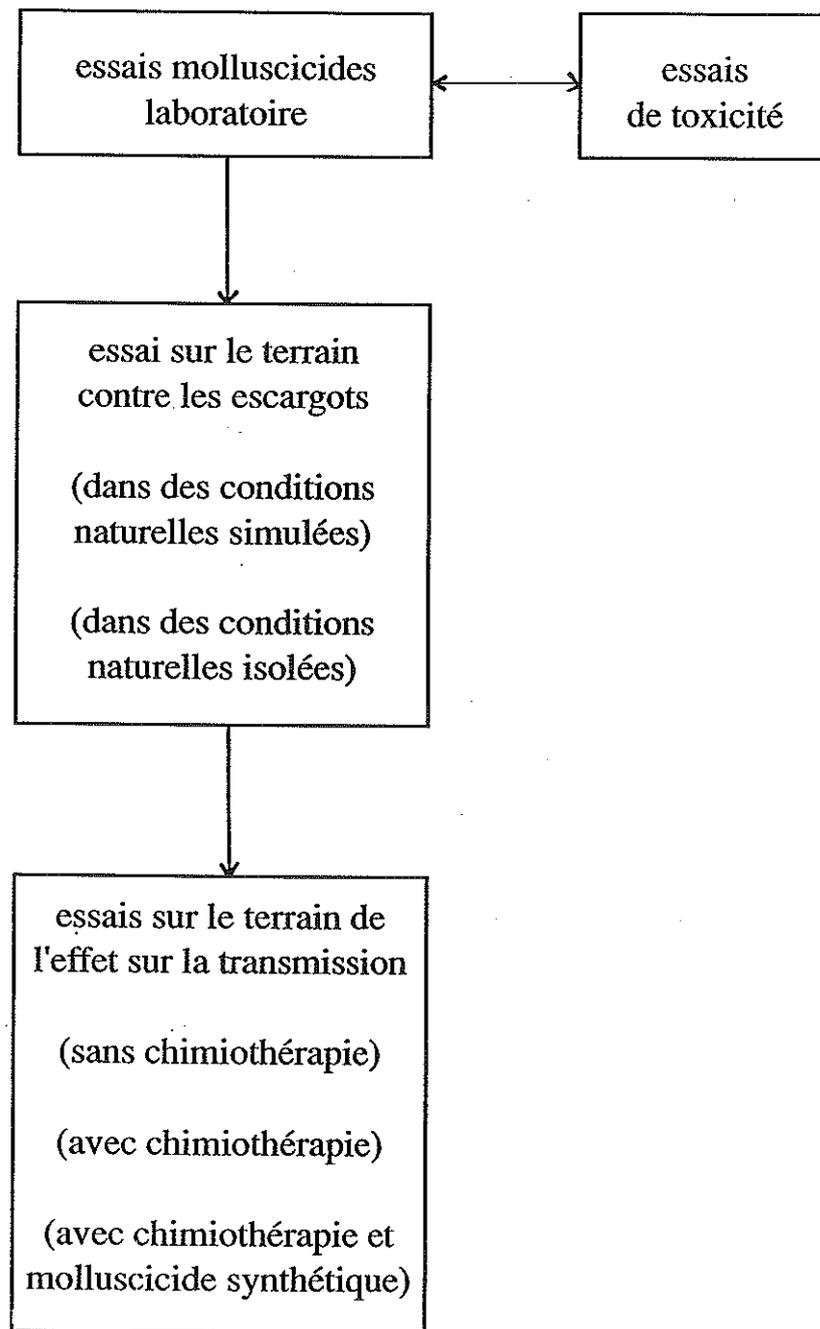


Fig. 8: Schéma de l'évaluation de l'activité molluscicide d'une plante dans des conditions naturelles. (STURROCK et DUNCAN, 1983)

4. Etude toxicologique : (KOEMAN, 1983)

Cette étude doit si possible intervenir avant l'introduction de ces plantes dans l'environnement, c'est-à-dire avant que ne débute l'évaluation du pouvoir molluscicide dans des conditions naturelles. En effet, il est indispensable de connaître leurs possibles effets toxiques sur les Mammifères et sur certains autres groupes d'organismes non mollusques.

Lorsque des préparations molluscicides sont appliquées dans un environnement aquatique, au moins trois dangers potentiels doivent être pris en considération :

- la préparation peut polluer l'eau de boisson ;
- les composés présents dans la préparation peuvent s'accumuler dans les produits alimentaires d'origine aquatique tels que les poissons et les crustacés ;
- des organismes aquatiques non visés peuvent être exposés ou bien directement, ou bien par l'intermédiaire de leur nourriture (plancton...).

Les essais de toxicité sont réalisés sur la préparation molluscicide dérivée de la plante (extraits aqueux ou organiques).

Une étude préliminaire peut comprendre des essais de toxicité aiguë orale chez le rat ; quelques essais de mutagénicité à court terme (Ames tests, tests de mutation dans les cellules animales...) ; et enfin des essais de toxicité chez les poissons du genre *Daphnia* et chez les algues.

Dépendant du résultat de ces essais préliminaires, des essais supplémentaires peuvent être requis (toxicité chronique, semi-chronique, reproduction, etc...).

L'ultime approbation d'une préparation molluscicide ne peut être basée uniquement sur le résultat de ces essais de toxicité. Il faudra continuer de surveiller les effets de cette préparation dans l'environnement, avec des expériences limitées sur le terrain.

E • CLASSIFICATION DES PLANTES MOLLUSCICIDES

1. Présentation des plantes molluscicides :

Le tableau n° 1 (pages suivantes) présente une liste non exhaustive de plantes ayant fait l'objet d'une étude pour évaluer leur pouvoir molluscicide (il regroupe environ 400 espèces de plantes sur plus de 1000 étudiées pour une activité molluscicide). Ces plantes sont classées par familles botaniques, ce qui permet de constater l'extrême diversité des familles concernées.

Dans ce tableau, les valeurs des concentrations étudiées et des taux de mortalité ne sont données qu'à titre indicatif. En effet, les résultats sont très variables d'un pays à l'autre et d'un auteur à l'autre, ceci étant aussi bien lié à l'existence d'une multitude de variétés d'une même plante qu'à une variation de l'activité molluscicide selon les conditions expérimentales utilisées par les différents auteurs. Ainsi, par exemple, la teneur des constituants actifs d'une plante peut varier de manière considérable selon l'origine géographique. Tous ces facteurs sont repris en détail dans le paragraphe F.

Pour certaines de ces plantes, la nature chimique des constituants molluscicides actifs est indiquée. Malheureusement, pour un grand nombre d'entre elles, cette nature est encore mal connue ou inconnue.

On peut remarquer dans les résultats de tous ces essais que les espèces de mollusques *Biomphalaria* et *Bulinus* sont les plus fréquemment utilisées. En effet, il s'agit d'espèces aquatiques convenant beaucoup mieux aux essais que des mollusques amphibies tels que les espèces d'*Oncomelania*. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

Tableau n°1 : Liste des plantes classées par famille (par ordre alphabétique) qui ont été étudiées pour une activité molluscicide.

Sources :

- KLOOS et MC CULLOUGH, 1983 (la plupart des données provenant du système NAPRALERT) ;
- KLOOS et MC CULLOUGH, 1982 ;
- Références indiquées.

Légende :

(a) Partie de plante étudiée : aer = parties aériennes ; ba = baies ; co = coque ; ec = écorce ; ec(ra) = écorce de racine ; ec(ti) = écorce de tige ; fe = feuille ; fr = fruit ; go = gousse ; gr = graines ; lat = latex ; pl = plante entière ; ra = racine ; ram = rameaux ; rh = rhizome ; ti = tige.

Le caractère en italique indique un matériel frais.

(b) Forme d'utilisation de la plante, type d'extrait : ac = acétone ; AcEt = acétate d'éthyle ; alc = alcool ; ben = benzène ; but = butanol ; chlo = chloroforme ; ChMe = chlorure de méthylène ; eau/f = eau/fermentation ; ess = huiles essentielles ; eth = éthanol ; et = éther ; hex = hexane ; meth = méthanol ; petr = éther de pétrole ; S = extractions successives avec différents solvants organiques.

Le caractère en italique indique une extraction à chaud.

(c) Concentration étudiée : les valeurs sont données en ppm ou mg.l⁻¹ pour une durée d'exposition de 24 heures.

(+) : durée d'exposition supérieure à 24 heures

(-) : durée d'exposition inférieure à 24 heures

(?) : durée d'exposition non précisée

(d) Espèces de mollusques étudiées :

• genre *Biomphalaria* : *Bi al* = *B. alexandrina* ; *Bi ch* = *B. choanomphala* ;
Bi gl = *B. glabrata* ; *Bi ha* = *B. havanensis* ; *Bi pf* = *B. pfeifferi* ;
Bi st = *B. straminea* ; *Bi su* = *B. sudanica* ; *Bi te* = *B. tenagophila* ;
Bi sp. = *Biomphalaria* sp.

• genre *Bulinus* : *Bu af* = *B. africanus* ; *Bu gl* = *B. globosus* ; *Bu na* = *B. nasatus* ;
Bu ro = *B. rohlfsii* ; *Bu tr* = *B. truncatus* ; *Bu.sp* = *Bulinus* sp.

- genre *Lymnea* : *Ly ac* = *L. acuminata* ; *Ly co* = *L. columella* ;
Ly cu = *L. cubensis* ; *Ly na* = *L. natalensis* ; *Ly tr* = *L. truncatula* ; *Ly.sp* = *Lymnea*
sp.
- genre *Oncomelania* : *On hu* = *O. hupensis* ; *On no* = *O. nosophora* ;
On qu = *O. quadrasi* .
- autres genres : *Ph oc* = *Physa occidentalis* ; *Pl co* = *Planorbia corneus* ;
Ma co = *Mqrisa cornuarietis*.

(e) Pourcentage de mortalité.

(f) Composés chimiques conférant l'activité molluscicide à la plante : AcPh = acides-phénols ; Alc = alcaloïdes ; AmAc = Amino-acides ; Chal = chalcones ; Coum = coumarines ; Dit = diterpènes ; Flav = flavonoïdes ; Furo = furocoumarines ; Gly = glycosides ; Irid = iridoïdes ; Iso = isobutylamides ; Lac = lactones sesquiterpéniques ; Lim = limonoïdes ; Mono = monoterpènes ; Naph = naphthoquinones ; NeoF = néoflavonoïdes ; Rot = roténoïdes ; Sap = saponines ; Sap.st = saponines stéroïdiques ; Sap.tri = saponines triterpéniques ; Sesq = sesquiterpènes ; ST = stéroïdes et/ou triterpènes ; Tan = tanins ; Tri = triterpènes.

(g) Références.

N.B. : Les plantes indiquées en caractère gras sont étudiées plus en détail dans le paragraphe E.2.

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
I. MONOCOTYLÉDONES							
AGAVACÉES							
- <i>Agave cantala</i>	fe	alc	50	<i>Bi gl</i>	90	Sap : cantalasonine	PANT et SATI (1987)
- <i>Agave sisalana</i>	pl	eau	5000	<i>Bi gl, Bu gl</i>	90	Sap	OTIENO (1966)
- <i>Agave spp</i> (2)	fr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Sansevieria liberica</i>	fe,ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	5	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>S. trifascata</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	0	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Yucca aloifolia</i>	fr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0	Sap, ST	MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Y. pallida</i>	fe	eau	800	<i>Bi gl</i>	20		RITCHIE et al (1963)
- <i>Y. schidigera</i>	fe	eau	700	<i>Bi gl</i>	100	Alc	RITCHIE et al (1963)
AMARYLLIDACÉES							
- <i>Amaryllis vittata</i>	pl	eau	650	<i>Bi al, Bu tr</i>	50	ST	EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
ARACÉES							
- <i>Pistia stratiotes</i>	?	eau	?	?	actif		MANSON-BAHR (1954)
6 autres espèces testées sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a; MEDINA et WOODBURY, 1979)							
BROMELIACÉES							
-« gravata-acu »	fe	eau	1000	<i>Bi gl</i>	40		AMORIN et PESSOA (1962)
- <i>Bromelia spp</i> (2)	fe,fr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
CANNACÉES							
- <i>Canna indica</i>	fe,ra	meth	100	<i>Bi gl, Bu gl</i>	5 - 10	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>C. indica</i>	pl	eau	650	<i>Bi al</i>	100		MAHRAN et al (1977)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
DIOSCOREACÉES							
- <i>Dioscorea cayenensis</i> ss esp <i>rotundata</i> (= <i>D. rotundata</i>)	fe	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	100	Sap, ST	MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>D. hypoglauca</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50 - 90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
LILIACÉES							
- <i>Allium vineale</i>	fe	eau	25	<i>Bi pf</i>	100	Sap	CHEN et SNYDER (1989)
- <i>Aloe secundiflora</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Anemarrhena asphodeloides</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50 - 90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Asparagus curtilus</i>			5-20	<i>Bi gl</i>	100	Sap. st	MARSTON/HOSTETTSMANN (1985)
- <i>A. plumosus</i>			20-25	<i>Bi gl</i>	100	Sap. st	MARSTON/HOSTETTSMANN (1985)
- <i>Dipcadi fesoglense</i>	ec	eau	40	<i>Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>Eriospermum abyssinicum</i>	ra	meth	100	<i>Bi gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Veratrum nigrum</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50 - 90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
ORCHIDACÉES							
- <i>Eulophia guineensis</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	10		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
PONTERIACÉES							
- <i>Eichhornia natan</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	30	Flav, ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
XYRIDACÉES							
- <i>Xyris anceps</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl, Bi gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
ZINGIBERACÉES							
- <i>Alpinia speciosa</i>	fe	eau	10000	<i>Bi gl</i>	0		SILVA et al (1971)
- <i>Alpinia</i> spp		eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Hedychium coronarium</i>	gr	eau	25	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>H. gardnerianum</i>	?	S	?	<i>Bi al</i>	?	TH	SALEH et al (1982)
- <i>Zingiber officinale</i>	rh	meth	100	<i>Bi gl</i>	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
2. DICOTYLÉDONES							
ACANTHACÉES							
- <i>Brillantaisia vogeliana</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	40		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Crossandra flava</i>	fr	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Justicia procumbens</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50 - 90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Lankesteria elegans</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	2	Alc, ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
5 autres espèces testées sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; MEDINA et WOODBURY, 1979)							
AMARANTHACÉES							
- <i>Achyranthes aspera</i>	fe	petr	200	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Aerva javanica</i>	pl	alc.petr	150-200	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Alternanthera nodiflora</i>	pl	petr	150	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
ANACARDIACÉES							
- <i>Anacardium occidentale</i>	co	S	0,4	<i>Bi gl ad.</i>	50	AcPh	SULLIVAN et al (1982)
- <i>A. occidentale</i>	co	hex	0,6	<i>Bi gl ad.</i>	50	AcPh	PEREIRA et DE SOUZA (1974)
- <i>A. occidentale</i>	co	eau	1000	<i>Bi gl, Bi st</i>	?	AcPh	SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>A. occidentale</i>	co	hex	1,4	<i>Bi gl</i> nouv.éclos	50	AcPh	PEREIRA et DE SOUZA (1974)
- <i>A. occidentale</i>	co	hex	18	<i>Bi gl</i> œufs	50	AcPh	PEREIRA et DE SOUZA (1974)
- <i>A. occidentale</i>	ec	eau	260	<i>Bi gl</i>	50	AcPh	LAURENS et al (1987)
- <i>A. occidentale</i>	ec	eau	110(96h)	<i>Bi gl</i>	50	AcPh	LAURENS et al (1987)
- <i>A. occidentale</i>	suc de noix	eau	1	<i>Bi gl</i>	50	AcPh	LAURENS et al (1987)
- <i>Astronium fraxinifolium</i>	ec(ti)	alc,eau	1000	<i>Bi gl</i>	20,40		SOUSA et al (1970)
- <i>Mangifera indica</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>Rhus toxicodendron</i>	fe	eau	1000	<i>On hu</i>	95		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>Spondias mombin</i> (= <i>S. lutea</i>)	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et al (1970)
- <i>Tapirira guianensis</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi st</i>	100		SILVA et al (1971)
4 autres espèces testées sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979 ; ROUQUAYROL et al, 1980 ; SOUSA et al, 1970)							
ANNONACÉES							
- <i>Annona senegalensis</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	85	Tan, Flav	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>A. senegalensis</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	20	Alc, Gly, ST, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>A. squamosa</i>	gr	eth,eau	10000	<i>Bi st</i>	40,100		SILVA et al (1971)
- <i>A. squamosa</i>	ec(ra)	eth,eau	10000	<i>Bi gl</i>	80,100		SILVA et al (1971)
- <i>Cleistopholis patens</i>	ra	meth	100	<i>Bi gl</i>	5		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
5 autres espèces testées sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; MEDINA et WOODBURY, 1979)							

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
APOCYNACÉES							
- <i>Aspidosperma olivaceum</i>	fe,ti	eth	100	<i>Bi gl ad.</i>	100		LOPES et al (1989)
- <i>A. olivaceum</i>	fe,ti	eth	100	<i>Bi gl</i> oeufs	80		LOPES et al (1989)
- <i>Himatanthus bracteata</i> (= <i>Plumeria bracteata</i>)	ti	eth	10000	<i>Bi gl</i>	80		SOUSA et al (1970)
- <i>Hunteria caffra</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	5		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Peschiera affinis</i>	ec(ra)	eth	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et al (1970)
- <i>Rauwolfia caffra</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Alc, Sap	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>R. caffra</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	10	Sap	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>R. ternifolia</i>	ec(ra)	eau	1000(+)	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>Voacanga africana</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	45	Alc, Sap	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
6 autres espèces testées sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a; MEDINA et WOODBURY, 1979)							
ARALIACÉES							
- <i>Aralia balfouriana</i>	ra,fe,fr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>A. chinensis</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Cussonia spicata</i>	ec(ti)	eau	400	<i>Bi gl</i>	?	Sap	GUNZINGER et al (1986)
- <i>Hedera helix</i>	ba	meth	40	<i>Bi gl</i>	?	Sap, Tri	HOSTETTANN (1980)
- <i>Polyscias guilfoylei</i>	fe,ti	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
ASCLÉPIADACÉES							
- <i>Asclepias curassavica</i>	ra	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Cryptostegia grandiflora</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Flav, ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
BERBERIDACÉES							
- <i>Berberis</i> sp	fe,ti	eau	10000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
BIGNONIACÉES							
- <i>Crescentia cujete</i>	pl	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Kigelia africana</i>	fr	meth	100	<i>Bi gl</i>	100		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>Tabebuia caraiba</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et al (1970)
BOMBACÉES							
- <i>Bombax costatum</i>	ti,gr,ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
BORAGINACÉES							
- <i>Cordia ruthii</i>	ra	petr	100	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
BURSERACÉES							
- <i>Bursera simaruba</i> (= <i>Elaphrium simaruba</i>)	gr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Dacryodes edulis</i>	ra,gr	meth	100	<i>Bu gl</i>	0		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>Protium heptaphyllum</i>	ec	ess	?	<i>Bi gl</i>	60		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>Protium</i> sp	ec	ess	?	<i>Bi gl</i>	0		ROUQUAYROL et al (1980)
CANELLACÉES							
- <i>Warburgia ugandensis</i>			5 (2h)	<i>Bi pf, Ly na</i>	50	Ses(muzigadial)	NAKANISHI et KUBO (1977)
- <i>W. ugandensis</i>			10(2h)	<i>Bi pf, Ly na</i>	50	Ses(warburganal)	NAKANISHI et KUBO (1977)
- <i>W. stuhlmanni</i>			20	<i>Bi gl</i>	50	Ses(mukaadial)	MARSTON HOSTETTMMANN (1985)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCIGIDES (e)	REFERENCES
CANNABINACÉES							
- <i>Cannabis sativa</i> (= <i>C. indica</i>)	fl	eth	1000	<i>Bi gl</i>	100		SOUZA et al (1970)
- <i>C. sativa</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
CAPPARIDACÉES							
- <i>Cadaba glandulosa</i>	ra	alc	250	<i>Bu tr</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Cleome brachycarpa</i>	fe,ti	petr	75	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
CAPRIFOLIACÉES							
- <i>Lonicera nigra</i>			2	<i>Bi gl</i>	100	Sap.tri	MARSTON HOSTETTMANN (1985) ; HOSTETTMANN et al (1982)
CARICACEES							
- <i>Carica papaya</i>	gr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>C. papaya</i>	fr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	0		KLOOS et al (1987)
CASUARINACÉES							
- <i>Casuarina equisetifolia</i> (= <i>C. equinaceae</i>)	fe,fr	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100	Tan	MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>C. equisetifolia</i>	ec	eau	500	<i>Pl co</i>	50		COWPER (1946)
CÉLASTRACÉES							
- <i>Austroplencia populnea</i>	ti	eth	10	<i>Bi gl ad.</i>	100		LOPES et al (1989)
- <i>A. populnea</i>	ti	eth	100	<i>Bi gl œufs</i>	100		LOPES et al (1989)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
CHENOPODIACÉES							
- <i>Atriplex halimus</i>	pl	poudre sèche	62	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	dans l'eau	98	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	- -	175	<i>Bi al</i>	100		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	<i>eth</i>	125	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	<i>eth</i>	205	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	<i>ac</i>	142	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. halimus</i>	pl	<i>ac</i>	225	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
- <i>A. leucoclada</i>	pl	eau	175	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1987)
- <i>A. leucoclada</i>	pl	eau	300	<i>Bi al</i>	100		SHOEB et al (1987)
- <i>Chenopodium ambrosioides</i>	fe	eau	1000	<i>Bi gl, Bi st</i>	?	Sap, ST, Mono	SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>C. ambrosioides</i>	aer	chlo	160	<i>Bi al</i>	50	Mono	EL-EMAM et SHOEB (1975)
- <i>Kochia scoparia</i>	gr	eau	10000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
CHRYSOBALANACÉES							
- <i>Acioa barteri</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>A. rudatisii</i> (= <i>A. lehmbachii</i>)	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>Hirtella racemosa</i> var. <i>hexandra</i> (= <i>H. americana</i>)	ec(ti)	eau	1000	<i>Bi gl</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
COCHLOSPERMACÉES							
- <i>Cochlospermum insignne</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl, Bi st</i>	80		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>C. regium</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	0		ROUQUAYROL et al (1980)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
COMBRETACÉES							
- <i>Combretum fragrans</i> (= <i>C. ghasalense</i>)	ra,ti	meth	100	<i>Bi gl, Bu gl</i>	100		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>C. molle</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	80		KLOOS et al (1987)
- <i>C. molle</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Terminalia brownii</i>	fe	petr	200	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>T. kilimandscharica</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>T. kilimandscharica</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>T. kilimandscharica</i>	go	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>T. mollis</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>T. mollis</i>	ec(ti)	meth	100	<i>Bu gl</i>	50		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
- <i>Terminalia spp(2)</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	10-15		ADEWUNMI/SOFOWORA (1980a)
2 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm ; 4 espèces sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; SHERIF et EL-SAWY, 1962 ; SILVA et al, 1971)							
COMPOSÉES (ASTERACÉES)							
- <i>Ambrosia maritima</i> (= <i>A. senegalensis</i>)	fe,ti	eau	375(?)	<i>Ly na, Bu gl</i>	100	Sap,ST,Lac	VASSILIADES et DIAW (1980)
- <i>A. maritima</i>	fe,fl	eau	1000	<i>Bi al, Bu tr</i>	30		SHERIF et EL-SAWY (1962)
- <i>A. maritima</i>	pl	eau	200	<i>Bi gl</i>	50		LUGT (1981)
- <i>A. maritima</i>	pl	alc	2000	<i>Bi al, Bu tr</i>	0		SHERIF et EL-SAWY (1962)
- <i>A. maritima</i>	fe,gr	eau	1000	<i>Bi gl</i>	100		KLOOS et al (1982a)
- <i>Artemisia maritima</i>	fe	ess	800(?)	<i>Ly ac</i>	20		KHAND et QUADRI (1974)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIEE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIEE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIEES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
-A. kurramensis	fe	ess	800(?)	<i>Ly ac</i>	20		KHAND et QUADRI (1974)
-A. apiacea	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Aspilia mossambicensis</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	53		KLOOS et al (1987)
-A. mossambicensis	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	53		KLOOS et al (1987)
-A. mossambicensis	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
-Aster tataricus	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Baccharis genistelloides</i> var. <i>trimer</i> (=B. <i>trimer</i>)	gr,fr,fl	eth	?	<i>Bi gl</i>	100	Dit,Flav	FRISCHKORN (1978)
- <i>Bidens pilosa</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	27		KLOOS et al (1987)
-B. pilosa	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	27		KLOOS et al (1987)
-B. pilosa	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>Calendula micrantha officinalis</i>	pl	eth	56	<i>Bi al</i>	90		EL-EMAM et al (1986)
-C. officinalis	pl	eth	60	<i>Bu tr</i>	90		EL-EMAM et al (1986)
-C. officinalis	pl	eth	86	<i>Ly na</i>	90		EL-EMAM et al (1986)
- <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	fe	eau	50	<i>Bi gl</i>	8		TEKLE (1977)
- <i>Chrysanthemum</i> spp			15	<i>Bi ha</i>	100	pyrethrosine	YOKE MARCHANT et al (1984)
- <i>Eremanthus glomeratus</i>	pl	hex	100	<i>Bi gl</i>	65	Sap,ST,Flav	BARROS et al (1985)
- <i>Ethulia conyzoides</i>	fe	petr	200	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Eupatorium halimifolium</i>	aer	eth	100	<i>Bi gl ad.</i>	90		LOPES et al (1989)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉS (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>E. halimifolium</i>	aer	eth	100	<i>Bi gl</i> œufs	100		LOPES et al (1989)
- <i>E. odoratum</i>	?	eth	100	<i>Bu gl</i>	60		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Helenium</i> sp			10	<i>Bi ha</i>	100	hélénaline	YOKE MARCHANT et al (1984)
- <i>Heliotropis longipes</i>	ra	eau	3000	<i>Ly sp</i>	100	Iso	JOHNS et al (1982)
- <i>Inula britannica</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Jaegeria hirta</i>	pl	hex/AcEt	100	<i>Bi gl</i> ad et œufs	100		LOPES et al (1989)
- <i>J. hirta</i>	pl	chlo	100	<i>Bi gl</i> ad et œufs	100		LOPES et al (1989)
- <i>Lactuca capensis</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>L. capensis</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>Launaea leynaena</i>	pl	petr	250	<i>Bu tr</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>L. leynaena</i>	pl	petr	100	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Parthenium hysterophorus</i>			100	<i>Bi ha</i>	40	parthénine	YOKE MARCHANT et al (1984)
- <i>P. hysterophorus</i>			100	<i>Bi ha</i>	10	coronopiline	YOKE MARCHANT et al (1984)
- <i>Podochaeminum eminens</i>			1	<i>Bi gl</i>	100	Sesq(mukaadial)	MARSTON/HOSTETTSMANN(1985)
- <i>P. eminens</i>			1	<i>Bi gl</i>	100	7-hydroxy-3-desoxyaluzanine	HOSTETTSMANN et al (1984)
- <i>Psathyrotes ramosissima</i>			20	<i>Bi gl</i>	50	désacétylisoténuline	KUBO et MATSUMOTO (1984a)
- <i>Pulicaria crispa</i>	fe	petr	100	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>P. crispa</i>	fe	petr	50	<i>Bu tr</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>P. cristata</i>	fe,ti	petr	200	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>Sphaeranthus gomphrenoides</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>S. gomphrenoides</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10		KLOOS et al (1987)
- <i>S. gomphrenoides</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>Spilanthes maritima</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>S. maritima</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>S. maritima</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>Tithonia diversifolia</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>T. diversifolia</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
- <i>Vernonia brachycalyx</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
- <i>V. brachycalyx</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	13		KLOOS et al (1987)
- <i>V. lapiopus</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>V. lapiopus</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10		KLOOS et al (1987)
- <i>V. lapiopus</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10		KLOOS et al (1987)
- <i>Wedelia caracasana</i> (= <i>W. scaberrima</i>)	fl	eau	10	<i>Bi gl</i>	100	Dit (acide entkaur-16 ène-19 oïque)	TOMASSINI et MATOS (1979)
- <i>W. scaberrima</i>	fe	eth	13	<i>Bi gl</i>	actif	Sap	MATOS et TOMASSINI (1983)
- <i>W. scaberrima</i>			8	<i>Bi gl</i>	actif	wédéline	MATOS et TOMASSINI (1983)
- <i>W. parviceps</i>			50	<i>Ph oc</i>	100	Iso(affinine)	JOHNS et al (1982)

3 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+) (ROUQUAYROL et al, 1980 ; SILVA et al, 1971) ;

12 espèces testées sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; MEDINA et WOODBURY, 1979 ; ROUQUAYROL et al, 1980)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
CONVOLVULACÉES							
- <i>Evolvulus martii</i>	aer	eth	100	<i>Bi gl</i> ad et oeufs	100		LOPES et al (1989)
CORNACÉES							
- <i>Cornus florida</i>	ec	meth	100	<i>Bi gl</i>	?	Sap. st	HOSTETTMANN et al (1978)
CUCURBITACÉES							
- <i>Cayaponia america</i>	pl	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Cucumis abyssinicus</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	27		KLOOS et al (1987)
- <i>C. abyssinicus</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	13		KLOOS et al (1987)
- <i>C. abyssinicus</i>	gr,fr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>Cucurbita foetidissima</i>	ra	eau	450	<i>Bi gl</i>	100		RITCHIE et al (1963)
- <i>C. pepo</i>	gr	eau	10000	<i>Bi st</i>	0		SILVA et al (1971)
- <i>Luffa operculata</i>	fr	eau	1000	<i>Bi st</i>	60		SILVA et al (1971)
- <i>L. cylindrica</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Momordica cochinchinensis</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>M. charantia</i>	fr	eau	1000(+)	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>M. tuberosa</i>	fe	petr	25	<i>Bu tr</i>	100	Sap,ST,Tan	AHMED et al (1984)
- <i>M. tuberosa</i>	fe	petr	50	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Wildebrandia</i> sp	ti	eau,eth	10000	<i>Bi gl</i>	10		SOUSA et al (1970)
CYPERACÉES							
- <i>Cyperus rotundus</i>	ra	petr	250	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Scirpus praelongatus</i>	pl	petr	100	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
DILLENIA CÉES							
- <i>Curatella americana</i>	ti	eau	10000	<i>Bi st</i>	80		SILVA et al (1971)
DIPTEROCARPÉES							
- <i>Dryobalanops aromatica</i>	ti	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
DROSERACÉES							
- <i>Drosera rotundifolia</i>			2	<i>Bi gl</i>	100	Naph(plumbagine)	MARSTON et al (1984a)
EBENACÉES						Naph :	
- <i>Diospyros usambarensis</i>			5	<i>Bi gl</i>	100	7-méthyljuglone	MARSTON et al (1984a)
- <i>D. usambarensis</i>			50(+)	<i>Bi gl</i>	100	isodiospyrine	MARSTON et al (1984a)
- <i>D. usambarensis</i>			50(+)	<i>Bi gl</i>	100	mamegakinone	MARSTON et al (1984a)
						+Sap, Flav	GAFNER et al (1987)
ELATINACÉES							
- <i>Bergia suffruticosa</i>	fe	petr	100	<i>Bu tr</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>B. suffruticosa</i>	fe	petr	150	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>B. suffruticosa</i>	pl	alc,petr	150-200	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
ERICACÉES							
- <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>			50	<i>Bi gl</i>	100	Tan	HOSTETTMMANN (1984)
- <i>Rhododendron molle</i>	fr	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	90	ericoline	INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>R. molle</i>	fl	eau	5000(+)	<i>On hu</i>	100	andromedotoxine	INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>R. molle</i>	fl	eau	2500(+)	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
EUPHORBIACEES							
<i>-Acalypha ornata</i>	fe,ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	10(+)	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
<i>-Bridelia atroviridis</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
<i>-Croton macrostachys</i>	gr	eau	0,1	<i>Bu tr, Ly sp</i>	90	Alc,ST	DAFFALLA et AMIN (1976)
<i>-C. macrostachys</i>	gr	eau	0,1	<i>Bu tr</i>	90		DAFFALLA et AMIN (1976)
<i>-C. macrostachys</i>	gr	eau	20	<i>Bi pf</i>	90		DAFFALLA et AMIN (1976)
<i>-C. macrostachys</i>	gr	eau	200	<i>Bi gl</i>	0		LUGT (1981)
<i>-C. macrostachys</i>	gr	eau	50	<i>Bi gl</i>	90		DAFFALLA et AMIN (1976)
<i>-C. macrostachys</i>	gr	eau	20(?)	<i>Bi pf</i> oeufs	100(?)		DAFFALLA et AMIN (1976)
<i>-C. megalocarpus</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	47		KLOOS et al (1987)
<i>-C. megalocarpus</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
<i>-C. tiglium</i>	gr	eau	0,7(+)	<i>On qu</i>	50	Alc	YASURAOKA et al (1979a)
<i>-C. tiglium</i>	gr	et	0,1(+)	<i>On qu</i>	50		YASURAOKA et al (1979a)
<i>-C. tiglium</i>	gr	alc	30	<i>On hu</i>	93		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
<i>-C. tiglium</i>	gr	eau	100	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
<i>-Cyrtonone argentea</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
<i>-Euphorbia aegyptiaca</i>	pl	petr	50	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	ST	AHMED et al (1984)
<i>-E. candelabrum</i>	fe,aer	eau	8	<i>Bi gl</i>	100		TESFAIGZI (1978)
<i>-E. cotinifolia</i>	fe	hex	2-8	<i>Bi gl</i>	90		PEREIRA et al (1980)
<i>-E. cotinifolia</i>	fe	hex	1,2-3,4	<i>Bi gl</i> ad	90		PEREIRA et al (1978)
<i>-E. cotinifolia</i>	fe	hex	4,8-8	<i>Bi gl</i> nouv. éclos.	90		PEREIRA et al (1978)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
<i>-E. cotinifolia</i>	fe	hex	13-48	<i>Bi gl</i> œufs	90		PEREIRA et al (1978)
<i>-E. helioscopia</i>	jus de tige	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
<i>-E. lactea</i>	?	eth	2-4(?)	<i>Bi al</i>	90	Dit	ABOU EL-HASSAN et al (1980)
<i>-E. lactea</i>	pl	but(S)	22.0	<i>Bi al</i>	90		EL-EMAM et al (1982)
<i>-E. lactea</i>	pl	petr(S)	10.2	<i>Bi al</i>	90		EL-EMAM et al (1982)
<i>-E. lactea</i>	pl	eth(S)	14.5(+)	<i>Bu tr, Bi al</i>	90		EL-EMAM et al (1982)
<i>-E. lactea</i>	?	but	9.8(?)	<i>Bi al</i>	50		ABOU EL-HASSAN et al (1980)
<i>-E. lactea</i>	?	petr	5(?)	<i>Bi al</i>	50		ABOU EL-HASSAN et al (1980)
<i>-E. lactea</i>	?	et	4(?)	<i>Bi gl</i>	50		ABOU EL-HASSAN et al (1980)
<i>-E. lactea</i>	?	ben	4.8(?)	<i>Bi al</i>	50		ABOU EL-HASSAN et al (1980)
<i>-E. mauritania</i>	?	eth	10	?	90	Spsst,Alc,Flav,Gly,Tan	ABDEL-ALIM et KAMEL (1984)
<i>-E. pulcherrima</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	10	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
<i>-E. royleana</i>	fe,aer	eau	1.9	<i>Ly ac</i>	90	Tan,ST,AmAc	SINGH et AGARWAL (1984)
<i>-E. royleana</i>	fe	eth	40	<i>Bi al</i>	100		MAHASEN et MOHSEN (1981)
<i>-E. royleana</i>	ti	eth	50	<i>Bi al</i>	100		MAHASEN et MOHSEN (1981)
<i>-E. splendens</i>	lat	eau	0.32	<i>Bi gl</i>	50		DE VASCONCELLOS/SCHALL(86)
<i>-E. splendens</i>	lat	eau	0.45	<i>Bi gl</i>	90		DE VASCONCELLOS/SCHALL(86)
<i>-E. splendens</i>	fe,ti,ec	hex,alc	100	<i>Bi gl</i>	90		MENDES et al (1984)
<i>-E. sieboldiana</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
<i>-Jatropha aceroides</i>	gr	eau	40	<i>Bu tr</i>	80		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
<i>-J. aceroides</i>	gr	S	40	<i>Bu tr</i>	60		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>J. aethiopica</i>	ra,ti	eau	250	<i>Bu tr</i>	10,20		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>J. curcas</i>	gr	eau	27-48(+)	<i>On qu</i>	90		YASURAOKA et al (1979b)
- <i>J. curcas</i>	gr	but	45(+)	<i>On qu</i>	50		YASURAOKA et al (1979b)
- <i>J. curcas</i>	gr	meth	7(+)	<i>On qu</i>	50		YASURAOKA et al (1979b)
- <i>J. curcas</i>	gr,ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		ADEWUNMI/MARQUIS (80b,81a)
- <i>J. curcas</i>	ra	eau	160	<i>Bu tr</i>	50		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>J. curcas</i>	ttes parties	eau	1000	<i>Ly cu</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>J. curcas</i>	ra	alc	100	<i>Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>J. gossypifolia</i>	fr	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Alc,Flav	ADEWUNMI et MARQUIS (1980b)
- <i>J. podagrica</i>	gr,ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		ADEWUNMI et MARQUIS (1980b)
- <i>Manihot esculenta</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	13	Alc,Sap	KLOOS et al (1987)
- <i>M. glaziovii</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	15	ST,Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Phyllanthus niruri</i>	ra	petr	25	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Ricinus communis</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Synadenium glaucescens</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	80		KLOOS et al (1987)

8 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+);

26 sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a; MEDINA et WOODBURY, 1979; ROUQUAYROL et al, 1980; SILVA et al, 1971; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974; SOUSA et al, 1970)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
FICOIDACEES							
- <i>Trianthema pentandra</i>	fe	alc	250	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
FLACOURTIACEES							
- <i>Casearia guianensis</i>	ec(ra)	eau	1000(+)	<i>Bi gl</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
GUTTIFERES							
- <i>Calophyllum verticillatum</i>	ec(ti),fe,gr	ChMe	100	?	100	NeoF	RAVELONJATO et al (1987)
HYDROPHYLLACEES							
- <i>Hydrolea spinosa</i>	aer	eau	1000(+)	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et al (1970)
IRIDIIEES							
- <i>Belamcanda chinensis</i>	ti,ra	eau	1000	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
JUGLANDACEES							
- <i>Juglans regia</i>			10	<i>Bi gl</i>	100	Naph(juglone)	MARSTON et al (1984a)
LABIEES							
- <i>Fuerstia africana</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>F. africana</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>Hyptis pectinata</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>H. pectinata</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>H. pectinata</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	25	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Ocinum basilicum</i> (= <i>O. canum</i>)	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	40	ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>O. basilicum</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>O. basilicum</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
- <i>O. basilicum</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
- <i>O. gratissimum</i>	aer	ess	?	<i>Bi gl</i>	80		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>Perilla frutescens</i> (= <i>Escholtzia polystachya</i>)	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Plectranthus barbatus</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>P. barbatus</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
6 autres espèces testées sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979; ROUQUAYROL et al, 1980; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)							
LAURACEES							
- <i>Persea americana</i> (= <i>P. gratissima</i>)	gr	eau,alc	10000	<i>Bi st</i>	100	Sap.st	SILVA et al (1971)
LEGUMINEUSES							
CESALPINEES							
- <i>Caesalpinia coriaria</i>	fr	eau	?	<i>Ly sp</i>	?		ANANTARAMAN (1955)
- <i>Cassia singueana</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	5	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>C. singueana</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>C. singueana</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>Delonix regia</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	20	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Dialium guineense</i>	fr	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Dolichos kilimandscharicus</i>	ra	meth				Sap	MARSTON et al (1988)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>Gleditsia sinensis</i>	gr	eau	10000(+)	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>Swartzia madagascariensis</i>	fe,ti	eau	5000	<i>Bu gl</i>	100	Sap	MOZLEY (1944)
- <i>S. madagascariensis</i>	go(gr)	eau	200	<i>Bu gl</i>	100		MOZLEY (1944)
- <i>S. madagascariensis</i>	go(gr)	eau	100	<i>Bu gl</i>	100		SUTER et al (1986)
- <i>S. simplex</i>	fe	meth	400	<i>Bi gl</i>	100		BOREL et al (1987)
- <i>Tamarindus indica</i>	gr	meth	100	<i>Bu gl</i>	10		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
6 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm (MAHRAN et al, 1977 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974) ;							
14 espèces sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; MEDINA et WOODBURY, 1979 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974 ; SOUSA et al, 1970)							
LÉGUMINEUSES							
MIMOSACÉES							
- <i>Acacia albidica</i>							
- <i>A. nubica</i>							
- <i>A. saligna</i>	ec(ti)	AcEt	100	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Tan	HUSSEIN AYOUB et YANKOV (1987)
- <i>A. seyal</i>							
- <i>A. catechu</i>	ec(ti)	AcEt	75	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Tan	HUSSEIN AYOUB et YANKOV (1987)
- <i>A. decurrens var. mollis</i>							
- <i>A. dudgeoni</i>	fe,ec(ti)	meth	100	<i>Bu gl</i>	60	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>A. nilotica</i>	go(fr)	eau	120	<i>Bu gl</i>	100	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>A. nilotica</i>	go(fr)	eth	100	<i>Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>A. nilotica</i>	ti	eau	500	<i>Bi gl</i>	100		KLOOS et al (1982a)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉS (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
-A. nilotica	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
-A. nilotica	gr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
-A. nilotica	go	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
-A. nilotica	go(fr)	ac	75	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Tan	HUSSEIN AYOUB (1982a)
-A. nilotica	go(fr)	eth	150	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1982a)
-A. nilotica	go(fr)	eau	200	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1982a)
-A. nilotica	ec(ti)	ac	75	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1983)
-A. nilotica	ec(ti)	eth	100	<i>Bi pf</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1983)
-A. nilotica	ec(ti)	eth	150	<i>Bu tr</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1983)
-A. nilotica	ec(ti)	eau	150	<i>Bu tr</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1983)
-A. nilotica	ec(ti)	eau	200	<i>Bi pf</i>	100		HUSSEIN AYOUB (1983)
-Calliandra portoricensis	ra	eth	20	<i>Bu gl</i>	?		ADEWUNMI et MARQUIS (1981a)
-C. portoricensis	ra	meth	20	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
-Distrostachys cinerea	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et MARQUIS (1981a)
-Entada phaseoloides	ec	S	3,6	<i>On qu</i>	100		YASURAOKA et al (1977)
-E. phaseoloides	ec	eau, eth, ben	500(+)	<i>On qu</i>	50		YASUAROKA et al (1977)
-E. phaseoloides	ec	ben	3,6-5,8(+)	<i>On qu</i>	100		YASUAROKA et al (1977)
-Piptadenia biuncifera	ec(ra)	eau	500	<i>Bi gl, Bi st</i>	60		SILVA et al (1971)
-P. macrocarpa	ec(ra)	eau	1000	<i>Bi gl</i>	100		AMORIN et PESSOA (1962)
-P. macrocarpa	ec(ra)	eth	500	<i>Bi gl, Bi st</i>	100		SILVA et al (1971)
-Pithecellobium multiflorum	gr	eau	100	<i>Bi st</i>	90		ROUQUAYROL et al (1973)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>Samanea saman</i> (= <i>Albizia saman</i>)	fr	eau	500	<i>Bi gl, Bi st</i>	100		SILVA et al (1971)
- <i>S. saman</i>	gr	eau	100	<i>Bi st</i>	100	Alc	ROUQUAYROL et al (1973)
- <i>S. saman</i>	gr	S	4,9	<i>Bi st</i>	90		ROUQUAYROL et al (1973)
- <i>Albizia anthelmintica</i>	ec(ra)	but		<i>Bi gl</i>		Sap(musenine)	CARPANI et al (1989)
- <i>Stryphnodendron coriaceum</i>	ec(ti)	eau	1000(+)	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et al (1970)
- <i>Tetrapleura tetraptera</i>	fr	eau	100	<i>Bu gl</i>	100	Sap, Gly	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>T. tetraptera</i>	fr	meth	10	<i>Bu gl</i>	100		ADESINA et al (1980)
- <i>T. tetraptera</i>	ec(ti)	meth	2	<i>Bu gl</i>	50		ADEWUNMI et MARQUIS (1981b)
- <i>T. tetraptera</i>	ec(ti)	meth	2	<i>Ly na</i>	50		ADEWUNMI et MARQUIS (1981b)
- <i>T. tetraptera</i>	ec(ti)	meth	5,2	<i>Bi pf</i>	50		ADEWUNMI et MARQUIS (1981b)
<p>9 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+) (ALZERRECA et al, 1981 ; AMORIN et PESSOA, 1962 ; MEDINA et WOODBURY, 1979 ; MOZLEY, 1939 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974) ; 2 sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974 ; SOUSA et al, 1970)</p>							
LEGUMINEUSES							
PAPILIONACÉES							
- <i>Astragalus sinicus</i>	fe	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>Calopogonium velutinum</i> (= <i>Stenolobium velutinum</i>)	ec, fl, fe	eau	1000	<i>Bi gl</i>	100		AMORIN et PESSOA (1962)
- <i>C. velutinum</i>	ram, fr	eau	1000(+)	<i>Bi st</i>	100		AMORIN et PESSOA (1962)
- <i>Calpurnia aurea</i>	?	meth	?	<i>Bi gl</i>	?	Alc	KUBO et al (1984b)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>Crotalaria senegalensis</i>	fe	petr	250	Bu tr	100		AHMED et al (1984)
- <i>Derris elliptica</i>	ra	eau	20	Bu gl	100	Rot	MOZLEY (1939)
- <i>Dioclea reflexa</i>	ra	meth	100	Bu gl	70		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Erythrina abyssinica</i>	ti	eau	1000	Bi pf	30		KLOOS et al (1987)
- <i>Indigofera kerstingii</i>	fe,ra	meth	100	Bu gl	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>I. secundiflora</i>	ra,ti	meth	100	Bu gl	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>I. spicata</i>	ti	meth	100	Bu gl	30		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>I. suffruticosa</i>	gr	eau	100	Ly cu, Ly co	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Indigofera</i> sp	fe	eau	1000	Bi pf	10		KLOOS et al (1987)
- <i>Indigofera</i> sp	ec(ra)	eau	1000	Bi pf	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Millettia thonningii</i>	gr	eau(susp)	500	Bu tr	100		EVANS et al (1986)
- <i>Neorautanenia miiti</i>	ra	eau	500	Bu gl	100		TEESDALE (1954)
(= <i>N. pseudopachyrhiza</i>)							
- <i>Requienia obcordata</i>	fe	alc, petr	150-200	Bu tr, Bi pf	100		AHMED et al (1984)
- <i>Sesbania sesban</i>	fe	eau	100	Bi gl	100	Sap	LUGT (1981)
- <i>S. sesban</i>	fe	eau	10	Bi gl	100		TEESDALE (1954)
- <i>S. sesban</i>	fe	petr	50-100	Bu tr, Bi pf	100		AHMED et al (1984)
- <i>S. sesban</i>	fe	alc	100-200	Bu tr, Bi pf	100		AHMED et al (1984)
- <i>Stylosanthes viscosa</i>	ti	meth	100	Bu gl	35	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Tephrosia pseudolongipes</i>	fe	petr	10	Bu tr	100	Flav, Tan, ST	AHMED et al (1984)
- <i>T. pseudolongipes</i>	fe	petr	25	Bi pf	100		AHMED et al (1984)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>T. sinapou</i> (= <i>T. toxicara</i>)	ra	eau	1000	<i>Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>T. vogelii</i>	fe	eau	250(+)	<i>Bu gl</i>	100	Alc(ti),Rot(?)	RANSFORD (1948)
- <i>T. vogelii</i>	fe,fr,ti	eau	?	<i>Bu gl</i>	28-100		MOZLEY (1944)
- <i>T. vogelii</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>T. vogelii</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10		KLOOS et al (1987)
- <i>T. vogelii</i>	go	eau	1000	<i>Bi pf</i>	13		KLOOS et al (1987)
- <i>T. vogelii</i>	gr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10		KLOOS et al (1987)
- <i>Tephrosia</i> sp	fe	eau	10000(+)	<i>Pl co</i>	80		COWPER (1946)
- <i>Vigna coerulea</i>	fe	petr	50-75	<i>Bu tr,Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>Zornia setosa</i> ss-esp <i>obvata</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>Z. setosa</i> ss-esp <i>obvata</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
<p>10 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+) (AMORIN et PESSOA, 1962 ; MEDINA et WOODBURY, 1979 ; MOZLEY, 1939 ; ALZERRECA et al, 1981 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974 ; SOUSA et al, 1970) ; 11 sont inactives (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a; SILVA et al, 1971 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)</p>							
LOGANIACÉES							
- <i>Antonia ovata</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	50		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>Buddleia officinalis</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Strychnos ignatii</i>	gr	eau	100	<i>On hu</i>	93,3		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>S. nux-vomica</i>	gr	eau	1000	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>S. parviflora</i>	ec(ti)	eau	1000(+)	<i>Bi gl,Bi st</i>	?		SOUSA et al (1970)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
LYTHRACÉES							
- <i>Lawsonia inermis</i>			50	<i>Bi gl</i>	100	Naph(iso)juglone)	MARSTON et al (1984a)
MAGNOLIACÉES							
- <i>Magnolia liliiflora</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Talauma ovata</i>	fe	hex/AcEt	100	<i>Bi gl ad</i> et œufs	100		LOPES et al (1989)
- <i>T. ovata</i>	fe	eth	100	<i>Bi gl ad</i>	100		LOPES et al (1989)
- <i>T. ovata</i>	fe	eth	100	<i>Bi gl</i> œufs	88		LOPES et al (1989)
MALPIGHIACÉES							
- <i>Brysonima sericea</i>	ec(ti)	eau,eth	200	<i>Bi gl,Bi st</i>	80		SILVA et al (1971)
- <i>B. sericea</i>	ec(ti)	eau	1000(-)	<i>Bi st</i>	100		SILVA et al (1971)
MALVACÉES							
- <i>Pavonia burchelli</i>	fe,ti	petr	250	<i>Bu tr</i>	100		AHMED et al (1984)
MELIACÉES							
- <i>Azadirachta indica</i> (= « neem margosa »)	fr	eau	5000(-)	<i>Ma co</i>	100	ST	MULEY (1978)
- <i>Ekebergia senegalensis</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Guarea trichilioides</i>	fe,fr	eau	1000	<i>Ly co,Ly cu</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Khaya grandifoliola</i>	ec(ti)	eth,petr	16,75	<i>Bu.sp</i>	50	Lim	MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	ec(ti)	eth,petr	27,50	<i>Bu.sp</i>	90		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	ec(ti)	eth,petr	18,25	<i>Ly na</i>	50		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	ec(ti)	eth,petr	28,50	<i>Ly na</i>	90		MAKANGA et ODYEK (1989)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>K. grandifoliola</i>	gr	eth, petr	14,75	<i>Bu.sp</i>	50		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	gr	eth, petr	26,50	<i>Bu.sp</i>	90		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	gr	eth, petr	18	<i>Ly na</i>	50		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>K. grandifoliola</i>	gr	eth, petr	26,75	<i>Ly na</i>	90		MAKANGA et ODYEK (1989)
- <i>Melia azedarach</i>	ra, fe	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
MORACÉES							
- <i>Chlorophora tinctoria</i>	ec(ti)	eth	10000	<i>Bi gl</i>	40		SOUSA et al (1970)
- <i>Dorstenia cayapia</i>	ra	eau	1000(+)	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>Ficus glumosa</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	40		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>F. sycamoros</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>F. sycamoros</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	73		KLOOS et al (1987)
- <i>F. thoningii</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>F. thoningii</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
MYRSINACÉES							
- <i>Embelia schimperi</i>	fr	eau	100	<i>Bu gl</i>	40		KLOOS et MC CULLOUGH (1982)
- <i>Myrsine africana</i>	fr	eau	1000	<i>Bi gl</i>	93		KLOOS et MC CULLOUGH (1982)
MYRTACÉES							
- <i>Eucalyptus acmenoides</i> (= <i>E. triantha</i>)	fe, fe?	eau	500-1000(+)	<i>Ly.sp</i>	100	Alc, Tan	BROBERG (1982)
- <i>E. citriodora</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	100	Tan, Mono	ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>E. largiflorens</i> (= <i>E. bicolor</i>)	fe, fe?	eau	500-1000	<i>Ly.sp</i>	100		BROBERG (1982)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTÉ ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTÉ TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>E. saligna</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	0	Tan	BROBERG (1982)
- <i>Eucalyptus</i> sp	ti	eau	2000	<i>Bu gl</i>	75-100	Tan	MOZLEY (1944)
- <i>Eucalyptus</i> sp	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Eucalyptus</i> sp	gr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Eucalyptus</i> spp	fe	eau	200	<i>Pl co</i>	0	Tan	COWPER (1946)
- <i>Eucalyptus</i> spp (6 espèces)	fe,fe	eau	1000(+)	<i>Ly.sp</i>	100	Tan	BROBERG (1982)
- <i>Eugenia</i> sp	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	100		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>Psidium guajava</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	73		KLOOS et al (1987)
- <i>Syzygium cordatum</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>S. cordatum</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>S. cumini</i> (= <i>S. jambolana</i>)	ec(ti)	eau,eth	1000	<i>Bi gl</i>	10		SOUSA et al (1970)
- <i>S. guineense</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	87		KLOOS et al (1987)
- <i>S. guineense</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
7 autres espèces testées sont inactives (BROBERG, 1982 ; MEDINA et WOODBURY, 1979 ; ROUQUAYROL et al, 1980)							
OCHNACÉES							
- <i>Lophira alata</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Ouratea fieldingiana</i>	ec(ra)	eau	10000	<i>Bi gl</i>	0		SOUSA et al (1970)
OLACACÉES							
- <i>Ximenia americana</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Sap	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MGL ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
OLÉACÉES							
- <i>Olea europea</i>			100	<i>Bi gl</i>	?	Irid : ligstroside	KUBO et al (1984b)
- <i>Olea europea</i>			250	<i>Bi gl</i>	?	oleuropéoside	KUBO et al (1984b)
OMBELLIFÈRES						Furo :	
- <i>Ammi majus</i>			5	?	100	bergaptène	SOINE (1964)
- <i>A. majus</i>			5	?	69	isopimpinelline	SOINE (1964)
- <i>A. majus</i>			50	?	100	xanthotoxine	SOINE (1964)
- <i>A. majus</i>	?	?	2(?)	<i>Bi sp</i>	9-69		SOINE (1964)
- <i>Angelica pubescens</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Eryngium foetidum</i>	ra,fr	meth	100	<i>Bu gl</i>	0		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Eryngium</i> sp	aer	eau	1000(+)	<i>Bi gl</i>	0		RUFFINO (1975)
- <i>Steganoaenia araliaceae</i>	fe	eau	1000(-)	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>S. araliaceae</i>	ec	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
ONAGRACÉES							
- <i>Ludwigia leptocarpa</i>	fe,fr	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>L. octonervis</i> ss-esp <i>brevise-pala</i> (= <i>L. angustifolia</i>)	fe	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
OPILIA CÉES							
- <i>Agonandra brasiliensis</i>	ec(ti)	eau	1000	<i>Bi st</i>	80		SILVA et al (1971)
- <i>A. brasiliensis</i>	ec,ra	alc	100	<i>Bi st</i>	0		SILVA et al (1971)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
PAPAVÉRACÉES							
- <i>Argemone mexicana</i>	fe	eau	1000	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
PALMIERS							
- <i>Areca catechu</i>	fr	eau	10000(+)	<i>On hu</i>	100	Alc, Tan	INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
PÉDALIACÉES							
- <i>Rogeria adenophylla</i>	ra	alc, petr	150-200	<i>Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
PHYTOLACCACÉES							
- <i>Phytolacca americana</i>	ba	but	150	<i>Bi gl</i>	100		JOHNSON (1974)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	eau	6-29	<i>Ly na, Bu tr</i>	90	Sap, tri	LEMMA (1970) ; LUGT (1981)
- <i>P. dodecandra</i>	fl	eau	100	<i>Bu tr</i>	80(+)		LEMMA (1970)
- <i>P. dodecandra</i>	ec, fi	eau	500	<i>Bu tr</i>	0-60		LEMMA (1970)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	eau/ferm	2	<i>Bi gl</i>	100		YOHANNES et al (1979)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	eau/ferm	4	<i>Bi gl</i>	100		LEMMA et LEMMA (1979)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	sèches/eau	18-29	<i>Bu tr, Bi pf, Ly na</i>	90		LEMMA (1970) ; LEMMA et al (1972)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	100	<i>Bu. sp, Bi g (œufs)</i>	0		LEMMA et YAU (1974)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	100	<i>Ly. sp œufs</i>	actif		LEMMA et YAU (1974)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	3.0	<i>Bi gl</i>	90		LEMMA et al (1972)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	3.2	<i>Bi al</i>	90		LEMMA et al (1972)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	2.8	<i>Bu tr</i>	90		LEMMA et al (1972)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but(?)	4.6(+)	<i>On no</i>	90		YASUAROKA (1971)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	3.9	<i>Bu na</i>	90		BAALAWY (1972)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉS (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	5.2	<i>Bi pf</i>	90		BAALAWY (1972)
- <i>P. dodecandra</i>	ba	but	5.9	<i>Bi ch</i>	90		BAALAWY (1972)
- <i>P. isocandra</i>	ba	eau	200	<i>Ly cu, Ly cu</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>P. octandra</i>	ba	eau	50	<i>Bi gl</i>	90		LUGT (1981)
- <i>P. octandra</i>	ba	eau	100	<i>Bi gl</i>	100		LUGT (1981)
- <i>P. octandra</i>	ba	but	26 (-)	<i>Bi gl</i>	47		RUFFINO (1975)
- <i>P. rivinoides</i>	ba	eau	200	<i>Ly cu, Ly cu</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
PIPERACÉES							
- <i>Piper marginatum</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	60 (+)		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>P. tuberculatum</i>	ec(ti),ec(ra)	eau	200	<i>Bi gl, Bi st</i>	40-80		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>P. nigrum</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
4 autres espèces de <i>Piper</i> testées sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979 ; ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a)							
POLYGALACÉES							
- <i>Polygala crioptera</i>	pl	petr	50	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Flav, Sap, ST	AHMED et al (1984)
- <i>P. paniculata</i>	pl	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>P. paniculata</i>	?	petr	25	<i>Bi gl</i>	0	Coum	HAMBURGER et al (1985)
- <i>P. paniculata</i>	?	eau	400	<i>Bi gl</i>	actif		HAMBURGER et al (1985)
- <i>P. tenuifolia</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Securidaca longepedunculata</i>	ra	eau	350	<i>Bu gl, Bi gl</i>	100		AZEVEDO et MEDEIROS (1963)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
POLYGONACÉES							
<i>-Polygonum glabrum</i>	fe		1-0.5	<i>Bi gl</i>	100	Sesq(PGA)	MUDDATHIR et al (1987)
<i>-P. glabrum</i>			2-1	<i>Ly tr</i>	100		MUDDATHIR et al (1987)
<i>-P. meisnerianum</i>	pl	eth	30	<i>Bi pf</i>	19		BROSSAT et al (1979)
<i>-P. mite</i>	pl	eth	30	<i>Bi pf</i>	14		BROSSAT et al (1979)
<i>-P. pulchrum</i>	pl	eth	90	<i>Bi pf</i>	96	HCN	BROSSAT et al (1979)
(= <i>P. tomentosum</i>)							
<i>-P. nodosum</i>						Flav	
<i>-P. senegalense</i> forme <i>senegalense</i>	fe	eau	5000	<i>Bi pf, Ly na</i>	60	HCN, Flav, Chal	DOSSAJI et al (1977)
<i>-P. senegalense</i> forme <i>senegalense</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	60		KLOOS et al (1987)
<i>-P. senegalense</i> forme <i>senegalense</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
<i>-P. senegalense</i> forme <i>senegalense</i>	gr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
<i>-P. senegalense</i> forme <i>senegalense</i>	gr, fe	eth	25(-)	<i>Bi pf, Bi su</i>	100		DOSSAJI et al (1977)
<i>-P. senegalense</i> (= <i>P. glabrum</i> , <i>P. sambesicum</i>)	pl	eth	69,90	<i>Bi pf</i>	50,11		BROSSAT et al (1979)

2 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+); 2 sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
PORTULACACÉES							
- <i>Portulaca quadrifida</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>Talinum tenuissimum</i>			?	<i>Bi gl</i>	actif	Sap(acide oléano-lique)	GAFNER et al (1985)
PRIMULACÉES							
- <i>Anagallis arvensis</i>	pl	pdre sèche/eau	52	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	pdre sèche/eau	71	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	pdre sèche/eau	100	<i>Bi al</i>	100		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	<i>eth</i>	54	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	<i>eth</i>	103	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	<i>ac</i>	84	<i>Bi al</i>	50		SHOEB et al (1986)
- <i>A. arvensis</i>	pl	<i>ac</i>	130	<i>Bi al</i>	90		SHOEB et al (1986)
PUNICACÉES							
- <i>Punica granatum</i>	ra	eau	1000	<i>Bi gl, Bi st</i>	?		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
RENONCULACÉES							
- <i>Aconitium lycoctonum</i>	ra	eau	5000(+)	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>Anemone rivularis</i>	fl	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>Cimicifuga foetida</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Coptis chinensis</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
RHAMNACÉES							
- <i>Maesopsis eminii</i>	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Ziziphus joazeiro</i>	ti,gr,fr	eau	10(?)	<i>Bi gl</i>	20-30		BARBOSA et MELLO (1969)
- <i>Z. undulata</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl, Bi st</i>	0		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN M.G.L. ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
ROSACÉES							
- <i>Acioa</i> spp	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Quillaja saponaria</i>	fe	eau	2000	<i>Bi gl, Pl co</i>	100		COWPER (1946)
- <i>Q. saponaria</i>	ec	eau	7500	<i>Pl co</i>	100		COWPER (1946)
- <i>Q. saponaria</i>	ti	eau	10000	<i>Pl co</i>	50		COWPER (1946)
- <i>Rosa</i> sp	pl	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
RUBIACÉES							
- <i>Canthium subcordatum</i> (= <i>Randia nilotica</i>)	ra, ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	20-25		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Catunaregam nilotica</i> (= <i>Randia nilotica</i>)	ec(ra)	S	100	<i>Bu tr</i>	0		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>C. nilotica</i>	ec(ra)	eau	40	<i>Bi pf, Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>C. nilotica</i>	fr	alc	25-50	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Sap, ST, Tan	AHMED et al (1984)
- <i>Coffea arabica</i>	go	eau	1000	<i>Bi pf</i>	0		KLOOS et al (1987)
- <i>C. arabica</i>	go	eau	1000	<i>Bi pf</i>	0		KLOOS et al (1987)
- <i>C. spathicalyx</i>	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	20	Aic, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>Gonzalagunia spicata</i> (= <i>Duggena hirsuta</i>)	fr	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Gardenia jasminoides</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>G. lutea</i>	fr(pulpe)	alc	100	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100	Alc, Sap, ST	AHMED et al (1984)
- <i>G. ternifolia</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	15	Aic, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN M.G.L. ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
-G. vogelii	fr(pulpe)	eau	40	<i>Bi pf, Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-G. vogelii	fr(pulpe)	S	40	<i>Bu tr</i>	60		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-G. vogelii	ec(ti), fl	eau	200	<i>Bi pf, Bu tr</i>	80(+)		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-Morinda lucida	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
-M. lucida			1,3-5,3	<i>Bi pf, Bu ro, Bu gl</i>	90	oruwacine	ADEWUNMI et ADESOGAN (1984)
-Oldenlandia affinis	ra	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
-Psychotria lauraceae	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	80		KLOOS et al (1987)
-P. lauraceae	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
-Randia nilotica	fr	S	60	<i>Bi pf</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-R. nilotica	fr	S	20	<i>Bu tr</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-R. nilotica	ec(ra)	S	80	<i>Bi pf</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-R. nilotica	fr	eau	40	<i>Bu tr, Bi pf</i>	50		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-Rothmania urcelliformis	fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	20		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
-R. whitfieldii	ti, fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	100		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
-Xeromphis spinosa (= <i>Gardenia spinosa</i> , <i>Randia dumetorum</i>)			15-20	<i>Bi gl</i>	? (léthal)	Gly tri	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a) SATI et al (1987)

4 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+); 15 espèces sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979; SILVA et al, 1971; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974; SOUSA et al, 1970)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
RUTACÉES							
- <i>Citrus medica</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Clausena anisata</i>	ra	meth	6-10 (?)	<i>Bu gl</i>	?	Furo	ADESINA et ADEWUNMI (1981)
- <i>C. anisata</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	53	Furo	KLOOS et al (1987)
- <i>C. anisata</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7	Furo	KLOOS et al (1987)
- <i>C. anisata</i>	ec	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40	Furo	KLOOS et al (1987)
- <i>Evodia rutaecarpa</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)
- <i>Fagaropsis hildebrandtii</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	27		KLOOS et al (1987)
- <i>F. hildebrandtii</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
- <i>Pilocarpus sp</i>	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	60		ROUQUAYROL et al (1980)
- <i>Ruta chalepensis</i>			2	<i>Bi gl</i>	100	Furo(chalepensisine)	BROOKER (1967)
- <i>Zanthoxylum chalybeum</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	0		KLOOS et al (1987)
- <i>Z. fagara</i>	ti	eth	10000	<i>Bi gl</i>	40		SOUZA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>Z. macrophylla</i>			200	<i>Bi gl</i>	50	2 - Iso	KUBO et al (1984b)
(= <i>Fagara macrophylla</i>)							
- <i>Zanthoxylum sp</i> (= <i>Fagara sp</i>)	fe	ess	?	<i>Bi gl</i>	20		ROUQUAYROL et al (1980)
SABIACÉES							
- <i>Sabia japonica</i>	fe,ti	eau	10000	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
SAPINDACÉES							
- <i>Magonia pubescens</i>	gr	?	9	<i>Bi gl, Bi st</i>	80-90		BARBOSA et MELLO (1969)
- <i>Pappea capensis</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉE S (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>P. capensis</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40		KLOOS et al (1987)
- <i>P. capensis</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	20		KLOOS et al (1987)
- <i>Paullinia pinnata</i>	fe,ec	eau	1000	<i>Bi gl</i>	100		AMORIN et PESSOA (1962)
- <i>P. pinnata</i>	ttes parties	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	0		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Sapindus emarginatus</i>	fr	eau	20000	<i>Ma co</i>	100		MULEY (1978)
- <i>S. mukorossi</i>	ra	eau	1000(+)	<i>On hu</i>	90		INST. PAR. DIS. (1956); MAO et al (63)
- <i>S. saponaria</i>	fr	<i>eau, alc</i>	25(-)	<i>Bi gl, Ly cu</i>	94		TORREALBA et al (1953)
- <i>S. saponaria</i>	fr	but	3	<i>Bi gl</i>	83	Sap	RUFFINO (1975)
- <i>S. saponaria</i>	fe	eau	250	<i>Pl co</i>	0		COWPER (1946)
- <i>S. saponaria</i>	fe,ec	eau	500	<i>Bu af</i>	100		MSANGI et ZELLER (1965)
- <i>S. saponaria</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl</i>	40		SOUSA et al (1970)
- <i>S. saponaria</i>	ba	eau	100(+)	<i>Bu gl</i>	100		MOZLEY (1939)
- <i>S. saponaria</i>	ba	eau	150	<i>Bu gl</i>	100		MOZLEY (1939)
- <i>S. saponaria</i>	ba	eau	500	<i>Bu af</i>	100		MSANGUI et ZELLER (1965)
6 autres espèces testées sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)							
SAPOTACÉES							
- <i>Butyrospermum paradoxum</i>	ec(ra)	meth	100	<i>Bu gl</i>	70		ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
SAXIFRAGACÉES							
- <i>Dichroa febrifuga</i>	?	eau	10000	<i>On hu</i>	50-90		INST. PARASITIC DISEASES (1956)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ETUDIEE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIEE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIEES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
SCROFULARIACÉES							
- <i>Capraria biflora</i>	ra	eau	10000	<i>Bi st</i>	20		SILVA et al (1971)
- <i>Scoparia dulcis</i>	ec(ti)	eth	10000	<i>Bi gl</i>	80		SOUSA et al (1970)
SIMAROUBACÉES							
- <i>Simarouba versicolor</i>	ec(ti)	eau	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
- <i>S. versicolor</i>	ec(ra)	eau,eth	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
SOLANACÉES							
- <i>Capsicum frutescens</i>	fe,fr	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Cestrum laurifolium</i>	fe,fr	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>C. macrophyllum</i>	fe	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Lycopersicum esculentum</i>	fe	eau	1000	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>L. esculentum</i>			10	<i>Ly cu</i>	100	tomatine	HOSTETTMANN et al (1982)
- <i>L. esculentum</i>			4	<i>Bi gl</i>	100	tomatine	MARSTON/HOSTETTMANN (1985)
- <i>Nicotiana tabacum</i>	fe	eau	168(?)	<i>Ly sp</i>	?		RAO et al (1980)
- <i>Solanum aculeatum</i>	ba	eau	100	<i>Bi pf, Bu gl, Ly na</i>	100		MKOJI et al (1989)
- <i>S. aculeatum</i>	ba	eau	100	<i>Bi pf, Bu gl, Ly na</i>	90		W.H.O. (1983)
- <i>S. americanum</i> (= <i>S. nodiflorum</i>)	fe,ra	eau	50	<i>Ly cu, Ly co</i>	100	Alc(st.glycoal.c.)	MEDINA et RITCHIE (1980)
- <i>S. americanum</i>	fe	eau	100	<i>Pl co</i>	85		MEDINA et RITCHIE (1980)
- <i>S. americanum</i>	fe,ra	eau	100	<i>Bi gl</i>	100		MEDINA et RITCHIE (1980)
- <i>S. americanum</i>	fe,ra	eau	100	<i>Ma co</i>	0		MEDINA et RITCHIE (1980)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
- <i>S. americanum</i>	ites parties	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>S. mammosum</i>	fr, go	eau	100	<i>Ly cu, Ly co</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>S. mammosum</i>	fr	eau	100	<i>Ly cu</i>	25		ALZERRECA et al (1981)
- <i>S. mammosum</i>	fr	meth	25	<i>Ly cu</i>	95		ALZERRECA et al (1981)
- <i>S. nigrum</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	73		KLOOS et al (1987)
- <i>S. nigrum</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	33		KLOOS et al (1987)
- <i>S. nigrum</i>	fr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>S. nigrum</i>	ra	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
- <i>Withania obtusifolia</i>	fe	alc, petr	75	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
2 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm ; 7 sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979 ; SILVA et al, 1971 ; SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)							
STERCULIACÉES							
- <i>Giauzuma ulmifolia</i>	ec(ti)	eth	10000	<i>Bi gl</i>	100		SOUSA et al (1970)
STYRAXACÉES							
- <i>Styrax officinalis</i>	go(fr)	eau	100	<i>Bu tr</i>	100		SALITERNIK et WITENBERG (1959)
TERNSTROEMIAACÉES (= THEACÉES)							
- <i>Camellia oleosa</i>	gr	eau	1000	<i>On hu</i>	99		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>C. oleosa</i>	gr	eau	2000	<i>On hu</i>	100		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)
- <i>C. sinensis (= Thea oleosa)</i>	pl	eau	500	<i>On hu</i>	100	Tan	CHENG (1971)
- <i>Schima wallichii</i> ss-esp. <i>noronhae</i> var. <i>superba</i> (= <i>S. argentea</i>)	fe	eau	500	<i>On hu</i>	100		FANG (1959)
- <i>S. wallichii</i>	ti	eau	5000(+)	<i>On hu</i>	97,8		INST. PAR. DIS. (1956) ; MAO et al (63)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE PLANTE ETUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ETUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ETUDIÉES (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
THYMELACÉES							
- <i>Gnidia kraussiana</i>	ti,ra,fe	eau	14-120	<i>Bu gl</i>	100		EL-EMAM et al (1981)
- <i>G. kraussiana</i>	ti,ra,fe	eau	2-10	<i>Bu gl</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>G. kraussiana</i>	ti,ra,fe	petr	0,1-5	<i>Bu gl</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>G. kraussiana</i>	ti,ra,fe	benz	0,1-20	<i>Bu gl</i>	100		EL-KHEIR et EL-TOHAMI (1979)
- <i>G. latifolia</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	100		KLOOS et al (1987)
TURNERACÉES							
- <i>Turnera</i> sp.	ra	eau	1000	<i>Bi st</i>	40		SILVA et al (1971)
- <i>Turnera</i> sp.	ra	eau	10000	<i>Bi gl, Bi st</i>	0		SOUSA et ROUQUAYROL (1974)
VERBENACÉES							
- <i>Lantana trifolia</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>L. trifolia</i>	fr	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>L. trifolia</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	7		KLOOS et al (1987)
- <i>L. trifolia</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	0		KLOOS et al (1987)
- <i>Lippia javanica</i>	fe	eau	1000	<i>Bi pf</i>	40	Mono	KLOOS et al (1987)
- <i>L. javanica</i>	ti	eau	1000	<i>Bi pf</i>	10	Mono	KLOOS et al (1987)
- <i>L. javanica</i>	fl	eau	1000	<i>Bi pf</i>	47	Mono	KLOOS et al (1987)
- <i>Vitex oxycupis</i>	ti	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	ST	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>V. oxycupis</i>	ra,fe	meth	100	<i>Bu gl</i>	20	Sap, Tan	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)

6 autres espèces testées sont actives à 1000 ppm(+); 7 espèces sont inactives (MEDINA et WOODBURY, 1979; ROUQUAYROL et al, 1980;

SOUSA et ROUQUAYROL, 1974)

PLANTES CLASSEES PAR FAMILLE	PARTIE DE LA PLANTE ÉTUDIÉE (a)	FORME D'UTILISATION DE LA PLANTE TYPE D'EXTRAIT (b)	CONCENTRATION ÉTUDIÉE EN MG.L ⁻¹ (c)	ESPECES DE MOLLUSQUES ÉTUDIÉS (d)	POURCENTAGE DE MORTALITE	COMPOSES CHIMIQUES MOLLUSCICIDES (e)	REFERENCES
ZYGOPHYLLACÉES (= BALANITACÉES)							
- <i>Balanites aegyptiaca</i>	fr	eau	1000(+)	<i>Bi gl</i>	?	Sap.st	PLANK (1945)
- <i>B. aegyptiaca</i>	fr	meth	100	<i>Bu gl</i>	100	Sap.st	ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a)
- <i>B. maughanii</i>	fr	eau	10	<i>Bu cf, Ly na</i>	?	Sap.st	WAGNER (1936)
- <i>B. roxburghii</i>	fr	eau	500	<i>Bi gl, Pl co</i>	100		COWPER (1946)
- <i>B. roxburghii</i>	fr	eau	1000(?)	<i>Bi gl, Pl co</i>	50		COWPER (1946)
- <i>Fagonia cretica</i>	ra	peir	50-75	<i>Bu tr, Bi pf</i>	100		AHMED et al (1984)
- <i>F. cretica</i>	pl	eau	80	<i>Bi al</i>	100		SHOEB et al (1987)
- <i>Peganum harmala</i>	gr	eau	600	<i>Bi gl</i>	100	Sap	COWPER (1946)
3. ALGUES							
CHARACÉES							
- <i>Chara vulgaris</i>	pl	en aquarium	?	<i>Bi gl</i>	100		RENNO (1972)
CYANOPHYCÉES							
- <i>Microcystis farlowiana / Pseudoanabaena franquetii</i>	pl	eau	10000(+)	<i>Ly cu</i>	100		GEVREY et al (1976)
DICTYOTACÉES							
-Algues brunes						Dit	TRINGALI et al (1986)
4. MYCOPHYTES (Champignons)							
BASIDIOMYCÈTES							
-Basidiomycète non ramifié	pl	eau	1000	<i>Ly cu</i>	100		MEDINA et WOODBURY (1979)
- <i>Aspergillus parasiticus</i>			0,5	<i>Bi te</i>	100	Furo(aflatoxine)	PURCHIO et CAMPOS (1970)

2. Différentes classes chimiques de principes molluscicides :

2.1. Composés terpéniques et stéroïdiques :

Les composés terpéniques ou terpénoïdes ont pour formule générale $(C_5H_8)_n$. Ils peuvent être acycliques (la chaîne carbonée est alors ramifiée), monocycliques, bicycliques, polycycliques. A ces carbures terpéniques correspondent des alcools, des aldéhydes, des cétones, des lactones, des oxydes.

La structure des terpènes montre que, dans la majorité des cas, leur chaîne carbonée est construite théoriquement par union de deux molécules ou plus d'isoprène C_5H_8 que l'on considère comme un hémiterpène. (structure 1. tableau n°2) (MOYSE et PARIS, 1976)

Les composés stéroïdiques dérivent du noyau cyclopentanoperhydrophénanthrène (structure 2. tableau n°2). On les trouve chez les végétaux à l'état libre, à l'état d'esters-stérides, ou bien combinés à des sucres sous forme d'hétérosides. (MOYSE et PARIS, 1976)

Les composés stéroïdiques nous intéressant ici sont représentés par des saponosides stéroïdiques, c'est-à-dire des composés formés par l'union de plusieurs sucres et de génines stéroïdiques.

2.1.1. Monoterpènes ou terpènes proprement dits :

2.1.1.1. Généralités :

Les monoterpènes présents dans les plantes molluscicides sont principalement des monoterpènes monocycliques insaturés. Ce sont des composés en $C_{10}H_{16}$, c'est-à-dire qu'ils sont formés de deux molécules d'isoprène ($n=2$).

D'un point de vue physico-chimique, ce sont des composés insolubles dans l'eau. Ils sont obtenus à partir de la plante sous forme d'huiles essentielles par un procédé d'entraînement par la vapeur d'eau ou d'extraction par un solvant organique. (MOYSE et PARIS, 1976)

2.1.1.2. Plantes à monoterpènes :

Trois principaux genres contenant des composés monoterpéniques ont été étudiés pour une activité molluscicide :

- le genre *Lippia* (Verbénacées)
- le genre *Eucalyptus* (Myrtacées)
- le genre *Chenopodium* (Chénopodiacées)

a) Genre *Lippia* :

Les plantes tropicales du genre *Lippia* (Verbénacées) sont toxiques contre le mollusque *Biomphalaria glabrata* car elles contiennent des monoterpènes comme le limonène et des phénols que l'on peut rattacher aux monoterpènes comme le thymol et son isomère de position le carvacrol (structures 3, 4 et 5., tableau n°2). (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

Une étude réalisée en 1980 au Brésil par ROUQUAYROL et al montre que la partie aérienne de l'espèce *Lippia aristata* Schauer. et que les feuilles de *Lippia aff. sidoides* Dietr. sont très actives à faible concentration contre le mollusque *B. glabrata* adulte et jeune mais aussi contre les œufs de ce mollusque. (AHMED et al, 1984)

b) Genre *Eucalyptus* :

L'activité molluscicide des *Eucalyptus* n'est due que pour une faible partie aux composés monoterpéniques. Ce sont surtout des alcaloïdes et des tanins qui sont responsables de l'activité molluscicide (MOZLEY, 1944 ; BROBERG, 1982 ; COWPER, 1946)

Cependant, ROUQUAYROL et al (1980) et AHMED et al (1984) ont signalé l'action intéressante des feuilles d'*E. citriodora* Hook. due à la présence de citronellal, un composé monoterpénique aliphatique (structure 6., tableau n°2).

c) Genre *Chenopodium* :

La plante *Chenopodium ambrosioides* L. (Chénopodiacées) a été étudiée en Egypte par EL-EMAM et SHOEB en 1975 ainsi que par SOUSA et ROUQUAYROL en 1974.

L'extrait chloroformique des parties aériennes de la plante montre une activité molluscicide contre *Biomphalaria alexandrina* (Cf tableau n°1).

Cette plante herbacée vivace ou pérennante, velue et à tige rameuse est originaire d'Amérique Centrale où elle est connue des Indiens pour ses propriétés vermifuges (HIRSCHHORN, 1981). Cette plante est acclimatée dans les régions chaudes notamment dans la région méditerranéenne.

La plante contient une huile essentielle renfermant des carbures terpéniques (limonène, α -terpinène, p-cymène) et un peroxyde terpénique instable, l'ascari-dole, qui est un principe toxique pour les animaux à sang froid (structure 7., tableau n°2) (MOYSE et PARIS, 1976). Toutefois, les principes molluscicides de cette plante n'ont pas encore été identifiés avec certitude.

2.1.2. Diterpènes :

2.1.2.1. Généralités :

Ce sont des dérivés de carbures en $C_{20}H_{32}$ ($n=4$). Ces composés, à point d'ébullition élevé, se rencontrent surtout dans les résines. (MOYSE et PARIS, 1976)

2.1.2.2. Plantes à diterpènes :

On rencontre les principales plantes molluscicides à diterpènes dans la famille des Euphorbiacées (plusieurs espèces d'*Euphorbia* ; *Croton tiglium* L. ; *Bridelia atroviridis* Mull., ...)

La famille des Composées compte également quelques plantes renfermant des diterpènes molluscicides (*Wedelia scaberrima* Benth. ; *Baccharis trimera* Less., ...)

a) Etude des Euphorbiacées :

Selon MARSTON et HOSTETTMANN (1985), les constituants responsables de l'effet molluscicide sont probablement des diterpènes tétracycliques.

Cependant un certain nombre de ces plantes renferment des esters du phorbol, principes irritants pour la peau et carcinogènes, ce qui doit limiter l'usage de ces plantes en tant que molluscicides. (FARNSWORTH et al, 1983)

Ainsi en Ethiopie, l'*Euphorbia candelabrum* Trémaux ex Kotschy est une plante médicinale qui se rencontre dans la savane et qui est utilisée comme poison de flèches et comme plante homicide ; cette plante renfermant des principes irritants et toxiques pour l'homme, elle est difficile à manipuler, ce qui exclut son usage comme molluscicide malgré une activité puissante sur les escargots. (TESFAIGZI, 1978)

Néanmoins, d'autres Euphorbiacées semblent dépourvues de dérivés du phorbol et sont actives. Ainsi l'extrait méthanolique des tiges de *Bridelia atroviridis* Mull. provoque 100% de mortalité chez *Bulinus globosus* à une concentration de 100 mg.l⁻¹ après 24 heures d'exposition. (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a)

Il sera donc nécessaire de distinguer dans l'avenir l'efficacité de la toxicité réelle de ce groupe de plantes.

a.1) *Croton tiglium* L. (Euphorbiacées) :

Il s'agit d'un petit arbre d'Indo-Malaisie dont les fruits et les graines ressemblent à ceux du Ricin (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Par expression des graines de *C. tiglium* on obtient une huile épaisse d'odeur désagréable qui renferme des glycérides d'acides saturés de C₁₂ à C₂₀ et non saturés (crotonique, tiglique, oléique et linoléique). Cette graine renferme également une résine dissoute dans l'huile et qui contient des principes phénoliques vésicants qui expliquent l'action purgative de l'huile de Croton à faible dose. Ces principes vésicants sont des alcools diterpéniques tétracycliques (esters du phorbol, structure 8. tableau n°3a). La graine renferme de plus un hétéroside non toxique appelé crotonoside (ribose + isoguanine) et une toxalbumine : la crotine, qui est analogue à la ricine. (MOYSE et PARIS, 1981)

Cette plante, étudiée en Chine et aux Philippines (CHENG, 1971), a montré une puissante activité molluscicide contre les mollusques *Oncomelania quadrasi*, comparable à celle du BAYLUSCIDE*, molluscicide synthétique.

Malheureusement, l'utilisation du *C. tiglium* dans des programmes de lutte contre la bilharziose s'avère impossible à cause de l'effet carcinogène de l'huile de Croton. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

a.2) *Euphorbia lactea* Haw. (Euphorbiacées) :

En 1982, EL-EMAM et al ont signalé l'activité molluscicide de l'arbre succulent *Euphorbia lactea* rencontré en Egypte (Cf tableau n°1).

Selon ces auteurs, le composé actif contenu dans l'extrait obtenu par solvants polaires de la plante pulvérisée serait le tiglate du désoxy-4-phorbol (structure 10. tableau n°3a).

Aucune information concernant la toxicité éventuelle de ce composé n'a été fournie.

a.3) *Euphorbia royleana* Boiss. (Euphorbiacées) :

C'est une plante vigoureuse, assez répandue en Inde, et dont l'activité molluscicide du latex a été étudiée par SINGH et AGARWAL en 1984. Ils ont en effet observé que le latex brut provoquait 100% de mortalité chez le mollusque *Lymnea acuminata* (hôte intermédiaire de distomatoses) en 24 heures à des concentrations très basses. Le mécanisme d'action en cause est une activité anticholinestérasique, provoquant chez le mollusque un syndrome typique d'empoisonnement nerveux. (SINGH et AGARWAL, 1984)

En 1981, MAHASSEN et MOHSEN ont évalué l'activité molluscicide de cette plante vis-à-vis de *Biomphalaria alexandrina* (Cf tableau n°1). Une étude phytochimique des extraits alcooliques issus des feuilles et des tiges a révélé notamment la présence de tanins, de terpénoïdes, de stéroïdes et d'acides aminés.

a.4) *Jatropha curcas* L. (Euphorbiacées) :

Divers auteurs se sont intéressés à cette plante dans diverses régions du monde, et les résultats de ces études sont tout aussi variés.

Ainsi l'étude réalisée à Porto-Rico par MEDINA et WOODBURY en 1979 n'a montré aucun effet molluscicide sur *Lymnea cubensis*.

Au Soudan par contre, EL-KHEIR et EL-TOHAMI en 1979 ont montré une activité modérée des graines de *J. curcas* sur les mollusques du genre *Bulinus truncatus*.

Enfin c'est aux Philippines que cette plante s'est avérée de la plus haute activité molluscicide ; l'étude portait sur les racines de *J. curcas*, et les mollusques visés étaient les escargots *Oncomelania quadrasi*. (YASURAOKA et al, 1979b)

Ces mêmes auteurs ont observés la faible toxicité de cette plante pour les mammifères ainsi que son innocuité totale pour les poissons. De plus, la praticabilité de sa culture extensive dans les régions tropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique permet d'envisager son utilisation dans un programme de contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose.

Compte-tenu du nombre important d'Euphorbiacées molluscicides, il paraît utile d'approfondir l'étude des représentants de cette famille car certains d'entre eux sont très actifs, sans pour autant manifester de toxicité pour l'environnement.

Cependant toutes les Euphorbiacées ne doivent pas leur activité molluscicide aux composés terpéniques. Certaines notamment, comme le *Croton macrostachys*, la doivent plutôt à des composés de type saponosides. (DAFFALLA et AMIN, 1976)

b) Etude des Composées :

b.1) *Wedelia scaberrima* Benth. :

W. scaberrima est un arbre d'origine sud-américaine. En 1979, TOMASSINI et MATOS au Brésil ont étudié l'activité molluscicide de l'extrait hexanique des feuilles de *W. scaberrima* contre *Biomphalaria glabrata* ainsi que contre le miracidium de *Schistosoma mansoni* (les conditions d'expérimentation et les concentrations efficaces n'ont pas été rapportées), et ils ont identifié deux composés diterpéniques dérivant de l'acide kaurénique : l'acide kaur-16-ène-19-oïque et l'acide 15 α -tiglinoyl-oxy-kaur-16-ène-19-oïque (structure 11 et 12, tableau n°3b).

Le composé 11 est molluscicide contre *B. glabrata*, alors que le composé 12 est actif contre le miracidium de *S. mansoni*.

Puis, en 1983, les mêmes auteurs rapportent une seconde étude de l'activité molluscicide des feuilles de *W. scaberrima* : l'extrait éthanolique est actif contre *B. glabrata* à la concentration de 13 mg.l⁻¹. Ils isolent de cet extrait des saponosides

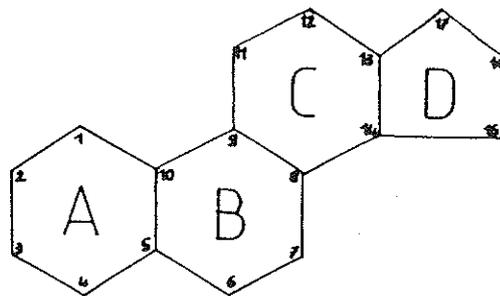
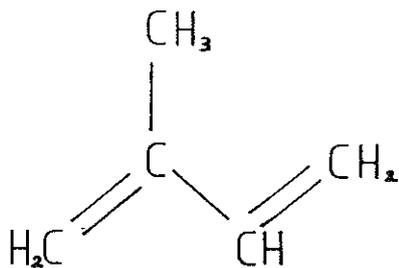
actifs contre ce même mollusque à une concentration de 8 mg.l⁻¹. Les saponosides en question sont identifiés à des dérivés triterpéniques et l'hydrolyse acide fournit un seul aglycone : l'acide oléanique. L'un des saponosides est isolé et appelé wédéline. (MATOS et TOMASSINI, 1983)

Il est possible que les principes molluscicides essentiels de *W. scaberrima* soient en fait des saponosides triterpéniques.

b.2) *Baccharis trimera* Less. :

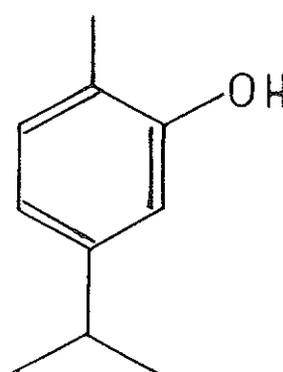
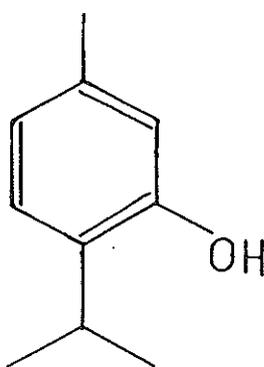
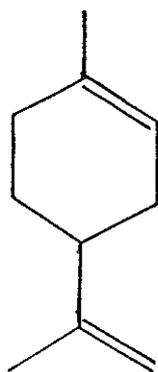
DOS SANTOS FILHO et al en 1980 ont étudié l'activité molluscicide de la plante *Baccharis trimera*. Ils ont isolé et caractérisé une lactone diterpénique présente dans les tiges, les fleurs et les fruits de cette plante. Cette lactone diterpénique n'est responsable que d'une faible toxicité pour *B. glabrata* à une concentration de 100 mg.l⁻¹ (structure 13. tableau n°3b).

Ces mêmes auteurs ont isolé un deuxième principe molluscicide des tiges, des fleurs et des fruits de *B. trimera* : il s'agit d'un composé flavonoïde qui semble être responsable de la majeure partie de l'activité molluscicide de ces organes de la plante. (Cf paragraphe 2.3.3.2.b.)



1. Isoprène

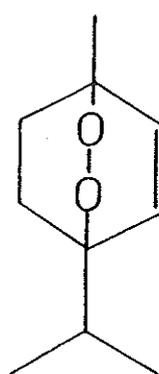
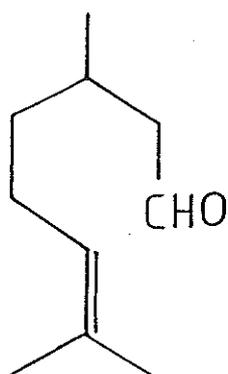
2. Cyclopentanoperhydrophénanthrène
(A, B, C = noyau du phénanthrène hydrogéné ; D = cyclopentane)



3. Limonène

4. Thymol

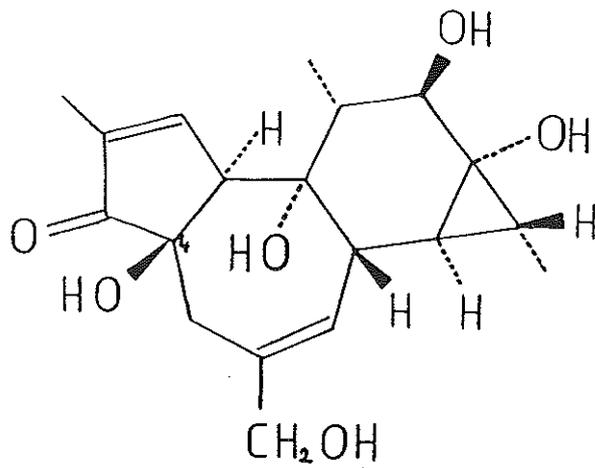
5. Carvacrol



6. Citronellal

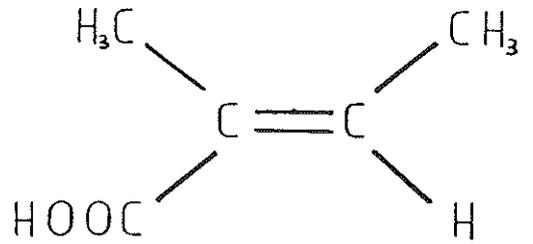
7. Ascaridole

Tableau n°2 : Structure de base des composés terpéniques et stéroïdiques (1 et 2.)
et monoterpènes molluscicides (3 à 7.).

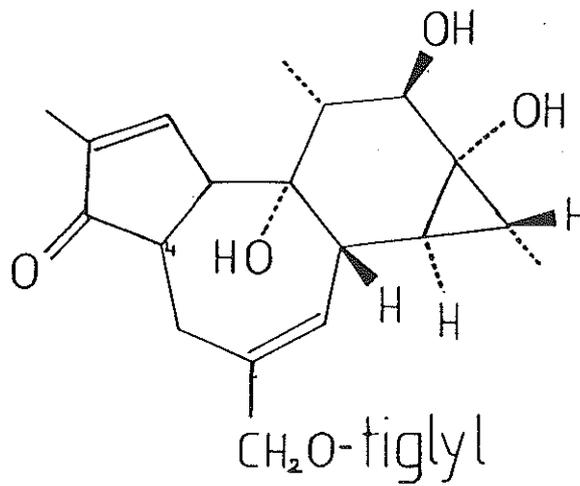


↑ esters du phorbol

8. Phorbol

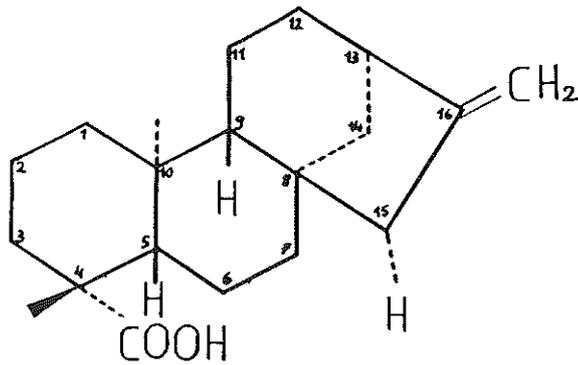


9. Acide tiglique

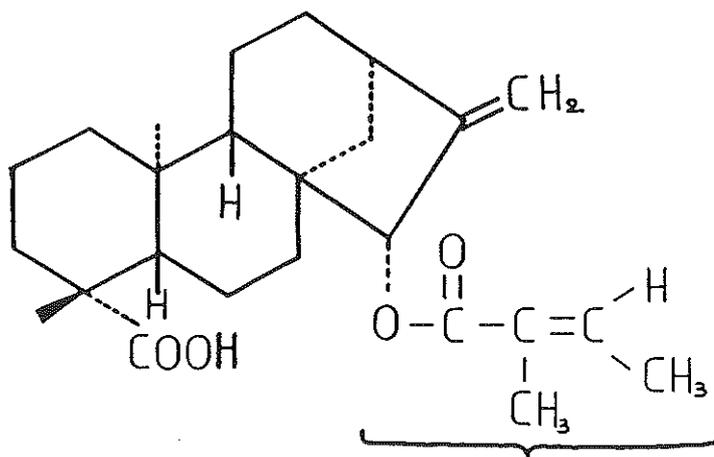


10. Tiglate du desoxy-4-phorbol

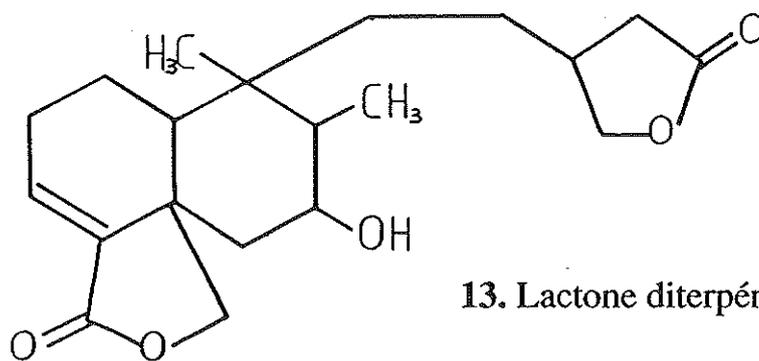
Tableau n°3a : Diterpènes molluscicides des Euphorbiacées. (MOYSE et PARIS, 1981)



11. Acide kaur-16-ène-19-oïque



12. Acide 15 α -tiglinoyl-oxy-kaur-16-ène-19-oïque



13. Lactone diterpénique de *Baccharis trimera*

Tableau n°3b : Diterpènes molluscicides des Composées. (HENDERSON et al, 1983)

2.1.3. Sesquiterpènes :

2.1.3.1. Généralités :

Les composés sesquiterpéniques responsables de l'activité molluscicide des plantes sont de deux sortes : les sesquiterpènes proprement dits d'une part ; et les lactones sesquiterpéniques d'autre part.

Les composés sesquiterpéniques sont ubiquitaires dans les plantes, particulièrement dans les plantes à huile essentielle des Composées, des Labiées, des Ombellifères et d'autres familles.

Les sesquiterpènes proprement dits sont des carbures de formule générale $C_{15}H_{24}$, comprenant donc 3 molécules d'isoprène ($n=3$). Ces composés peuvent être acycliques ou bicycliques. Dans les plantes qui nous intéressent, ce sont essentiellement des composés bicycliques.

Les lactones sesquiterpéniques ont une structure générale de sesquiterpène dans lequel une fonction acide hydroxylé, par perte d'une molécule d'eau intramoléculaire, a donné naissance à un ester interne d'acide hydroxylé (MOYSE et PARIS, 1976).

Les lactones sesquiterpéniques des plantes molluscicides étudiées dérivent du chamazulène, sesquiterpène particulier bicyclique constitué par deux cycles penta- et hepta-carbonés (structure 14. tableau n°4a).

2.1.3.2. Sesquiterpènes proprement dits :

Les principales plantes molluscicides renfermant des sesquiterpènes simples appartiennent à la famille des Canellacées (ou Lauracées), au genre *Warburgia*.

Les deux espèces *Warburgia stuhlmannii* Engl. et *W. ugandensis* Sprague sont des arbres rencontrés en Afrique de l'Est ; l'écorce de ces plantes est utilisée en médecine par les sorciers mais aussi comme épice par les populations locales.

En 1977, NAKANISHI et KUBO mentionnent les propriétés insecticides, antimicrobiennes et molluscicides de ces plantes, et ils identifient les composés actifs à des sesquiterpènes aldéhydiques : le warburganal et le muzigadial, isolés à partir de *W. ugandensis* ; le mukaadial isolé à partir de *W. stuhlmannii* (structures 15, 16 et 17. tableau n°4a).

Les composés muzigadial et warburganal possèdent une activité particulièrement élevée puisqu'ils tuent les mollusques *Biomphalaria glabrata*, *B. pfeifferi* et *Lymnea natalensis* à des concentrations de 5 à 10 mg.l⁻¹ après seulement 2 heures d'exposition. (NAKANISHI et KUBO, 1977 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

Le troisième composé, le mukaadial, est beaucoup moins actif : un essai réalisé sur *B. glabrata* entraîne la mort des mollusques avec une concentration de 20 mg. l⁻¹ après une exposition de 24 heures (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985). Ainsi l'introduction d'un groupement alcool en 6 conduit à une importante diminution de l'activité.

HENDERSON et al (1983) ont rapporté l'activité cytotoxique et hémolytique du warburganal lorsqu'il est injecté à des animaux ; cependant les plantes dont ils dérivent sont employées comme épices en Afrique par les populations rurales sans qu'aucun effet défavorable n'ait jamais été rapporté.

2.1.3.3. Lactones sesquiterpéniques :

Les plantes à lactones sesquiterpéniques appartiennent en grande majorité à la famille des Composées.

Parmi celles-ci, une en particulier fait l'objet d'études approfondies par de nombreux chercheurs depuis longtemps, et représente l'une des premières plantes à avoir été largement expérimentée dans des programmes de contrôle des mollusques transmettant la bilharziose. Il s'agit de la plante herbacée africaine *Ambrosia maritima* L.

A côté de cette plante molluscicide type, d'autres Composées renfermant des lactones sesquiterpéniques se montrent également dignes d'intérêt dans la lutte contre la bilharziose : *Helenium* sp., *Chrysanthemum* sp., *Parthenium hysterophorus*, *Podachaenium eminens*, etc...

a) Etude d'*Ambrosia maritima* L. :

a.1) Etude botanique : (Fig.9)

Ambrosia maritima L. est une plante herbacée vivace dont la hauteur peut atteindre un mètre. Elle présente de nombreuses branches dressées ; les feuilles

alternes sont profondément divisées, bipennées, pubescentes et argentées en dessous. Les fleurs sont jaunes-verdâtres et les fruits sont de petits akènes lisses. (VASSILIADES et DIAW, 1980)

Cette plante se rencontre dans les lieux humides et notamment sur le bord des canaux d'irrigation et des cours d'eau. On la rencontre dans de nombreux pays d'Afrique, mais surtout en Egypte, au Soudan et au Sénégal. (AYAD, 1976)

En Egypte, elle est connue sous le nom vernaculaire de « damsissa » ; on la trouve tout le long de la vallée du Nil et autour du delta ; ses fleurs sont traditionnellement utilisées en décoction ou en infusion comme diurétique, comme antispasmodique dans les coliques ; c'est aussi un remède de l'hématurie dans l'infection à *Schistosoma haematobium*. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

Les propriétés molluscicides d'*A. maritima* ont été rapportées pour la première fois en Egypte par SHERIF et EL-SAWY en 1962. Dans des expériences de laboratoire, différentes espèces de mollusques ont été exposées à des extraits aqueux de feuilles et de parties florales d'*A. maritima*.

Les mollusques des genres *Biomphalaria*, *Bulinus* et *Lymnea* meurent pour des concentrations de 1000 mg. l⁻¹ après une exposition de 24 heures. Le développement des oeufs des mollusques est bloqué. Cette plante est également létale pour les oeufs, les miracidies et les cercaires de *Schistosoma haematobium*. (SHERIF et EL-SAWY, 1962 ; DUNCAN, 1985)

Au Sénégal, VASSILIADES et DIAW en 1980 ont étudié l'activité de cette plante vis-à-vis de *Lymnea natalensis* et *Bulinus globosus* qui se rencontrent localement. Selon ces auteurs, la plante séchée est plus active que la plante fraîche et cette plante sèche est efficace sur les deux espèces de mollusques pour des concentrations de l'ordre de 375 mg.l⁻¹ (la durée d'exposition des mollusques n'ayant pas été rapportée).

A la suite de ces recherches en laboratoire, *A. maritima* a été étudiée sur le terrain, notamment en Egypte et au Sénégal.

En 1981, en Egypte, EL-SAWY et al montrent que la plante sèche ou fraîche est capable de réduire en une semaine le nombre de mollusques du genre *Biomphalaria*

et *Bulinus* lorsqu'elle est introduite à une concentration de 70 mg.l⁻¹ dans des canaux d'irrigation ; l'effet du traitement persiste plusieurs semaines. (EL-SAWY et al, 1981)

Puis en 1984, ces mêmes auteurs réalisent une étude plus détaillée toujours en Egypte. Des applications de plante entière sèche sont effectuées dans des canaux d'irrigation et de drainage, à des concentrations de 140, 70 et 35 mg.l⁻¹ dans chacun des canaux. Ces auteurs observent alors une réduction de la population de *Biomphalaria alexandrina* de plus de 90% dans les deux types de cours d'eau et pour chaque degré de concentration étudiée. L'effet du traitement persiste pendant au moins 3 mois. (EL-SAWY et al, 1984)

En 1982, VASSILIADES et al réitèrent leurs expériences sur *Lymnea natalensis* dans un point d'eau naturel au Sénégal. Ils montrent que 375 à 400 mg.l⁻¹ de la plante sèche tuent au moins 90% de mollusques adultes. Les résultats obtenus sont comparables à ceux des Egyptiens quant au délai d'apparition de l'effet molluscicide puisque les escargots disparaissent pratiquement en une semaine ; toutefois, les individus les plus jeunes et les oeufs ne sont pas ou peu touchés, ce qui oblige à refaire le traitement toutes les deux à trois semaines. (VASSILIADES et al, 1982)

Les résultats fournis sont donc assez divergents et difficilement interprétables, mais il ne faut pas oublier que l'origine géographique du matériel végétal et la nature des mollusques visés peuvent expliquer cette différence. (Cf paragraphe F.)

a.2.2) Principes molluscicides :

L'élucidation de la composition chimique d'*A. maritima* remonte en 1953. Cette plante renferme principalement trois lactones sesquiterpéniques : l'ambrosine, la damsine et la tribromodamsine (structures 18 et 19, tableau n°4a). (SOINE et ABU-SHADY, 1953)

En 1976, SHOEB et EL-EMAM démontrent que ce sont ces composés qui sont responsables de l'activité molluscicide.

Ces mêmes auteurs étudient l'activité de l'ambrosine et de la damsine sur *Biomphalaria alexandrina* et *Bulinus truncatus*. Ces résultats sont donnés dans le tableau suivant. (SHOEB et EL-EMAM, 1976)

COMPOSE	CL ₉₀ sur <i>B. alexandrina</i>	CL ₉₀ sur <i>B. truncatus</i>
DAMSINE	9,7	13,5
AMBROSINE	10,9	8,5

N.B : les expériences ont été réalisées avec une durée d'exposition constante de 24 heures.

On observe donc que la damsine est plus efficace que l'ambrosine vis-à-vis de *B. alexandrina*, alors que c'est le contraire vis-à-vis de *B. truncatus*. Cette différence entre les deux composés serait peut-être le reflet de mécanismes d'action différents, mais à ce jour aucune étude n'est venue confirmer cette hypothèse.

a.2.3) Mécanisme de l'action molluscicide :

De nombreux auteurs se sont penchés sur l'étude du mécanisme d'action des lactones sesquiterpéniques impliqué dans l'action molluscicide d'*A. maritima*, et tous ont abouti à une même hypothèse : les lactones sesquiterpéniques auraient des propriétés anti-nutritives.

Entre autres, EL-SAWY et al (1981) ont rapporté que de nombreux escargots avaient cessé de s'alimenter après des applications d'*A. maritima*. En effet, ils ont noté qu'il fallait 1 à 5 semaines pour que le nombre de mollusques diminue après une application unique. Cela peut donc s'expliquer par un arrêt de l'alimentation et une inhibition de la croissance de ces mollusques, qui aboutit finalement à la mort. (EL-SAWY et al, 1981, 1984 ; DUNCAN, 1985)

a.2.4) Limites de l'utilisation d'*A. maritima* :

Cette plante présente certains avantages pour une utilisation pratique sur le terrain : elle se rencontre naturellement sur les rivages des cours d'eau où les fluctuations de l'eau libèrent les principes actifs à partir des feuilles et des parties florales (EL-SAWY et al, 1981) ; de plus, sa période de floraison coïncide avec le pic saisonnier de transmission de la bilharziose notamment en Egypte (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Malheureusement, malgré ces avantages, de sérieuses contraintes écologiques, économiques et toxicologiques limitent son utilisation dans un programme de contrôle de la bilharziose.

- Contraintes écologiques :

Cette petite plante a été endommagée par le broutage du bétail et son habitat a été considérablement réduit depuis la fin des crues annuelles du Nil (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). De plus, sa culture n'est pas facile ; en effet elle pousse difficilement le long des cours d'eau à cause de sa médiocre adaptation à des sols salins (EL-SAWY et al, 1981).

Enfin n'oublions pas qu'*A. maritima* est considérée comme une mauvaise herbe par les fermiers dans les villages et elle est communément détruite au cours des opérations obligatoires de nettoyage des canaux. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

- Contraintes économiques :

La plante sous forme d'extrait aqueux possède une activité molluscicide relativement faible. L'effet molluscicide le plus élevé est obtenu avec les principes actifs eux-mêmes extraits de la plante, ambrosine et damsine. Malheureusement le coût de l'extraction de ces principes actifs est trop élevé pour être à la portée des pays d'endémie. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

- Contraintes toxicologiques :

D'une manière générale, les expériences ont montré qu'*A. maritima* n'était toxique aux concentrations molluscicides ni pour les poissons, ni pour les larves de moustiques, ni pour le bétail qui broute cette herbe, ni même pour l'homme qui l'utilise traditionnellement en décoction ou en infusion contre certains maux. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982 ; SHERIF et EL-SAWY, 1962 ; DUNCAN, 1985)

Cependant cette plante présente l'inconvénient de provoquer des dermatites de contact, puisque les lactones sesquiterpéniques qu'elle contient (ambrosine, damsine, tribromodamsine) sont des composés allergisants pour la peau de l'homme (DUNCAN, 1985 ; FARNSWORTH et al, 1983). Il s'agit donc d'une dermatite de

contact allergique. Cette dermatite apparaît sur les surfaces de peau exposées, elle est généralement saisonnière, chronique, avec des lésions indurées et épaissies, des irritations aiguës (DUNCAN, 1985).

Certains auteurs ont également rapporté une cytotoxicité d'*A. maritima* (FARNSWORTH et al, 1983).

b) Autres Composées à lactones sesquiterpéniques :

En 1984, YOKE MARCHANT et al ont étudié l'activité d'une série de lactones sesquiterpéniques contre *Biomphalaria havanensis* ; les deux composés les plus actifs sont l'hélénaline, de l'*Helenium* spp. (Composées) et la pyréthrosine, du *Chrysanthemum* spp. (Composées), alors que la parthénine et la coronopiline issues de *Parthenium hysterophorus* L. (Composées) sont beaucoup moins actives contre *B. havanensis*. (Cf tableau n°1) (structures 20, 21, 22 et 23. tableau n°4b).

La parthénine qui présente une double liaison en 2-3 est elle-même plus active que la coronopiline qui est privée de cette double liaison.

En 1984, HOSTETTMANN et al ont étudié l'activité molluscicide très élevée de *Podachaeminum eminens* (Lagasca) Schultz. Bip. (Composées Astéracées). Le 7 α -hydroxy-3 désoxyzaluzanine C est très actif contre *Biomphalaria glabrata* car il suffit d'une concentration de 1 mg.l⁻¹ pour obtenir 100% de mortalité des mollusques après 24 heures d'exposition. Le 3- désoxyzaluzanine C, qui est privé du groupement hydroxy en 7 α , est totalement inactif. (structures 24 et 25. tableau n°4b)

En 1984, KUBO et MATSUMOTO étudient la plante du désert *Psathyrotes ramosissima* A. Gray (Composées) et montrent que l'extrait méthanolique de la plante fraîche est molluscicide. Le principe chimique responsable est identifié à une lactone sesquiterpénique : la désacétylisoténuline (structure 26. tableau n°4b) (KUBO et MATSUMOTO, 1984a). (Cf valeurs de l'activité molluscicide tableau n°1)

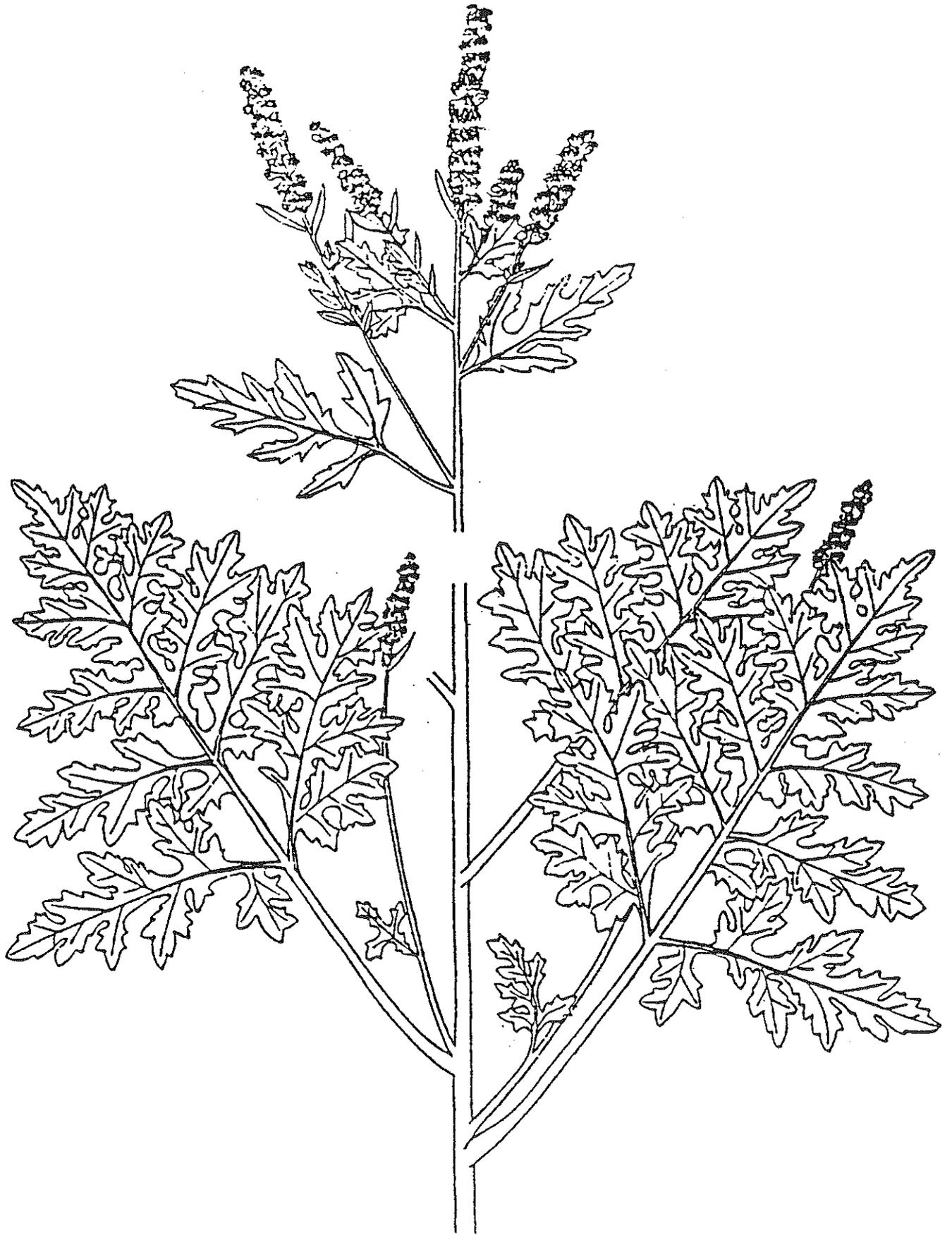
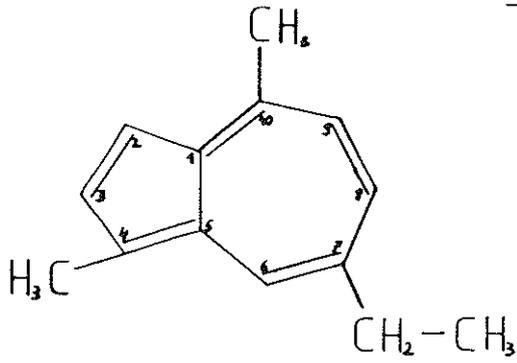
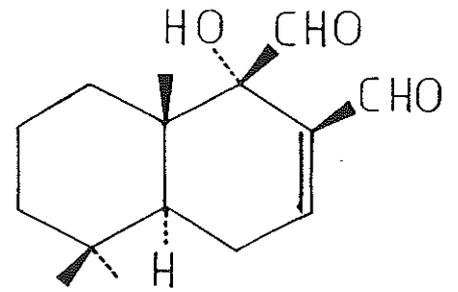


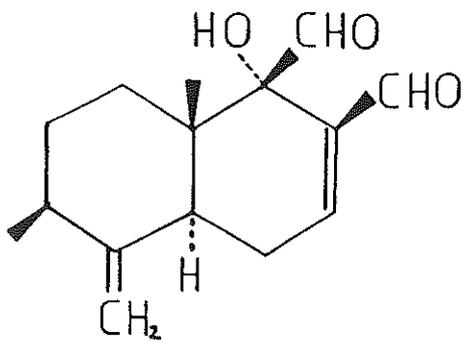
Figure 9. *Ambrosia maritima* L. (Composées).
(BERHAUT, 1974)



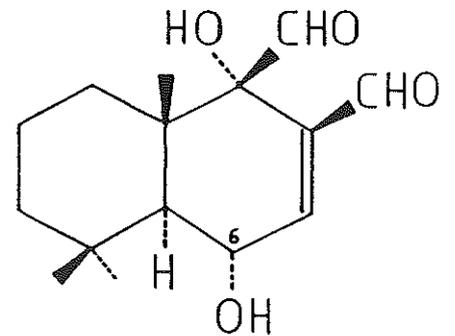
14. Chamazulène



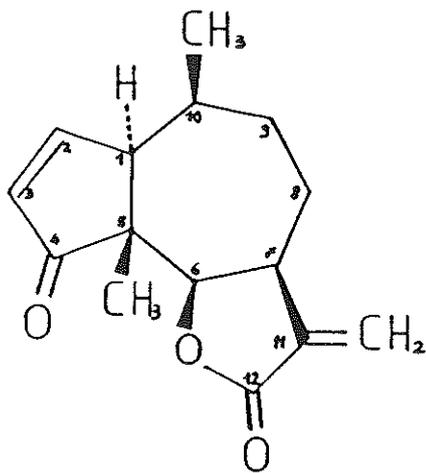
15. Warburganal



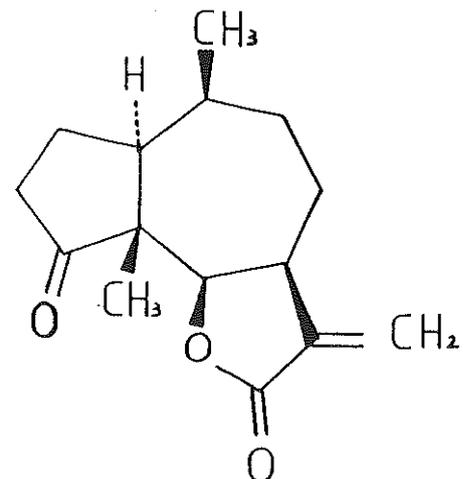
16. Muzigadial



17. Mukaadial

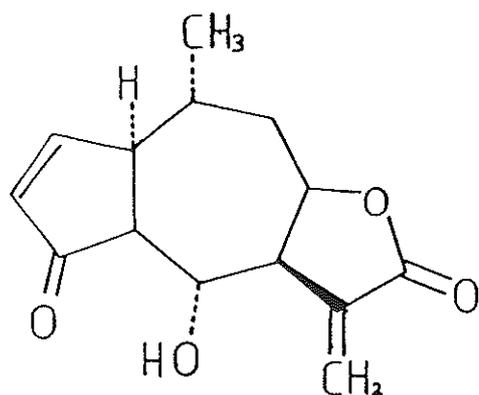


18. Ambrosine

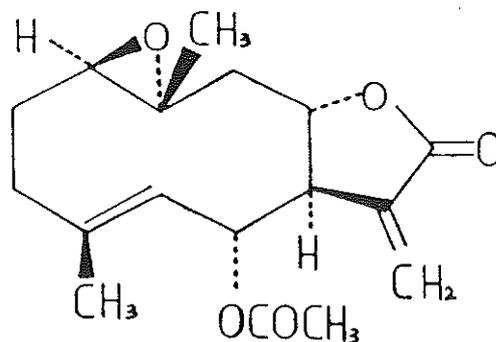


19. Damsine

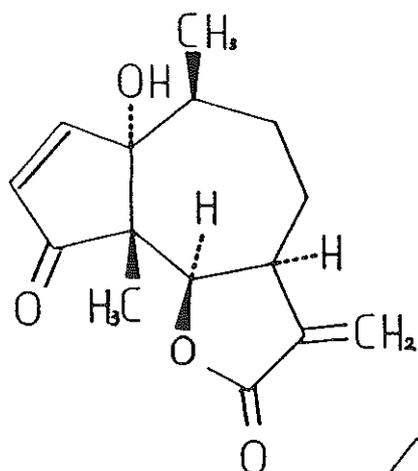
Tableau n°4a : Composés sesquiterpéniques molluscicides.



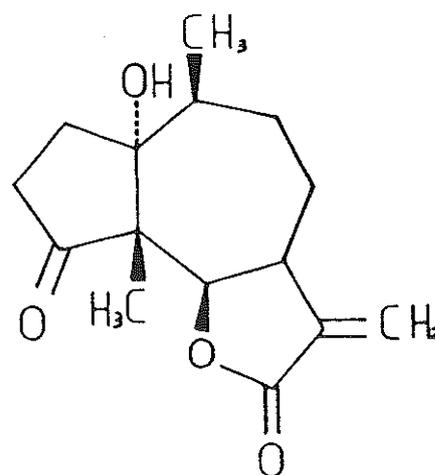
20. Hélnaline



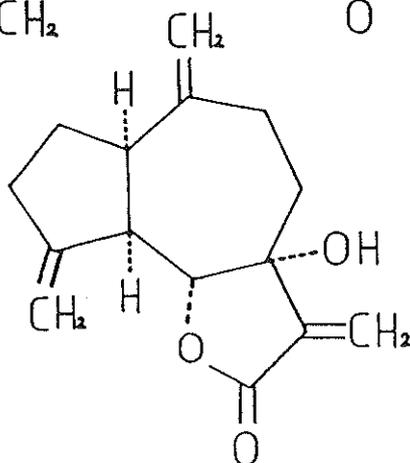
21. Pyréthrosine



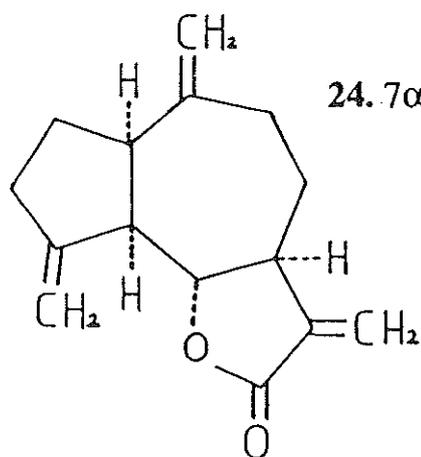
22. Parthénine



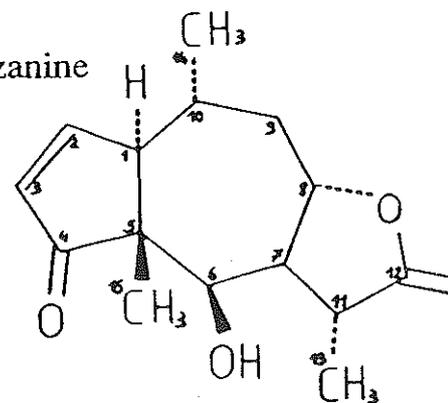
23. Coronopiline



24. 7 α -hydroxy-3-désoxyzaluzanine



25. 3-désoxyzaluzanine C



26. Désacétylisoténuline

Tableau n°4b : Composés sesquiterpéniques molluscicides (suite).

2.1.4. Saponosides stéroïdiques :

2.1.4.1. Généralités :

D'une manière générale, les saponosides sont des hétérosides de stérols ou de triterpènes dont les solutions aqueuses ont des propriétés tensioactives (abaissement de la tension superficielle) et aphrogènes (pouvoir moussant). Du point de vue physiologique, ils ont une action hémolytique et sont très toxiques pour les animaux à sang froid.

Par hydrolyse, ils libèrent un ou plusieurs oses et une génine ou aglycone appelée sapogénine. On distingue deux grands groupes de saponosides, la différence étant basée sur la nature de la génine :

- les saponosides stéroïdiques, possédant une génine stéroïdique ;
- les saponosides triterpéniques, possédant une génine triterpénique. (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

Les saponosides stéroïdiques sont donc formés par un ou plusieurs oses associés à une génine dérivant du noyau spirostanne, en C_{27} , dont la formule est reportée dans le tableau n°5 (structure 27.). Les cycles A, B, C, D représentent le noyau stéroïdique (cyclopentanoperhydrophénanthrénique). La chaîne latérale, fixée en C_{17} , comprend deux anneaux hétérocycliques, l'un pentagonal, l'autre hexagonal. Ces sapogénines possèdent toujours une fonction alcool secondaire en 3, susceptible de former une liaison hémiacétalique avec un ose ou un oside (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981).

2.1.4.2. Plantes à saponosides stéroïdiques :

C'est dans ce groupe que fut décrit pour la première fois une activité molluscicide avec l'arbre *Balanites aegyptiaca* L. (Zygophyllacées) en 1933 par WAGNER dans le Sud de l'Afrique et par ARCHIBALD au Soudan (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982).

Depuis, de nombreuses plantes molluscicides à saponosides stéroïdiques ont été mises en évidence notamment dans la famille des Agavacées avec *Agave sisalana* Perr. entre autres ; dans la famille des Cornacées avec *Cornus florida* L. ; dans la famille des Liliacées avec le genre *Asparagus*.

a) *Balanites aegyptiaca* L. (Zygophyllacées ou Balanitacées) :

a.1) Etude botanique : (Fig.10)

Balanites aegyptiaca L. est un petit arbre épineux toujours vert pouvant atteindre 6 mètres de haut. Cet arbre se rencontre dans les régions sèches d'Arabie, d'Egypte, d'Ethiopie, d'Afrique de l'Ouest et de l'Est et de l'Inde. L'espèce indienne *B. roxburghii* qui présente des fruits plus gros que l'espèce d'Egypte et d'Afrique de l'Ouest est néanmoins considérée actuellement comme incluse dans l'espèce *B. aegyptiaca*.

Le fruit est une drupe dont le noyau dur renferme une seule graine. La partie charnue et molle qui entoure le noyau est comestible.

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

Elles ont été décrites pour la première fois en 1933 par ARCHIBALD au Soudan. Il a montré que les baies, les amandes, l'écorce et les branches présentaient toutes des propriétés molluscicides vis-à-vis des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose, et pouvaient également tuer les cercaires et les miracidies des schistosomes. Il spécula que cette activité était probablement liée à la présence de saponines. Il décrivit une procédure simple de préparation d'une émulsion aqueuse à partir des baies qui était efficace sur le terrain contre les escargots transmettant la bilharziose et contre les stades de vie libres du parasite. Il découvrit que cette émulsion était également létale pour les poissons et pour les têtards. (HENDERSON et al, 1983)

Cette plante présente une activité molluscicide assez élevée puisque l'extrait méthanolique du fruit tue 100% de *Bulinus globosus* pour une concentration de 100 mg.l⁻¹ et une durée d'exposition de 24 heures (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a). L'extrait aqueux du fruit a également été étudié (PLANK, 1945). Son activité a été étudiée vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata*.

Cet extrait aqueux est beaucoup moins actif puisqu'il nécessite une concentration d'au moins 1000 mg.l⁻¹ avec un temps d'exposition de plus de 24 heures pour obtenir un effet molluscicide. (Cf tableau n°1 ; le pourcentage de mortalité de *B. glabrata* n'a pas été communiqué par cet auteur)

a.2.2) Principes molluscicides :

Le péricarpe du fruit et les graines de *B. aegyptiaca* sont riches en saponosides stéroïdiques dont les aglycones sont la diosgénine (sapogénine stéroïdique présentant une fonction méthyle en 25 α) et la yamogénine (isomère de la diosgénine dont la fonction méthyle est en 25 β)

Selon HARDMAN et SOFOWORA (1972), la yamogénine prédomine dans le péricarpe alors que la diosgénine prédomine dans la graine. Mais pour la drupe totale, la yamogénine est plus importante en proportion que la diosgénine.

Selon NAKANISHI (1982), l'activité molluscicide est due à 3 saponines stéroïdiques appelées balanitine 1, 2 et 3, dont l'aglycone est constitué par la yamogénine. Ces saponines diffèrent l'une de l'autre par le nombre et le type de sucres présents dans la chaîne latérale de l'aglycone. (MARSTON et HOSTETT-MANN, 1985 ; HENDERSON et al, 1983) (Cf tableau n°6)

a.2.3) Limites de l'utilisation de *B. aegyptiaca* :

- Contraintes liées au mode d'application :

On a longtemps préconisé l'utilisation de *B. aegyptiaca* pour contrôler les populations de mollusques dans diverses régions d'endémie du monde (Soudan, Egypte, Afrique du Sud, Porto Rico...). Il suffisait de planter cet arbre autour des collections d'eau infectées et le long des canaux d'irrigation et des cours d'eau, le fruit en tombant tout simplement dans l'eau permettait de contrôler la population de mollusques (WAGNER, 1936 ; ARCHIBALD, 1933). Malheureusement, il s'agit d'espèces ligneuses poussant beaucoup trop lentement pour pouvoir répondre aux exigences molluscicides urgentes d'un programme de contrôle. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983).

On a donc du abandonner ce procédé simple d'application pour en revenir à une technique plus classique d'extraction à partir de fruits provenant d'une cueillette sauvage. Mais pour obtenir un effet molluscicide convenable, les procédures simples d'extraction à l'eau sont insuffisantes ; il faudrait faire appel à des procédures d'extraction plus complexes, difficiles à mettre en oeuvre dans ces régions d'endémie.

- Contraintes d'ordre culturel :

B. aegyptiaca est un arbre qui présente un intérêt économique comme plante alimentaire. En effet le fruit (ou « datte du désert ») est riche en glucides, en lipides et en protéines dans les graines. Cette plante représente donc une importante source de nourriture et elle est considérée comme sacrée dans les pays d'endémie (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). Il sera par conséquent très difficile de faire accepter l'utilisation d'une telle plante dans un but de contrôle des mollusques par les populations locales.

- Contraintes toxicologiques :

Comme nous l'avons vu plus haut, les saponines stéroïdiques sont des composés toxiques pour les animaux à sang froid. Ce détail avait été observé très tôt par ARCHIBALD en 1933 puisqu'il avait constaté que l'application d'extraits aqueux obtenus à partir du fruit, de la graine, de l'écorce et des branches de *B. aegyptiaca* entraînait la mort des poissons et des têtards (HENDERSON et al, 1983). Il s'agit là d'un inconvénient majeur car on imagine les dégâts causés dans l'environnement aquatique par de tels produits, sans oublier une conséquence sur la population humaine dont l'alimentation est basée sur des produits provenant de ces cours d'eau.

b) *Cornus florida* L. (Cornacées) :

b.1) Etude botanique :

Cornus florida L. est un petit arbre très commun des forêts du sud des Etats-Unis, mais que l'on rencontre aussi en Amérique Centrale (Mexique).

b.2) Etude molluscicide :

b.2.1) Propriétés molluscicides :

HOSTETTMANN et al (1978) ont étudié l'activité molluscicide de *C. florida* sur les mollusques *Biomphalaria glabrata*. Ils ont constaté la mort des mollusques après 24 heures d'exposition à un extrait méthanolique de l'écorce à une concentration de 100 mg.l⁻¹ (le taux de mortalité n'a pas été donné) (Cf tableau n°1).

b.2.2) Principes molluscicides :

Ces mêmes auteurs ont ensuite isolé et caractérisé les constituants actifs de l'écorce de *C. florida* : il s'agit de saponosides stéroïdiques dont l'aglycone est la sarsapogénine.

Ils ont isolé deux composés actifs : la sarsapogénine-O- β -D-xylopyranosyl-1,2- β -D-galactopyranoside et la sarsapogénine-O- β -D-glucopyranosyl-1,2- β -D-galactopyranoside (composés 1 et 2, tableau n°7) (MARSTON et HOSTETT-MANN, 1985 ; HENDERSON et al, 1983).

La nature du sucre semble avoir son importance car le composé 1 qui possède un β -D-xylose est deux fois plus actif que le composé 2 qui possède un β -D-glucose.

b.2.3) Limites de l'utilisation de *C. florida* :

Cette plante reste d'une utilité restreinte en tant que molluscicide contre les hôtes intermédiaires de la bilharziose car elle ne pousse pas dans les régions d'endémie.

En effet cette plante pousse seulement dans les latitudes les plus hautes de l'Amérique du Nord et de l'Eurasie (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). Mais, si elle n'est pas utile dans le contrôle de la bilharziose, elle pourra cependant se montrer intéressante dans le contrôle d'autres maladies transmises par des mollusques comme par exemple la douve du foie (*Fasciola* sp.) et le prurit des nageurs (dû à une autre espèce de schistosome que les quatre qui nous intéressent dans cette étude). (HENDERSON et al, 1983)

Une deuxième contrainte à l'utilisation de *C. florida* pour le contrôle des mollusques aquatiques réside dans la toxicité des composés molluscicides pour les organismes à sang froid (poissons), comme les autres saponines stéroïdiques.

c) Genre *Asparagus* (Liliacées) :

Les propriétés molluscicides de deux espèces du genre *Asparagus* ont été étudiées par SATI et al en 1984 et par MARSTON et HOSTETT-MANN en 1985. Ces deux espèces sont *A. curillus* et *A. plumosus*.

c.1) *Asparagus curillus* Buch.-Ham. ex Roxb. :

Les principes molluscicides sont des saponines stéroïdiques dont l'aglycone est constitué par la sarsapogénine (Cf structure 31. tableau n°7). Ces différentes saponines stéroïdiques ainsi que leur activité molluscicide respective sur les mollusques *Biomphalaria glabrata* sont rapportées dans le tableau n°8.

c.2) *Asparagus plumosus* Baker :

L'aglycone présent dans les saponines stéroïdiques responsables de l'activité molluscicide est ici constitué par la yamogénine (structure 30. tableau n°6). L'activité molluscicide sur *B. glabrata* est rapportée dans le tableau n°8.

d) *Agave sisalana* Perr. (Agavacées) :

d.1) Etude botanique :

Le sisal ou chanvre est une plante vivace dont le port rappelle celui de l'Aloès ; le tronc est ligneux ; les feuilles sont épaisses, charnues et épineuses et sont disposées en rosette. Après plusieurs années apparaît la hampe florale, puis la plante meurt après une unique floraison.

Cette plante est originaire d'Amérique du Nord et d'Amérique Centrale (Brésil) et elle est cultivée dans diverses régions sèches tropicales (Kenya, Tanzanie, Madagascar, Brésil...) (MOYSE et PARIS, 1981).

d.2) Etude molluscicide :

L'intérêt porté à cette plante remonte en 1966, lorsqu'OTIENO remarqua l'absence de mollusques en aval des rivières dans lesquelles sont libérés des déchets résiduels provenant de la transformation du sisal par certaines usines en Tanzanie (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). Selon ce même auteur, la mort des mollusques serait le résultat d'une déplétion en oxygène (OTIENO, 1966).

L'extrait aqueux de la plante entière d'*A. sisalana* est actif contre *Bulinus globosus* et *Biomphalaria glabrata* puisqu'une concentration de 5000 mg.l⁻¹ entraîne 90% de mortalité chez ces deux espèces après une exposition de 24 heures (Cf tableau n°1). Cependant cette activité est relativement faible et, de plus, on constate un effet toxique sur la faune et la flore aquatique bien avant les concentrations molluscicides (OTIENO, 1966).

La structure exacte des constituants chimiques est encore mal connue. Toutefois cette plante est assez intéressante car les déchets de la production du sisal pourraient servir localement à la lutte contre la bilharziose.

e) Autres Agavacées molluscicides :

En 1987, PANT et SATI ont étudié l'activité molluscicide d'une autre espèce d'*Agave* : *A. cantala*. Ces auteurs ont isolé d'un extrait méthanolique des feuilles trois saponines stéroïdiques : la cantalasaponine 6, 7 et 8 (Cf tableau n°9). La cantalasaponine 7 a été étudiée contre les mollusques *Biomphalaria glabrata* et s'est avérée hautement molluscicide : une concentration de 50 mg.l⁻¹ est responsable d'une mortalité de 90% après une exposition de 24 heures (Cf tableau n°1).

L'hydrolyse acide des cantalasaponines 6 et 7 fournit comme aglycone la ti-gogénine ; alors que celle de la cantalasaponine 8 fournit l'hécogénine (structures 32 et 33. tableau n°9).

L'hécogénine possède un oxygène en 12 facile à transférer en 11, ce qui la rend intéressante pour l'hémisynthèse des corticostéroïdes. (MOYSE et PARIS, 1981)

En 1963, RITCHIE et al signalèrent l'activité molluscicide des feuilles de *Yucca schidigera* (Agavacées) vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata*. Cela semble intéressant puisque l'extrait aqueux est actif à une concentration de 700 mg.l⁻¹ (mortalité obtenue de 100%). Cet extrait aqueux aurait également une forte activité vis-à-vis des cercaires de *Schistosoma mansoni*. Selon ces auteurs, les principes molluscicides responsables seraient plutôt des alcaloïdes. (RITCHIE et al, 1963)

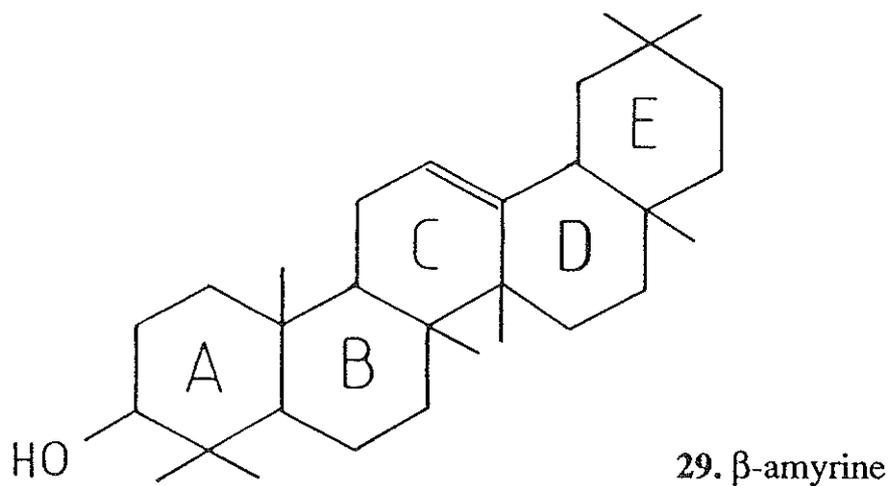
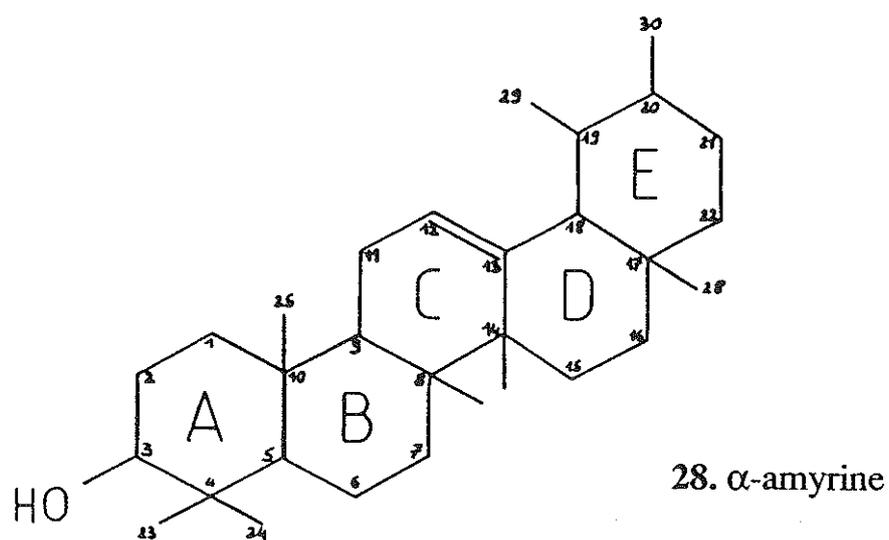
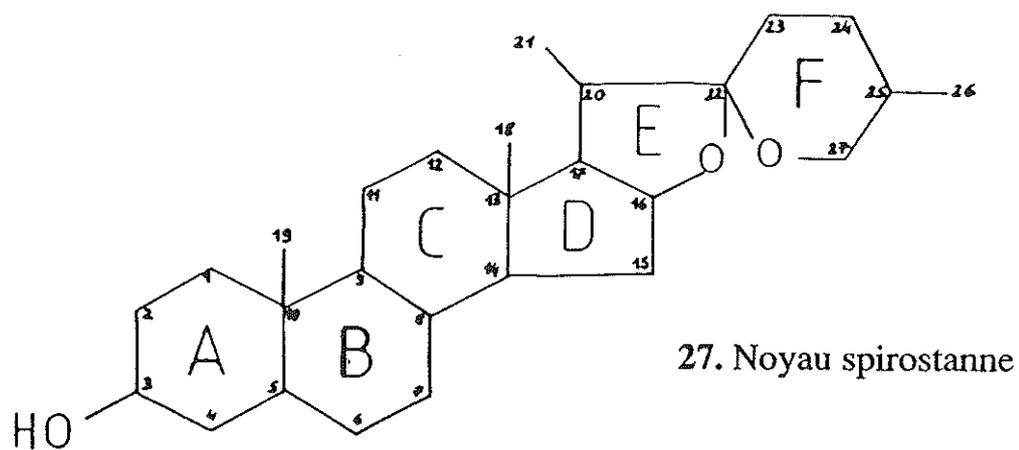
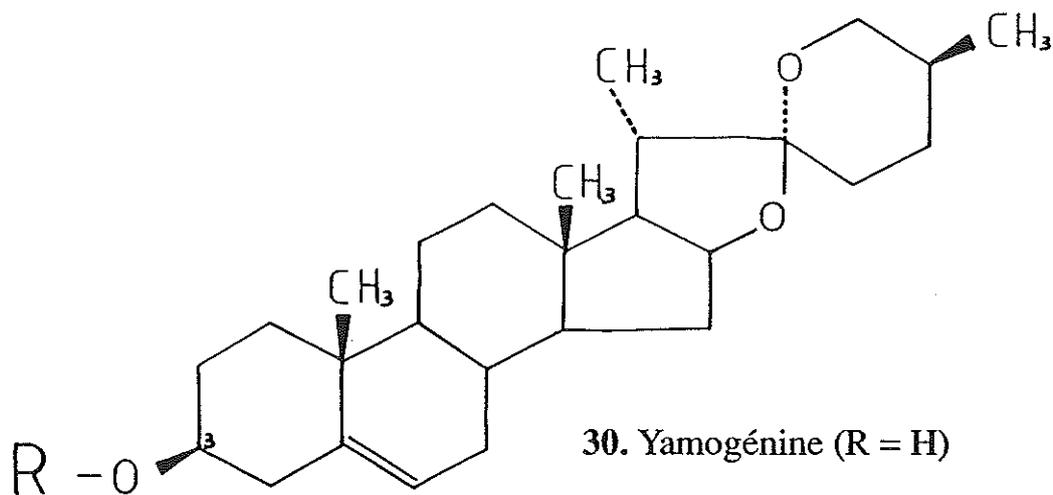


Tableau n°5 : Structure de base des saponosides. (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)



- A. Paire de feuilles et épine
- B. Fleur
- C. Coupe verticale d'une fleur
- D. Disque
- E. Coupe transversale du gynécée
- F. Fruit

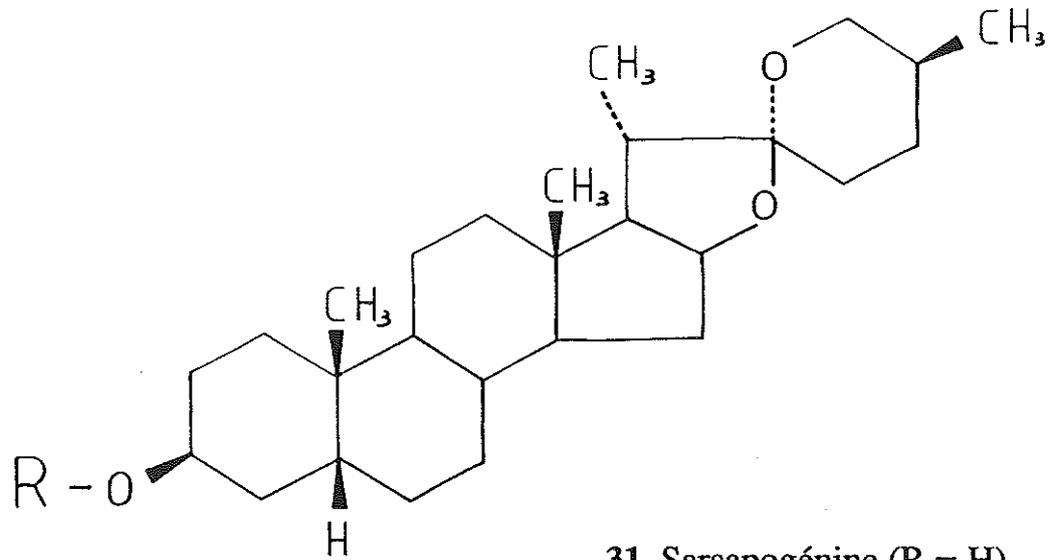
Figure 10. *Balanites aegyptiaca* Del. (Zygophyllacées).
(HUTCHINSON, 1959)



COMPOSE	R	Activité molluscicide
BALANITINE 1	Glu-Glu- Rha Rha	5-10
BALANITINE 2	Xyl-Glu-Glu- Rha	5-10
BALANITINE 3	Glu-Glu- Rha	5-10

Glu = β -D-glucopyranosyl
 Rha = α -L-rhamnopyranosyl
 Xyl = β -D-xylopyranosyl

Tableau n°6 : Principes molluscicides de *Balanites aegyptiaca* L. (Zygophyllacées)
 (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)



COMPOSE	R	Activité molluscicide
1	Xyl-Gal-	6
2	Glu-Gal-	12

Xyl = β -D-xylopyranosyl
 Gal = β -D-galactopyranosyl
 Glu = β -D-glucopyranosyl

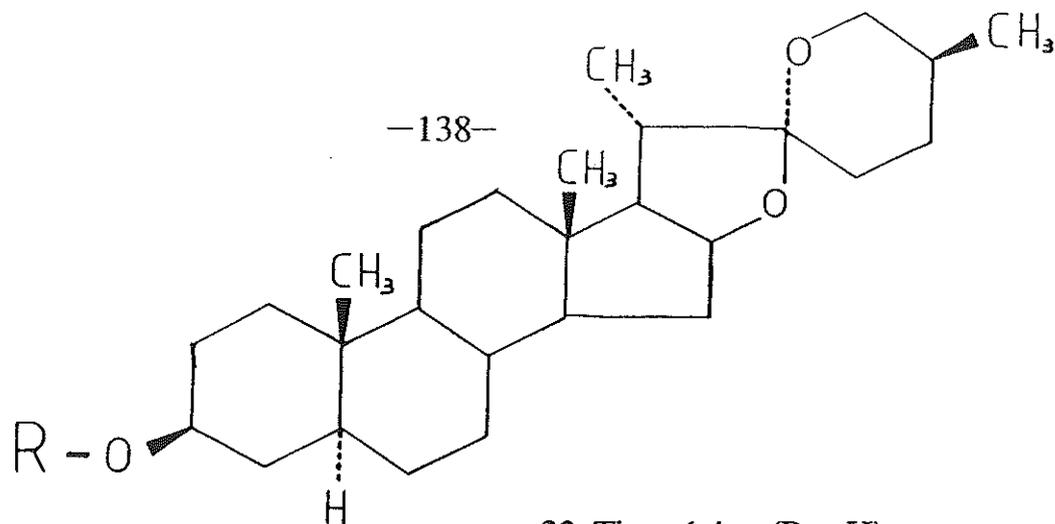
Tableau n°7 : Principes molluscicides de *Cornus florida* L. (Cornacées). (HENDERSON et al, 1983 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

PLANTE	AGLYCONE	R	Activité molluscicide CL ₁₀₀ en mg.l ⁻¹
<i>Asparagus curillus</i>	A	Rha-Glu- Glu	20
<i>Asparagus curillus</i>	A	Ara-Glu- Rha	5
<i>AsMparagus curillus</i>	A	Ara Rha- Glu- Glu	5
<i>Asparagus plumosus</i>	B	Rha-Glu-	25
<i>Asparagus plumosus</i>	B	Rha- Glu- Rha	20

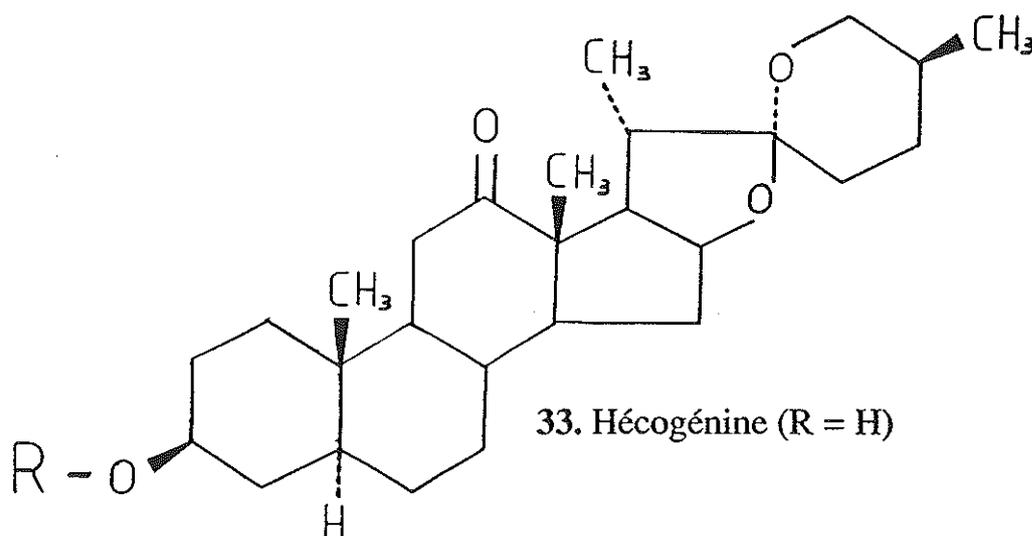
Aglycone : A = sarsapogénine ; B = yamogénine.

R : Rha = α -L-rhamnopyranosyl ; Ara = α -L-arabinopyranosyl ; Glu = β -D-glucopyranosyl.

Tableau n°8 : Principes molluscicides du genre *Asparagus* (Liliacées). (HOSTETT-MANN et MARSTON, 1983 ; MARSTON et HOSTETT-MANN, 1985)



COMPOSE	R
cantalasaponine 6	1 Gal + 2 Glu + 1 Xyl + 1 Rha
cantalasaponine 7	1 Gal + 2 Glu + 2 Xyl + 1 Rha



COMPOSE	R
cantalasaponine 8	1 Gal + 2 Glu + 2 Xyl + 1 Rha

Gal = D-galactopyranosyl

Glu = D-glucopyranosyl

Xyl = D-xylopyranosyl

Rha = L-rhamnopyranosyl

Tableau n°9 : Principes molluscicides d'*Agave cantala* (Agavacées). (PANT et SATI, 1987)

2.1.5. Saponosides triterpéniques :

2.1.5.1. Généralités :

Les saponosides triterpéniques sont constitués d'un ou plusieurs oses et d'une génine de forme triterpénique, en C_{30} , dérivée des noyaux α - ou β -amyrine (pentacyclique) ou parfois du noyau dammaranne (tétracyclique) (structures 28 et 29, tableau n°5). (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

2.1.5.2. Plantes à saponosides triterpéniques :

Les saponosides triterpéniques représentent un groupe chimique très important du point de vue du nombre de représentants avec des plantes aussi diverses que *Sapindus saponaria* L. (Sapindacées) ; *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Légumineuses Mimosacées) ; *Gardenia lutea* Fresen (Rubiacees) ; *Wedelia scaberrima* Benth. (Composées).

Le *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées) appartient à ce groupe et représente un modèle végétal particulièrement efficace.

a) *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées) :

a.1) Etude botanique : (Fig.11)

Le *Phytolacca dodecandra* L'Herit., synonyme de *P. abyssinica* Hoff. ou de *Pircunia abyssinica* Moq. (Phytolaccacées), est connu pour ses baies en Ethiopie sous le nom vernaculaire d'Endod, mais aussi sous le nom de « soapberry » dans d'autres régions d'Afrique.

Cette plante se rencontre en Afrique de l'Ouest, de l'Est, du Sud et en Afrique Centrale ainsi que dans diverses parties de l'Amérique du Sud et de l'Asie. (LEMMA, 1970)

Cet arbuste grimpant pousse très rapidement et peut atteindre dix mètres de haut, mais la hauteur moyenne se situe entre 2 et 3 mètres. Les fleurs plus ou moins développées sont regroupées en inflorescences de fleurs mâles ou de fleurs femelles plus petites.

En Ethiopie, lorsque les conditions climatiques sont favorables, la plante fournit des fruits deux fois par an, en janvier et en juillet (LEMMA, 1970). Cet arbre pousse naturellement dans les régions froides, humides au-dessus de 1500 mètres

d'altitude, mais il est également cultivé depuis quelques années dans des terres basses, chaudes et arides où la bilharziose est plus fréquente. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

Les propriétés molluscicides de *P. dodecandra* furent découvertes par LEMMA en 1964, et cette plante est devenue par la suite d'une importance considérable pour le contrôle de la bilharziose. (LUGT, 1981)

Les baies séchées de *P. dodecandra* sont depuis très longtemps utilisées comme substitut du savon en Ethiopie. Dans les points d'eau où les femmes lavaient le linge avec ces baies, LEMMA observa la mort des mollusques et il en déduisit que *P. dodecandra* était responsable de ce phénomène. (LEMMA, 1965)

Quelques années plus tard, en 1970, il étudia l'activité molluscicide de cette plante en laboratoire vis-à-vis de mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose : *Biomphalaria pfeifferi*.

Des solutions aqueuses préparées à partir des baies de *P. dodecandra* séchées et pulvérisées montrèrent des valeurs de CL_{90} de 103 et 25 ml^{-1} , après 6 et 24 heures d'exposition, respectivement. Les oeufs des mollusques n'étaient pas affectés par ces traitements. (DUNCAN, 1985)

LEMMA montra par cette même étude que seules les baies mûres présentaient un niveau d'activité intéressant, et ceci en comparaison avec les fleurs, les feuilles, les tiges, l'écorce, les racines (Cf tableau n°1) (LEMMA, 1970).

A partir de là il s'ensuivit de nombreuses investigations basées sur cette plante par différents chercheurs.

En 1972, LEMMA et al montrèrent qu'une solution aqueuse de baies séchées était également efficace sur d'autres espèces de mollusques (*Bulinus globosus*, *Lymnea natalensis*), ceci pour des concentrations sensiblement différentes (de 18 à 29 $mg.l^{-1}$) (Cf tableau n°1).

En 1972, BAALAWY montre la puissante activité des extraits butanoliques des baies d'Endod sur *Bulinus nasatus*, *Biomphalaria pfeifferi*, *B. glabrata* et *B. choanomphala* (Cf tableau n°1).

En 1974, LEMMA et YAU réalisent une étude de l'activité ovicide d'un extrait butanolique des baies d'Endod sur les œufs de *Bulinus* sp., de *B. glabrata* et de *Lymnea* sp. Ils dénotent une activité ovicide seulement avec l'espèce *Lymnea*. Pour les autres espèces, ce manque d'activité ovicide est un inconvénient important qui obligera à augmenter la fréquence des applications de ce produit.

Enfin en 1979, LEMMA T. et LEMMA A. montrent l'intérêt d'un processus d'extraction par eau et fermentation. Ils obtiennent 100% de mortalité chez les mollusques *Biomphalaria glabrata* avec une concentration de 4 mg.l⁻¹ seulement.

a.2.2) Principes molluscicides :

Dès 1968, JEWERS et KING admettent que les principes molluscicides majeurs de *P. dodecandra* sont des saponosides qui dérivent de l'acide oléanique. Puis, en 1969, POWELL et WHALLEY identifient sans équivoque l'acide oléanique comme étant l'une des principales sapogénines. (HENDERSON et al, 1983)

Puis il fut mis en évidence le groupe de l'hédéragénine et le groupe de la phytolaccagénine et de la bayogénine (PARKHURST, 1975). Ces trois groupes de saponosides sont représentés dans les tableaux 10, 11 et 12.

Selon PARKHURST, l'extraction des saponosides par le butanol suivie d'une hydrolyse acide douce fournit 66 pour cent d'acide oléanique ; 8,9 pour cent d'hédéragénine ; 14,9 pour cent de bayogénine et 6,5 pour cent d'acide hydroxy-2-oléanique. (PARKHURST, 1975)

Les saponosides du groupe de l'acide oléanique représentent donc la majorité des composés ; ce sont également les dérivés les plus actifs.

PARKHURST et al isolèrent et déterminèrent la structure de 4 glycosides de l'acide oléanique : l'oléanoglycotoxine A, la lemmatoxine, et deux autres composés appelés tous les deux lemmatoxine C.

Le composé majeur d'un point de vue quantitatif dans le mélange de saponines est l'oléanoglycotoxine A ou acide 3-[2,4-di-O-(β-D-glucopyranosyl)-β-D-glucopyranosyl]-oléane-12-ène-28-oïque. (PARKHURST et al, 1973a)

Le composé molluscicide le plus actif dans le mélange de saponines brutes est cependant la lemmatoxine, triglycoside ramifié contenant 2 molécules de glucose

et une molécule de galactose par molécule d'acide oléanique. Sa formule brute est la suivante : acide 3-O-[4'-O-(β -D-gluco-pyranosyl-3'-O-(β -D-galacto-pyranosyl)- β -D-gluco-pyranosyl]-oléane-12-ène-28-oïque. (PARKHURST et al, 1974)

La lemmatoxine est en effet deux fois plus active que l'oléanoglycotoxine A sur *Biomphalaria glabrata* ($CL_{90} = 1,5 \text{ mg.l}^{-1}$ en 24 heures ; $CL_{90} = 3 \text{ mg.l}^{-1}$ en 24 heures, respectivement) (Cf tableau n°10).

Les deux autres composés, tous les deux appelés lemmatoxine C (PARKHURST et al, 1973b), possèdent environ la moitié de l'activité molluscicide de la lemmatoxine. Ces composés sont des dérivés linéaires trisaccharides de l'acide oléanique contenant du rhamnose comme glycoside terminal. L'un des deux, représentant au moins 70% du mélange, est l'acide rhamnose-glucose-glucose oléanique, ayant la configuration de l'acide (3-O- α -L-rhamnopyranosyl-2'-O- β -D-gluco-pyranosyl-2'-O- β -D-gluco-pyranosyl)-oléane-12-ène-28-oïque. (tableau n°10)

La proportion des différentes saponines dans le mélange est la suivante :

- 18% d'oléanoglycotoxine A,
- 16% de lemmatoxine,
- 17% de lemmatoxine C.

(HENDERSON et al, 1983)

a.2.3) Relations de structure-activité :

L'analyse des tableaux 10, 11 et 12 permet de constater que les génines seules n'ont pas d'activité molluscicide, la présence d'oses est donc nécessaire à l'activité de ces composés.

Les oses les plus fréquemment rencontrés sont le glucose, le galactose, le rhamnose, le xylose. Ces sucres peuvent venir se fixer sur la fonction alcool en 3 et sur la fonction carboxylique en 28. La fixation des sucres sur la fonction alcool conduit à des dérivés très actifs, par contre la fixation de sucres supplémentaires sur la fonction acide en 28 donne des dérivés inactifs. La fonction carboxylique en 28 doit donc être libre. (HOSTETTMANN et al, 1982)

Les principes molluscicides de *P. dodecandra* existent dans la plante sous une forme inactive ou prosaponines, dans laquelle le groupe carboxylique des sapogénines est lié avec un sucre. L'extraction par un solvant organique de cette plante doit par conséquent être suivie d'une hydrolyse alcaline pour libérer le groupement

carboxylique, de manière à obtenir un composé actif. Cette hydrolyse est probablement achevée dans les extraits aqueux des baies par l'intervention d'une enzyme agissant naturellement (DUNCAN, 1985).

a.3) Toxicité de *P. dodecandra* :

La toxicité aiguë pour les oiseaux et les mammifères est pratiquement nulle pour de faibles concentrations. On a simplement noté un effet abortif du mélange de saponines durant de courtes imprégnations chez le rat (HENDERSON et al, 1983 ; DUNCAN, 1985), de même qu'un effet émétique chez le singe, le chien et le chat à une dose aussi basse que 5 mg/kg de poids corporel (LEMMA et al, 1972). On a également noté une toxicité des solutions aqueuses de baies chez le mouton : aucun signe morbide pour une dose de 200 mg/kg de poids corporel, mais la mort survient pour une dose de 1000 mg/kg au bout de 96 heures (DUNCAN, 1985).

Les essais d'irritation de la peau chez l'homme se révèlent négatifs, ce qui n'est pas étonnant puisque les femmes en Ethiopie utilisent couramment les baies pour laver leur linge.

LUGT, en 1978 dans des observations non publiées, a simplement signalé des réactions allergiques induites par la poussière produite par le broyage des baies de *P. dodecandra* en poudre fine (LUGT, 1983).

Enfin, aucune activité mutagène n'a été détectée au cours d'une étude préliminaire limitée utilisant un test bactérien sur plaque réalisé par AMES. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

Par contre, les principes molluscicides de *P. dodecandra* sont toxiques pour la faune aquatique, notamment pour les poissons. LEMMA et al (1972) ont rapporté une concentration piscicide de 1,5 à 3,6 mg.l⁻¹ (CL₅₀, 24 heures) pour 3 espèces de poissons (HENDERSON et al, 1983). Cet effet toxique est le résultat d'une paralysie des branchies entraînant un dérèglement des fonctions respiratoires. (FARNSWORTH et al, 1983)

Ce problème de toxicité semble atténué par la pratique maintenant courante d'une application focale et périodique plutôt qu'à grande échelle. Cependant, l'activité piscicide demeure un problème au niveau local, où le poisson représente une importante source de protéines pour les populations locales pauvres. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

Les sangsues sont également sensibles aux baies de *P. dodecandra* puisqu'une concentration de 4 mg.l⁻¹ provoque leur mort en 6 heures ; ceci est un avantage car certaines sangsues (comme *Lymnotis nilotica* par exemple) sont des espèces nuisibles qui partagent bien souvent le même habitat que les mollusques. (DUNCAN, 1985)

Dépourvue d'activité insecticide, l'Endod est néanmoins toxique pour les larves des moustiques *Aedes*, *Culex* et *Anopheles*. (DUNCAN, 1985)

Enfin les baies de *P. dodecandra* sont toxiques pour les cercaires et les miracidies des schistosomes à des concentrations plus faibles que les concentrations molluscicides. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982 ; DUNCAN, 1985)

a.4) Autres propriétés de *P. dodecandra* :

P. dodecandra est également utilisée, outre dans des activités ménagères en tant que savon, dans la médecine populaire en Afrique. C'est en effet un bon remède du ténia, des affections urogénitales. Les populations locales l'utilisent également comme abortif et émétique. (DUNCAN, 1985)

Des recherches sont en cours afin de mettre au point des méthodes d'extraction des constituants secondaires des baies de *P. dodecandra*, pour les faire entrer dans la composition de divers produits : des agents stérilisants et contraceptifs ; des composés antiviraux, antibactériens, antifongiques et anthelminthiques ; des insecticides et larvicides contre les mouches domestiques et les moustiques vecteurs de maladies ; des détergents industriels ; des régulateurs de séchage dans le ciment ; et enfin des médicaments anticholestérolémiants (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). De telles utilisations supplémentaires pourraient encourager la culture et l'utilisation de *P. dodecandra* dans les pays d'endémie.

Phytolacca dodecandra L'Herit., produit naturel de culture facile et de croissance rapide, offre un rapport coût-efficacité particulièrement intéressant pour lutter contre la bilharziose dans certaines zones d'endémie où l'achat des produits de synthèse n'est pas à la portée des collectivités locales.

En dépit de certains effets toxiques sur la faune aquatique, l'Endod possède certaines propriétés intéressantes, ce qui rend sa culture encore plus attrayante. En fait, cette plante est cultivée à grande échelle depuis les années 1970 en particulier dans les régions d'Ethiopie où la bilharziose est présente. (Cf Chapitre 3. paragraphe 4)

b) *Hedera helix* L. (Araliacées) :

Le Lierre commun, *Hedera helix* L., est un arbrisseau grimpant indigène commun dans toute l'Europe. Il est cultivé comme plante ornementale dans presque toutes les contrées tempérées. (MOYSE et PARIS, 1981)

Toutes les parties de la plante renferment des saponosides triterpéniques. Les fruits sont toxiques pour l'homme à l'état frais. Cette plante médicinale par ses feuilles et par son bois qui ont des propriétés antispasmodiques, possède également une activité antifongique et antibactérienne à l'égard des bactéries gram(+) et gram(-). Cette plante a une action antagoniste de l'acétylcholine. (MOYSE et PARIS, 1981)

En 1980, HOSTETTMANN étudie cette plante en laboratoire et met en évidence pour la première fois l'activité élevée des fruits à l'égard de *Biomphalaria glabrata*. L'extrait méthanolique brut des fruits tue les mollusques à une concentration de 40 mg.l⁻¹, alors que l'extrait des feuilles paraît moins actif. (HOSTETTMANN, 1980) (Cf tableau n°1)

L'étude chimique de l'extrait méthanolique des drupes sèches révèle la présence de saponosides triterpéniques dont l'aglycone est l'hédéragénine. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985) (Cf tableau n°13)

On constate d'après ce tableau que les deux dérivés les plus actifs sont le monosaccharide n°1 et le disaccharide n°3, tous les deux contenant de l'arabinose.

c) *Lonicera nigra* L. (Caprifoliacées) :

HOSTETTMANN et al (1982) et MARSTON et HOSTETTMANN (1985) ont étudié l'activité molluscicide de l'extrait méthanolique des baies fraîches de *L. nigra* contre *Biomphalaria glabrata*. (Cf tableau n°1)

En 1983, DOMON et HOSTETTMANN isolent à partir du fruit 8 saponines triterpéniques dont l'aglycone est soit l'acide oléanique, soit l'hédéragénine. (Cf tableau n°14)

Parmi ces 8 saponines, 5 d'entre elles possèdent leur fonction carboxylique en 28 libre, les sucres étant seulement fixés sur la fonction alcool en 3, et représentent donc les saponines les plus actives. Les 3 autres saponines portent des sucres non seulement sur leur fonction alcool en 3 mais aussi sur la fonction carboxylique en 28 et sont donc inactives.

d) *Swartzia madagascariensis* Desv. (Légumineuses Césalpinées) :

Les propriétés molluscicides de l'arbre africain *Swartzia madagascariensis* ont été très tôt reconnues par MOZLEY en 1944. Cet arbre est largement utilisé par les populations locales dans la médecine populaire ainsi que pour la pêche car c'est un poison pour les poissons. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

Abandonnée pendant de nombreuses années, l'étude de *S. madagascariensis* a été reprise en 1986 par SUTER et al. Ces auteurs ont montré qu'un extrait aqueux des gousses de graines à une concentration de 100 mg.l⁻¹ provoque 100% de mortalité chez *Bulinus globosus* après une exposition de 24 heures (Cf tableau n°1).

Ces mêmes auteurs ont isolé la principale saponine triterpénique responsable de l'activité et ont déterminé sa structure. Il s'agit d'une saponine ayant pour aglycone l'acide oléanique. Elle entraîne 100% de mortalité chez *Bulinus globosus* et *B. glabrata* pour une concentration de 3 mg.l⁻¹ seulement. (SUTER et al, 1986) (Cf tableau n°15)

Les œufs des mollusques ne sont pas affectés par le traitement molluscicide ; une application unique ne sera donc pas suffisante pour contrôler la transmission, une application ultérieure sera nécessaire pour tuer les mollusques restants.

Les saponines de *S. madagascariensis* ont une action toxique sur la faune aquatique, en particulier sur les poissons. Malgré une demi-vie relativement courte dans l'environnement aquatique, d'autres influences défavorables sur l'écologie locale sont toujours possibles. (SUTER et al, 1986 ; HOSTETTMANN et MARSTON, 1983)

e) *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Légumineuses Mimosacées) :

L'activité molluscicide de cette plante médicinale nigérienne a été démontrée par ADEWUNMI et SOFOWORA (1980a), par ADEWUNMI et MARQUIS (1981b), par ADESINA et al (1980) et par ADEWUNMI et al (1982).

L'extrait aqueux du fruit est moins actif sur *Bulinus globosus* que l'extrait méthanolique (CL₁₀₀ = 100 et 10 mg.l⁻¹, respectivement) ; l'extrait méthanolique de l'écorce de tige est lui-même plus actif que celui du fruit sur *B. globosus* et *Lymnea natalensis* (CL₅₀ = 2 mg.l⁻¹), ainsi que sur *Biomphalaria pfeifferi* (CL₅₀ = 5,2 mg.l⁻¹). (Cf tableau n°1)

Selon ADESINA et al (1980), l'activité molluscicide de *T. tetraptera* paraît être liée à la présence de saponines et de coumarines, ces deux sortes de composés chimiques agissant de manière synergique ou complémentaire.

En 1988, ADEWUNMI et al identifient plus précisément l'une des saponines triterpéniques du fruit de *T. tetraptera* ; il s'agit de l'aridanine, glycoside non extractible et qui serait responsable d'une diminution du taux de croissance et de la production des œufs de *Biomphalaria glabrata* et *Lymnea columella*.

Plus récemment, en 1989, MAILLARD et al ont isolé trois nouvelles saponines triterpéniques du fruit de *T. tetraptera*, ayant pour aglycones l'acide oléanique et l'acide echinocystique. Toutes ces saponines ont un point commun avec l'aridanine : elles possèdent une fonction N-acétyle sur le sucre relié à l'aglycone. Elles sont représentées dans le tableau n°12. Elles ont montré toutes les quatre une puissante activité molluscicide sur *Biomphalaria glabrata*. (MAILLARD et al, 1989)

Une étude toxicologique réalisée avec l'aridanine sur trois souches de *Salmonella typhi-murium* et sur des cellules ovariennes de hamster n'a montré aucun effet mutagène ; de plus il a été montré chez la souris que l'aridanine est rapidement excrétée et qu'elle ne traverse pas la barrière placentaire (ADEWUNMI et APPELGREN, 1989). Cependant, il reste à démontrer que les trois autres saponines sont aussi peu toxiques pour les organismes non visés.

Une étude comparative réalisée par ADEWUNMI et MARQUIS en 1987 avec l'Aridan (*T. tetraptera*), l'Endod (*Phytolacca dodecandra*) et le BAYLUSCIDE* a montré une efficacité supérieure de l'Aridan sur *Bulinus globosus* et *Biomphalaria pfeifferi* par rapport à l'Endod, le BAYLUSCIDE* restant le composé le plus actif des trois. L'effet molluscicide de l'Aridan apparaît très rapidement, mais l'effet résiduel et la stabilité restent très faibles. Cependant, on pourrait envisager cette plante pour tuer immédiatement les mollusques dans leurs habitats naturels, l'effet ovicide contribuant à limiter la recolonisation par des populations plus jeunes, ce qui peut pallier le manque d'effet résiduel.

f) Autres plantes à saponines triterpéniques :

Dans la famille des Légumineuses, d'autres plantes à saponines triterpéniques ont été étudiées pour une activité molluscicide. (Cf tableau n°1)

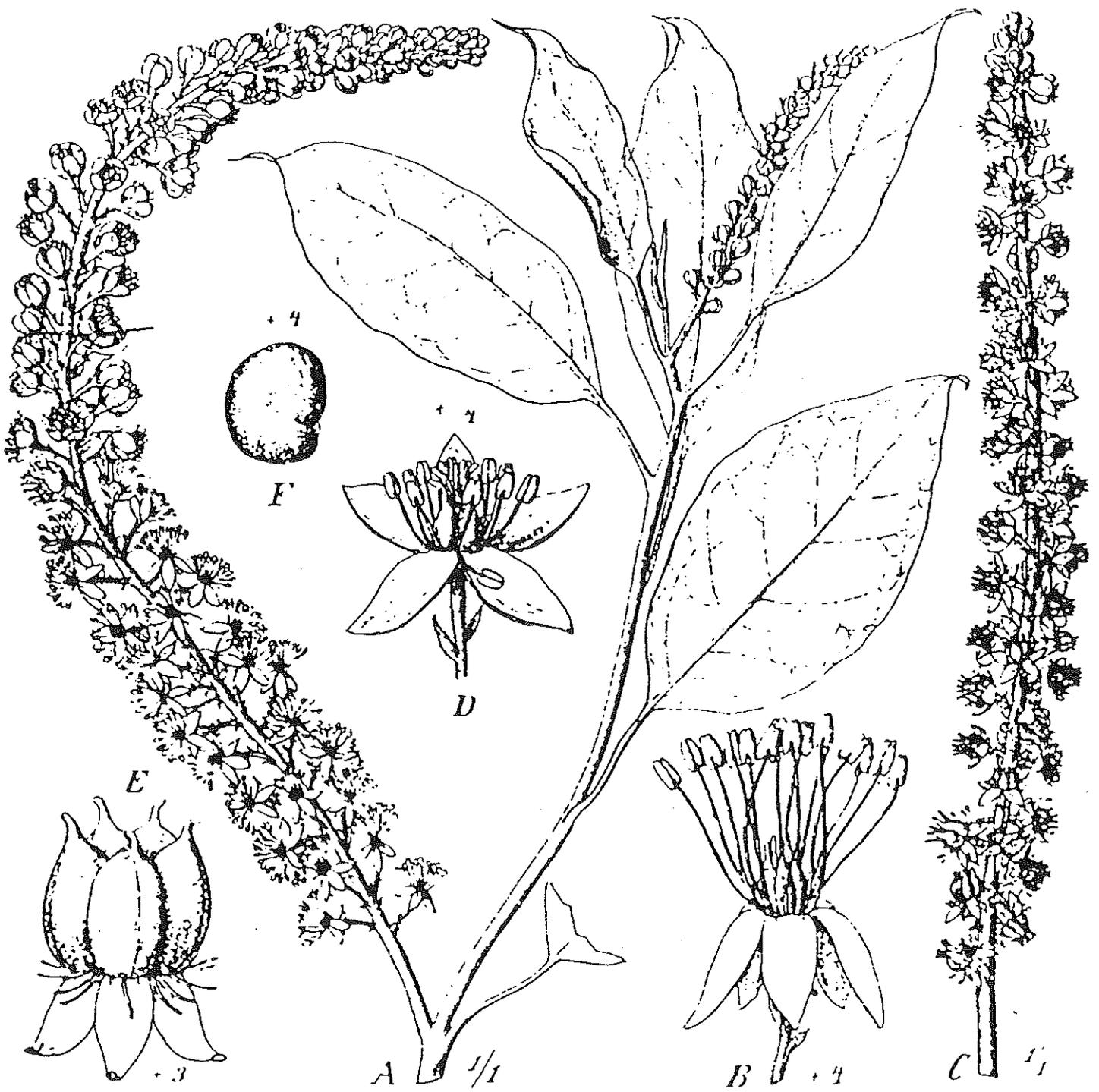
En 1987, BOREL et al montrent qu'un extrait méthanolique des feuilles de *Swartzia simplex* Spreng. à une concentration de 400 mg.l⁻¹ provoque 100% de mortalité chez *Biomphalaria glabrata* après une exposition de 24 heures.

Ces mêmes auteurs ont élucidé la composition chimique des feuilles de cette plante. Les saponines triterpéniques responsables de l'activité molluscicide ont pour aglycone la gypsogénine et l'acide gypsogénique.

En 1988, DORSAZ et al identifient les saponines triterpéniques isolées des feuilles de *Sesbania sesban* Merrill. (Légumineuses Papilionacées). L'aglycone est l'acide oléanique.

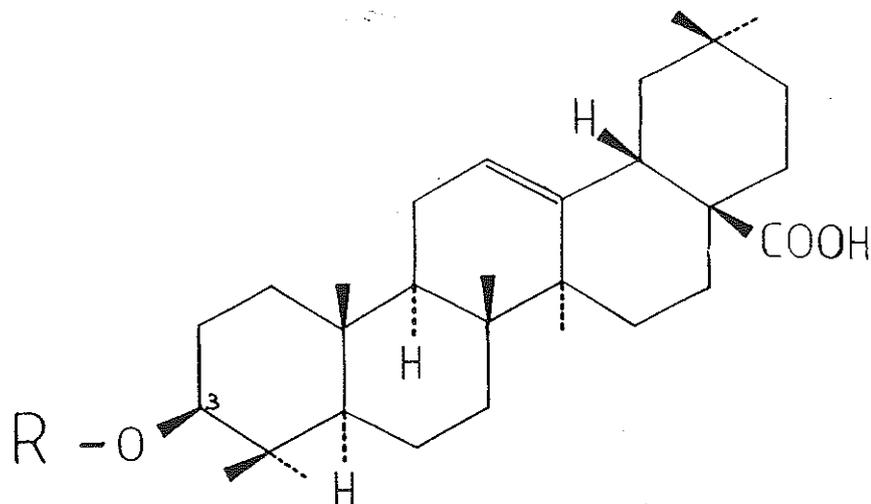
En 1988 encore, MARSTON et al étudient l'extrait méthanolique des racines de *Dolichos kilimandscharicus* Taub. (Légumineuses Césalpiniées), une plante africaine utilisée en médecine populaire pour soigner la dysenterie. Trois saponines triterpéniques sont isolées, avec chacune un aglycone différent : l'hédéragénine, la bayogénine et l'acide médicagénique.

En 1989, CARPANI et al montrent l'activité molluscicide d'*Albizzia anthelmintica* Brongn. (Légumineuses Mimosacées), plante africaine utilisée localement comme anthelminthique ainsi que contre la malaria, les désordres digestifs et intestinaux, les rhumatismes et les maladies vénériennes. L'écorce de racine contient, en plus de la musénine et de l'histamine, trois saponines triterpéniques dont l'aglycone est l'acide echinocystique.



- A. Branche avec inflorescence de fleurs mâles
- B. Fleur mâle
- C. Inflorescence de fleurs femelles
- D. Fleur femelle
- E. Fruit
- F. Graine

Figure 11. *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées).
(ENGLER et HARMS, 1960)



34. Acide oléanique (R = H)

COMPOSE	R	Activité molluscicide
Oléanoglycotoxine A	Glu-Glu- Glu	3
Lemmatoxine	Glu-Glu- Gal	1,50
Lemmatoxine C	Rha-Glu-Glu-	3

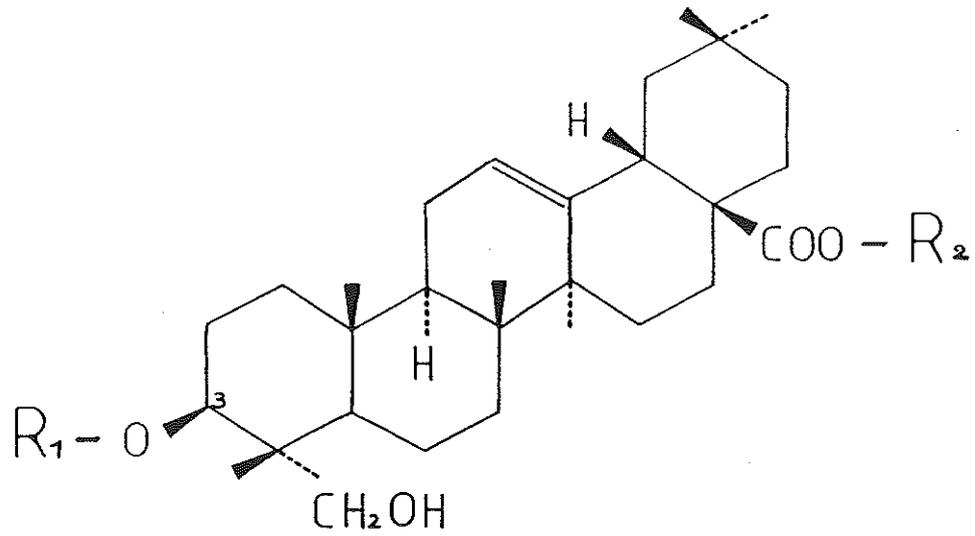
Rha = α -L-rhamnopyranosyl

Glu = β -D-glucopyranosyl

Gal = β -D-galactopyranosyl

Xyl = β -D-xylopyranosyl

Tableau n°10 : Principes molluscicides de *Phytolacca dodecandra* L'Herit.(Phytolaccacées), dérivés de l'acide oléanique. (MARSTON et HOSSETTMANN, 1985 ; HENDERSON et al, 1983 ; PARKHURST et al, 1973a, 1973b, 1974 ; PARKHURST, 1975)

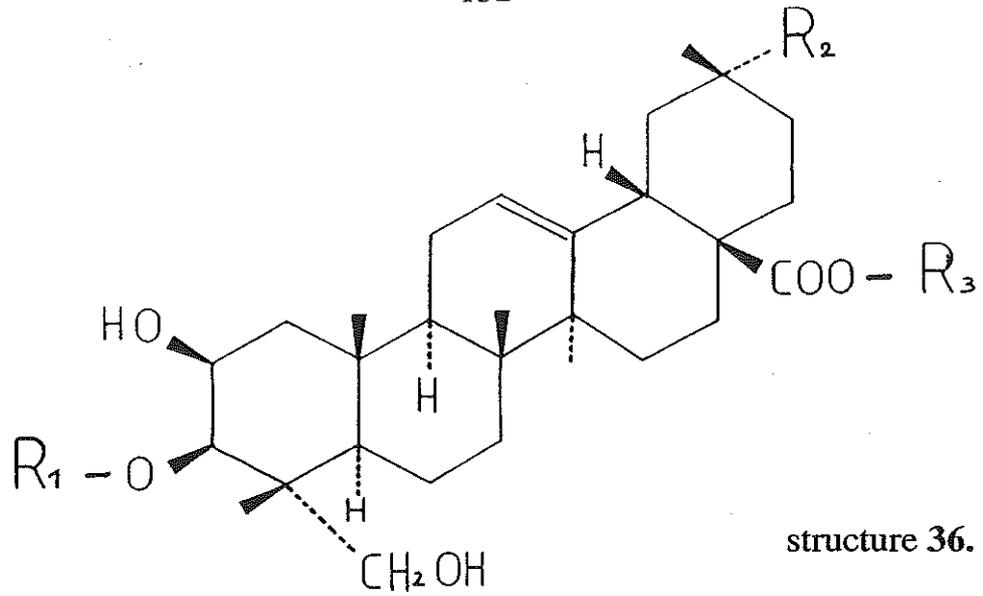


35. Héderagénine (R₁ = R₂ = H)

R ₁	R ₂	Activité molluscicide
Glu-Glu- Glu	H	CL ₁₀₀ = 12
Glu-Glu- Glu	Glu	inactif

Glu = β-D-glucopyranosyl

Tableau n°11 : Principes molluscicides de *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées), dérivés de l'héderagénine. (MARSTON et HOSTETTSMANN, 1985 ; PARKHURST et al, 1973a, 1973b, 1974 ; PARKHURST, 1975)

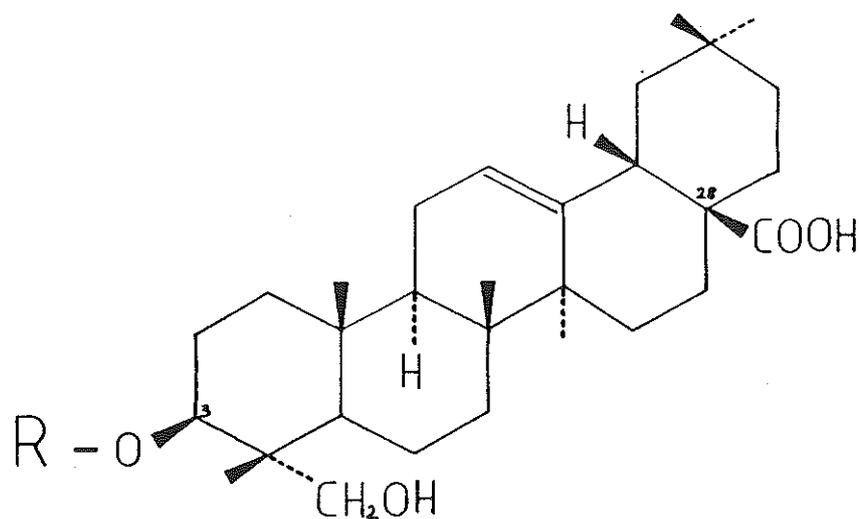


COMPOSE	R ₁	R ₂	R ₃	Activité molluscicide en mg.l ⁻¹
Bayogénine	H	CH ₃	H	inactif
Phytolaccagénine	H	COOCH ₃	H	inactif
	Glu-Glu-	CH ₃	H	CL ₁₀₀ = 12
	Glu-Glu-	CH ₃	Glu	inactif
	Xyl-	COOCH ₃	H	60
	Glu-Xyl-	COOCH ₃	H	80

Glu = β-D-glucopyranosyl

Xyl = β-D-xylopyranosyl

Tableau n°12 : Principes molluscicides de *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées), dérivés de la bayogénine et de la phytolaccagénine. (MARSTON et HOSTETTSMANN, 1985 ; HENDERSON et al, 1983 ; PARKHURST et al, 1973a, 1973b, 1974 ; PARKHURST, 1975)



structure 37.

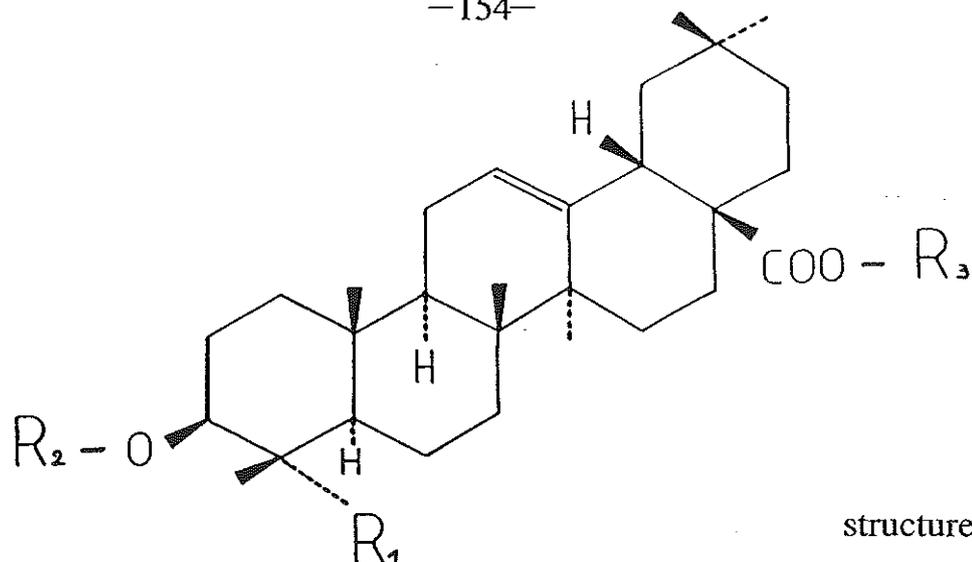
COMPOSE	R	Activité molluscicide CL ₁₀₀ en mg.l ⁻¹
Hédéragénine	H	inactif
1	Ara-	3
2	Glu-	15
3	Rha-(1,2)-Ara-	8
4	Glu-(1,2)-Glu-	12

Ara = α -L-arabinopyranosyl

Glu = β -D-glucopyranosyl

Rha = α -L-rhamnopyranosyl

Tableau n°13 : Principes molluscicides d'*Hedera helix* L. (Araliacées). (MARTON et HOSTETTMANN, 1985)



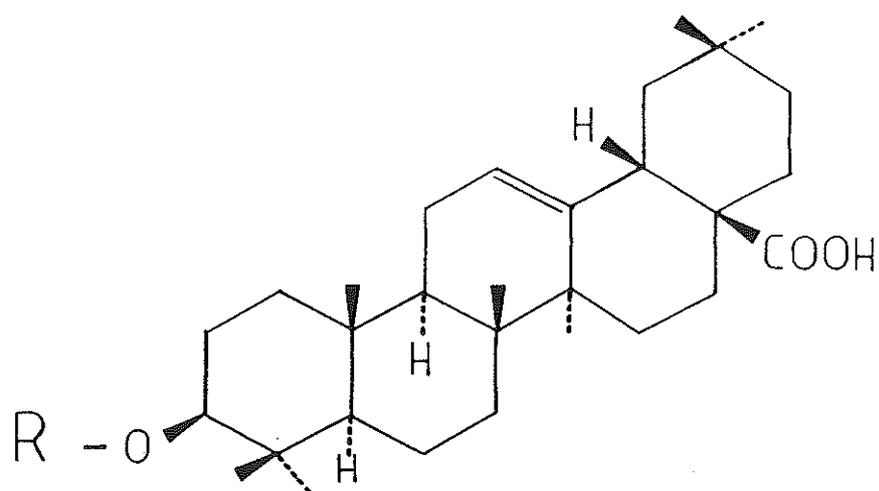
COMPOSE	R ₁	R ₂	R ₃	Activité molluscicide CL ₁₀₀ en mg.l ⁻¹
Acide oléanique	CH ₃	H	H	inactif
1	CH ₃	Gluc-	H	2
2	CH ₃	Glu-Ara-	H	2
3	CH ₃	Glu-Ara-	Glu-Glu-	inactif
Hédéragénine	CH ₂ OH	H	H	inactif
4	CH ₂ OH	Ara-	H	3
5	CH ₂ OH	Gluc-	H	16
6	CH ₂ OH	Glu-Ara-	H	8
7	CH ₂ OH	Ara-	Glu-Glu-	inactif
8	CH ₂ OH	Glu-Ara-	Glu-Glu-	inactif

Glu = β-D-gluco-pyranosyl

Gluc = β-D-glucuro-pyranosyl

Ara = α-L-arabino-pyranosyl

Tableau n°14 : Principes molluscicides des baies de *Lonicera nigra* L. (Caprifoliacées). (MARSTON et HOSTETTSMANN, 1985 ; DOMON et HOSTETTSMANN, 1983)



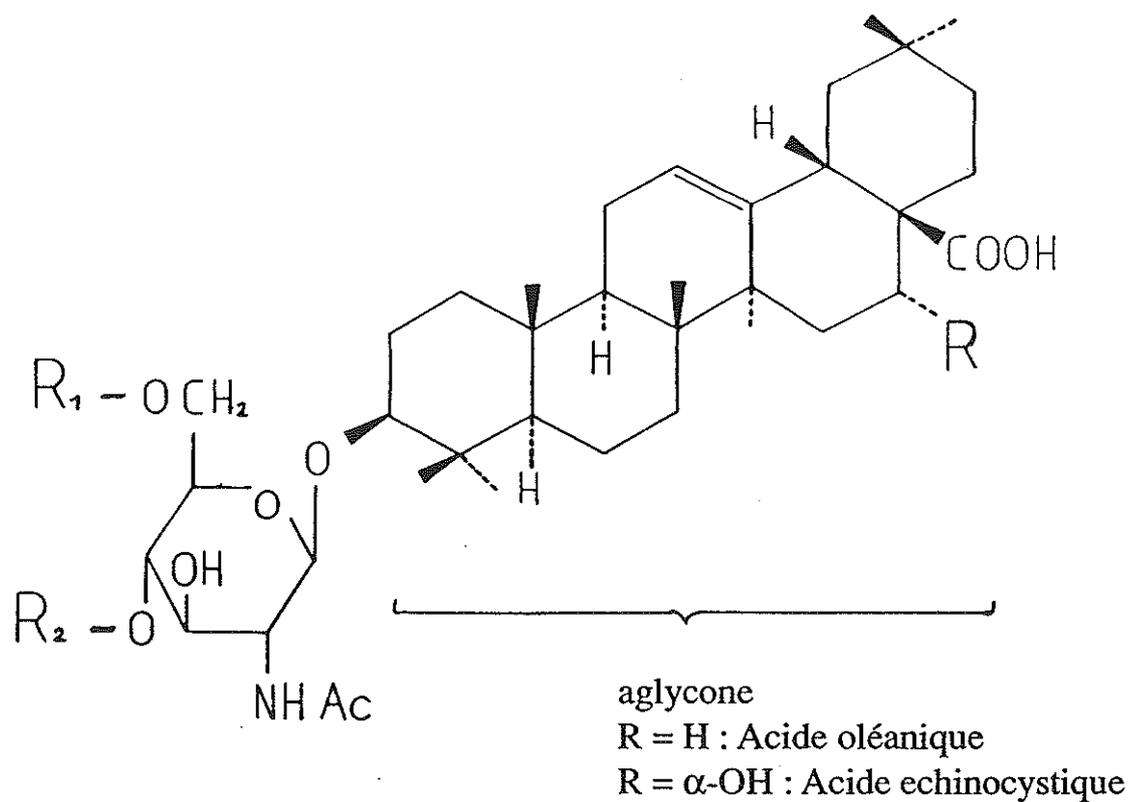
structure 39.

COMPOSE	R	Activité molluscicide CL ₁₀₀ en mg.l ⁻¹
Acide oléanique	H	inactif
	Rha-Gluc-	3

Rha = α -L-rhamnopyranosyl

Gluc = β -D-glucuronopyranosyl

Tableau n°15 : Principe molluscicide des gousses de graines de *Swartzia madagascariensis* Desv. (Légumineuses). (HOSTETTMANN et MARSTON, 1983)



structure 40.

COMPOSE	R	R ₁	R ₂
Aridanine	H	H	H
1	H	H	Gal-
2	H	Glu-	H
3	$\alpha-OH$	H	H

Gal = galactopyranosyl

Glu = glucopyranosyl

Tableau n°16 : Saponines triterpéniques isolées du fruit de *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Légumineuses Mimosacées). (ADEWUNMI et al, 1988 ; MAILLARD et al, 1989)

2.2. Alcaloïdes :

Dans ce chapitre on distinguera les plantes à alcaloïdes proprement dits, qui sont des substances azotées répondant à la définition générale des alcaloïdes et les plantes à gluco-alcaloïdes, qui sont des saponosides stéroïdiques dont la génine renferme un ou plusieurs atomes d'azote.

2.2.1. Alcaloïdes proprement dits :

2.2.1.1. Généralités :

Les alcaloïdes sont des substances organiques, le plus souvent d'origine végétale, azotées, basiques, donnant des réactions de précipitation avec certains réactifs et douées, à faible dose, de propriétés physiologiques marquées. Sur le plan chimique, ils constituent un groupe très hétérogène, possédant cependant quelques propriétés physico-chimiques communes. (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

2.2.1.2. Plantes à alcaloïdes :

En 1984, KUBO et al isolent de l'extrait méthanolique des feuilles fraîches de *Calpurnia aurea* Benth. (Légumineuses Papilionacées) deux alcaloïdes à noyau quinolizidine :

- 1' O-(2-pyrrolyl carbonyl) virgiline, dérivé saturé inactif (structure 41. tableau n°17)

- le dehydro-2,3-O-(2-pyrrolyl-carbonyl) virgiline, dérivé insaturé actif (structure 42. tableau n°17)

Le composé insaturé est actif contre *Biomphalaria glabrata* pour une concentration de 130 mg.l⁻¹ après 48 heures d'exposition, alors que le composé saturé est inactif à 1000 mg.l⁻¹. (KUBO et al, 1984b)

Selon HOSTETTMANN et MARSTON (1983), cette légumineuse d'Afrique est le seul exemple de plante renfermant un alcaloïde molluscicide parfaitement isolé. Mais en réalité cette plante ne présente pas d'intérêt pratique dans le cadre de la lutte contre la bilharziose compte-tenu de sa faible activité vis-à-vis des mollusques.

2.2.2. Gluco-alcaloïdes :

2.2.2.1. Généralités :

Il s'agit de saponosides dont la génine est de forme stéroïdique et renferme au moins un atome d'azote. On les rattache pour cela aux alcaloïdes. On les appelle également azastéroïdes. (MOYSE et PARIS, 1976)

Ces composés sont donc constitués d'une génine stéroïdique azotée en C₂₇ à laquelle sont rattachés des oses (glucose, xylose, rhamnose, galactose). Ces gluco-alcaloïdes sont solubles dans l'eau et leur action s'apparente en fait à celle des saponosides dont la structure est voisine.

Ces gluco-alcaloïdes à propriétés molluscicides sont rencontrés en grande majorité dans la famille des Solanacées, avec deux genres principaux : *Solanum* sp. et *Lycopodium* sp.

2.2.2.2. Plantes à gluco-alcaloïdes :

a) Famille des Solanacées :

Les Solanacées sont des plantes généralement herbacées, parfois arbustes, qui se rencontrent dans les régions tempérées et tropicales. Cette famille botanique renferme de nombreuses plantes médicinales, toxiques et alimentaires. (MOYSE et PARIS, 1971)

Les espèces molluscicides à gluco-alcaloïdes stéroïdiques se rencontrent notamment dans les genres *Solanum* et *Lycopersicum*.

a.1) *Solanum nodiflorum* Jacquin. :

En 1980, MEDINA et RITCHIE à Porto-Rico ont remarqué l'activité molluscicide de *Solanum nodiflorum* (= *S. americanum*) vis-à-vis de *Lymnea cubensis*, *L. columella* (hôtes intermédiaires de distomatoses) et de *Biomphalaria glabrata* (hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni*). Ces auteurs ont étudié des solutions aqueuses préparées à partir de différentes parties de la plante ; toutes ces parties se montrent actives, les feuilles et les racines étant les plus puissantes puisqu'une concentration de 50 mg.l⁻¹ suffit pour obtenir l'éradication totale de la population de mollusques.

Selon ces mêmes auteurs, le mollusque *Marisa cornuarietis* n'est pas sensible à l'action de cette plante, ce qui est un avantage puisque ce mollusque compétiteur est utilisé à Porto-Rico comme moyen de lutte biologique contre les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose.

Les principes molluscicides sont des gluco-alcaloïdes stéroïdiques dont la solasonine (structure 43.2., tableau n°18a), qui a pour aglycone la solasodine (structure 43.1., tableau n°18a). La solasodine elle-même n'est pas molluscicide, probablement à cause de sa faible solubilité dans l'eau due à une absence de sucres (HENDERSON et al, 1983). La solasonine est par contre très active sur *L. cubensis* et *B. glabrata* ($CL_{100} = 10$ et 25 mg.l^{-1} , respectivement) (MARSTON et HOSTETT-MANN, 1985).

a.2) *Solanum mammosum* L. :

En 1981 à Porto-Rico, ALZERRECA et al ont étudié l'activité molluscicide des fruits de *Solanum mammosum* L. (Solanacées) contre *L. cubensis*. L'extrait aqueux des fruits provoque 25 pour cent de mortalité chez ce mollusque pour une concentration de 100 mg.l^{-1} après 24 heures d'exposition, par contre l'extrait méthanolique est beaucoup plus actif car il provoque 95 pour cent de mortalité pour une concentration beaucoup plus basse de 25 mg.l^{-1} . (Cf tableau n°1)

En 1979, MEDINA et WOODBURY avaient réalisé leur étude sur les gousses du fruit de *S. mammosum* ; l'extrait aqueux à une concentration de 100 mg.l^{-1} est responsable de 100% de mortalité sur *L. cubensis* et *L. columella*.

ALZERRECA et al ont isolé les gluco-alcaloïdes responsables de l'activité molluscicide de *S. mammosum* : il s'agit de la solasonine et de la solamargine, ayant toutes les deux pour aglycone la solasodine (structures 43.1,2 et 3., tableau n°18a).

La solasonine est donc un gluco-alcaloïde commun à *S. nodiflorum* et à *S. mammosum*.

Ces deux espèces de *Solanum* sont faciles à obtenir localement. Elles sont d'ailleurs cultivées pour une autre raison : la solasodine est en effet une sapogénine utilisée dans la production de stéroïdes pharmaceutiques. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

Ces deux plantes seraient donc des candidates molluscicides potentielles sûres et économiques. Cependant, jusqu'alors leur expérimentation a concerné essentiel-

lement les mollusques du genre *Lymnea*, hôtes intermédiaires de distomatoses ; il serait intéressant de savoir si ces plantes sont aussi actives sur les mollusques transmettant la bilharziose.

a.3) *Lycopersicum esculentum* Mill. :

La tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. (Solanacées), plante très voisine des deux espèces précédentes, est également molluscicide par ses feuilles riches en tomatine (structure 44.1., tableau n°18a). Ce gluco-alcaloïde a pour aglycone la tomatidine (structure 44.2., tableau n°18a), totalement inactive vis-à-vis des mollusques.

L'activité molluscicide de la plante a été étudiée par MEDINA et WOODBURY en 1979. Elle est peu élevée, puisque la concentration nécessaire d'un extrait aqueux des feuilles pour tuer 100% de mollusques du genre *Lymnea* est de 1000 mg.l⁻¹. (Cf tableau n°1)

Par contre l'extraction des principes molluscicides conduit à une activité beaucoup plus élevée ; en effet, pour une concentration de 10 mg.l⁻¹ seulement de tomatine, on obtient 100% de mortalité chez le mollusque *L. cubensis* (HOSTETTMANN et al, 1982), alors que 4 mg.l⁻¹ suffisent pour obtenir le même résultat vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata* (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985) (N.B.: ces chiffres sont donnés pour une exposition de 24 heures).

La tomatine est donc beaucoup plus active que les deux autres gluco-alcaloïdes sur *Biomphalaria glabrata*.

L. esculentum est une plante intéressante pour un programme de contrôle des mollusques transmettant la bilharziose. En effet elle peut être cultivée pour des raisons pharmaceutiques, puisque la tomatine peut servir à l'hémisynthèse des hormones stéroïdiques. Cette plante est également cultivée pour des raisons alimentaires ce qui augmente encore son intérêt puisqu'il doit être facile de l'obtenir ; de plus il est à noter que les parties alimentaires sont différentes des parties molluscicides. (MOYSE et PARIS, 1971)

b) *Digitalis purpurea* L. (Scrofulariacées) :

En réalité, le principe molluscicide est un hétéroside stéroïdique, mais nous le classons à ce niveau en raison de sa similitude avec les gluco-alcaloïdes précédemment décrits. En effet l'azote du noyau F remplacé par un oxygène constitue la principale différence.

En 1981, ALZERRECA et al ont isolé cet hétéroside de la Digitale pourpre, *D. purpurea* ; il s'agit de la digitonine, qui possède comme aglycone la digitogénine (structure 45.1 et 2., tableau n°18b).

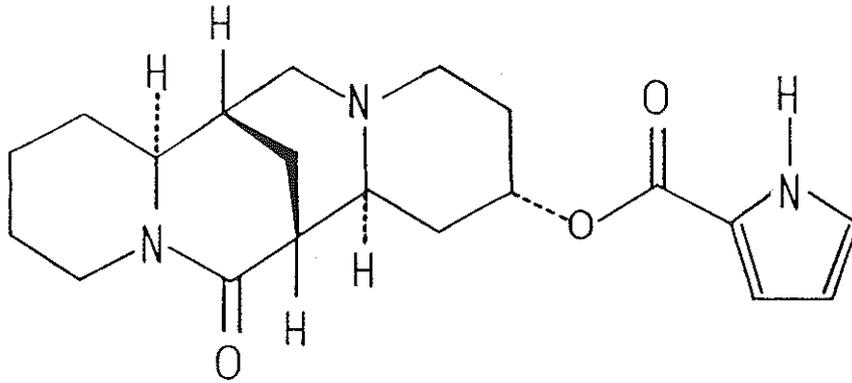
L'activité molluscicide de *D. purpurea* sous forme entière ou sous forme d'extraits n'a apparemment pas fait l'objet de publications.

Seules les valeurs molluscicides de la digitonine brute apparaissent dans la littérature. Cette étude a été réalisée en 1981 par ALZERRECA et al sur les mollusques *Biomphalaria glabrata* et *Lymnea cubensis* et elle fait apparaître des valeurs de CL_{100} de 10 et 25, respectivement, pour une durée d'exposition de 24 heures.

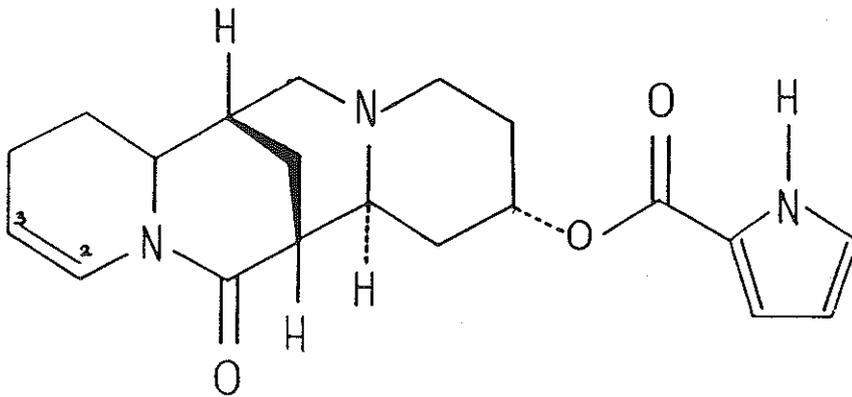
Une étude comparative entre le mélange de solasonine et de solamargine issu des fruits de *Solanum mammosum*, la tomatidine issue des feuilles de la tomate et la digitonine issue des feuilles de la Digitale a été réalisée par ALZERRECA et HART en 1982. Les résultats de cette étude sont résumés dans le tableau n°19.

On constate d'une manière générale que les deux aglycones solasodine et tomatidine sont totalement dépourvus d'activité contre les deux mollusques aux concentrations testées.

La présence d'oses liés à leur génine est donc nécessaire à l'activité molluscicide, mais la nature des sucres (xylose, rhamnose, galactose, glucose) ne semble pas avoir une influence importante car toutes ces molécules ont une activité comparable.

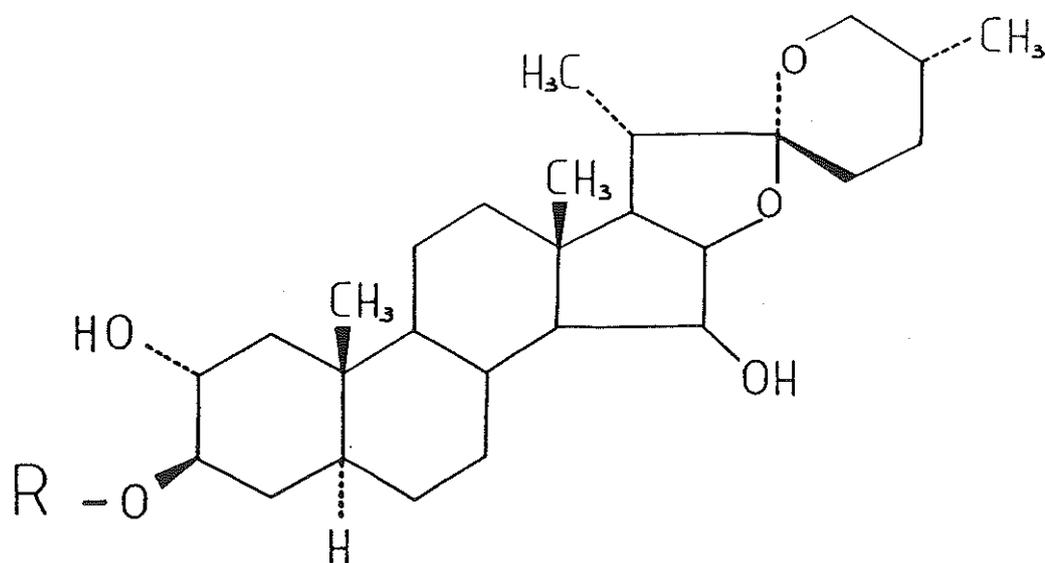


41. Dérivé saturé inactif : O-(2-pyrrolyl carbonyl) virgiline



42. Dérivé insaturé actif : dehydro-2,3-O-(2-pyrrolyl-carbonyl) virgiline

Tableau n°17 : Alcaloïdes de *Calpurnia aurea* Benth. (Légumineuses Papilionacées). (KUBO et al, 1984)



Structure 45.

1. Digitogénine : R=H
2. Digitonine : R = D-xylose + 2 (D-glucose) + 2 (D-galactose)

Tableau n°18b : Glucoalcaloïdes molluscicides de *Digitalis purpurea* L. (Scrofulariacées) . (HENDERSON et al, 1983)

Composés	<i>Lymnea cubensis</i>				<i>B. glabrata</i>			
	25	10	5	1	25	10	5	1
Mélange de solasonine et de solamargine	100	100	30	10	100	40	0	0
Tomatine	100	100	90	5	80	20	10	0
Digitonine	100	95	90	10	100	100	20	0
Solasodine	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomatidine	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau n°19 : Activité molluscicide comparée de différents glycosides stéroïdiques sur *Lymnea cubensis* et *Biomphalaria glabrata*. (ALZERRECA et HART, 1982)

2.3. Composés phénoliques :

2.3.1. Quinones :

2.3.1.1. Généralités : (MOYSE et PARIS, 1976)

Les quinones sont des dicétones aromatiques provenant de l'oxydation de diphénols. Suivant le noyau, on distingue trois types : les benzoquinones monocycliques, les naphthoquinones bicycliques et les anthraquinones tricycliques.

Les plantes possédant une activité molluscicide due à des quinones sont essentiellement des plantes à naphthoquinones.

La structure générale des naphthoquinones est reportée dans le tableau n°20 (structure 46.)

2.3.1.2. Plantes à naphthoquinones :

a) *Diospyros usambarensis* A. Dc (Ebénacées) :

L'activité molluscicide de plantes contenant des naphthoquinones a récemment été rapportée pour la première fois, avec l'étude de *Diospyros usambarensis* A. Dc (Ebénacées) (MARSTON et al, 1984a).

D. usambarensis est une plante ligneuse rencontrée au Malawi (état est-africain au sud de la Tanzanie), où elle est utilisée localement comme remède traditionnel de la bilharziose. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

MARSTON et al, en 1984, ont extrait les constituants actifs à partir de l'écorce de la racine. Selon la nature du solvant extractif utilisé, les composés obtenus sont différents : l'extrait éthéropétrolique permet d'isoler deux naphthoquinones qui sont la méthyl-7 juglone et l'isodiospyrine (dimère) (structures 47 et 48. tableau n°20), alors qu'un autre dimère naphthoquinonique est isolé à partir de l'extrait chloroformique : la mamegakinone (structure 49. tableau n°20). Enfin l'extraction méthanolique des écorces fraîches permet d'isoler deux dérivés de la méthyl-7 juglone : la méthoxy-2 méthyl-7 juglone et la méthoxy-3 méthyl-7 juglone (structure 50. tableau n°20). En réalité, ces deux derniers composés ne seraient que des artefacts. (MARSTON et al, 1984a ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985).

D'après le tableau n°20, on constate que les dimères isodiospyrine et mamegakinone sont beaucoup moins actifs que les monomères comme la méthyl-7 juglone.

La méthyl-7 juglone ou méthyl-7 hydroxy-5 naphtoquinone-1,4 est le composé le plus actif de *D. usambarensis* car la CL_{100} (24 heures) est de 5 mg.l⁻¹.

L'introduction d'un groupement méthoxy dans la méthoxy-3 méthyl-7 juglone diminue l'activité molluscicide.

D. usambarensis est donc une plante intéressante pour le contrôle des mollusques transmettant la bilharziose puisque son utilisation peut être double : elle permet d'associer une lutte contre les mollusques et une lutte au niveau de la population humaine en tant que chimiothérapie.

Un seul inconvénient est à même de limiter quelque peu son utilisation dans un programme à grande échelle : le fait que les principes actifs soient cantonnés dans les racines entraîne la destruction de la plante à chaque récolte.

b) *Drosera rotundifolia* L. (Droséracées) :

Drosera rotundifolia renferme de la plumbagine (structure 53. tableau n°21), qui est encore plus active que la méthyl-7 juglone puisque la CL_{100} (24 heures) est de 2 mg.l⁻¹. (MARSTON et al, 1984a)

Le positionnement de la fonction méthyle en 2 et non en 7 augmente donc l'activité molluscicide.

c) Autres naphtoquinones :

MARSTON et al en 1984 ont isolé d'autres naphtoquinones actives sur *Biomphalaria glabrata*.

La juglone ou hydroxy-5 naphtoquinone-1,4 (structure 51. tableau n°21) se rencontre dans le noyer (*Juglans regia* L., Juglandacées). Elle est moins active que la méthyl-7 juglone : la CL_{100} (24 heures) est de 10 mg.l⁻¹. La méthylation en 7 conduit donc à une augmentation de l'activité.

L'isojuglone (structure 52. tableau n°21) a été isolée de *Lawsonia inermis* L. (Lythracées) ; c'est l'isomère de position du groupement hydroxyle de la juglone.

Elle est beaucoup moins efficace que la juglone : la CL_{100} (24 heures) est de 50 mg.l⁻¹.

a) Etude botanique : (Fig.12)

L'Anacarde ou *Anacardium occidentale* L. (Anacardiacees) est un arbre originaire d'Amérique tropicale dont le fruit est un akène couramment appelé « noix ». Cet akène est lui-même enchâssé dans un pédoncule renflé appelé « pomme », qui est comestible. La noix de Cajou correspond à l'amande oléagineuse ; elle est consommée pour sa saveur agréable. (MOYSE et PARIS, 1981)

Cette plante est cultivée au Brésil, aux Indes et en Afrique pour la noix de Cajou. Particulièrement bien implantée au Sénégal, elle y est connue sous le nom de « darkassou » (Woloff). Elle est utilisée en Afrique en médecine traditionnelle pour ses feuilles et son écorce renfermant des tanins à propriétés antihypertensives, antibactériennes et antidiarrhéiques. (LAURENS et al, 1987)

b) Etude molluscicide :

b.1) Propriétés molluscicides :

La découverte des propriétés molluscicides de cette plante remonte en 1974 au Brésil par PEREIRA et DE SOUZA. Ils montrèrent l'importante efficacité de l'extrait hexanique du péricarpe des fruits contre *Biomphalaria glabrata*.

Comme le montre le tableau n°22, les mollusques adultes sont beaucoup plus sensibles à l'action d'*A. occidentale* que les mollusques nouvellement éclos. L'activité ovicide, quant à elle, est beaucoup moins importante, mais toutefois non négligeable.

L'extrait hexanique possède de plus une activité cercaricide vis-à-vis de *Schistosoma mansoni*. Cette activité se manifeste pour une concentration de 1 mg.l⁻¹ après seulement une heure d'exposition, avec une mortalité des cercaires de 100%.

Le poisson *Lebistes reticulatus* est lui aussi malheureusement assez sensible puisque la CL₂₀ est de 3 mg.l⁻¹ après 24 heures d'exposition et la CL₁₀₀ de 10 mg. l⁻¹ après 24 heures d'exposition. (PEREIRA et DE SOUZA, 1974 ; HENDERSON et al, 1983)

En 1982, SORIA et al ont étudié l'activité molluscicide d'un extrait aqueux de la coque de la noix de Cajou sur le mollusque *Bulinus globosus*. Ils ont rapporté des

valeurs de concentration létale beaucoup plus élevées que les précédents auteurs, preuve que l'extrait aqueux est beaucoup moins actif que l'extrait hexanique.

Dans un essai en laboratoire, ils ont rapporté une concentration toxique de 500 mg.l⁻¹ ; ils ont également réalisé un essai sur le terrain dans des canaux d'irrigation au Mozambique, réduisant les populations de *B. globosus* pour une concentration de 1000 mg.l⁻¹. (DUNCAN, 1985)

b.2) Principes molluscicides :

En 1982, SULLIVAN et al ont isolé les constituants molluscicides du péricarpe de la noix de Cajou. Ce péricarpe renferme une huile caustique qui noircit rapidement à l'air, ce phénomène étant dû à l'oxydation de phénols. (MOYSE et PARIS, 1981)

Ces phénols sont constitués par les analogues saturé, monoène, diène et triène de l'acide anacardique, du cardol, du méthyl-2 cardol et du cardanol. (structures 62, 63, 64 et 65. tableau n°23)

Ces auteurs ont mis en évidence l'activité molluscicide de ces différents composés vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata*. (Cf tableau n°24)

D'après ce tableau on constate que la fraction triène de l'acide anacardique est le composé le plus actif vis-à-vis de *B. glabrata*. Puis, au fur et à mesure que le degré d'insaturation diminue, l'activité molluscicide diminue également. Ainsi le composé diène est plus actif que le composé monoène lui-même beaucoup plus actif que le composé saturé.

De plus, le dérivé décarboxylé de l'acide anacardique, qui correspond au cardanol (préparation commerciale entrant dans la composition de résines de synthèse, d'encres d'imprimerie et de vernis isolants), ainsi que l'acide salicylique (acide anacardique dépourvu de chaîne latérale) sont tous les deux inactifs sur *B. glabrata* à une concentration de 50 mg.l⁻¹.

Ces auteurs en ont conclu que la présence du groupement carboxylique et de la chaîne latérale insaturée est indispensable à l'activité molluscicide. (SULLIVAN et al, 1982 ; HENDERSON et al, 1983 ; DUNCAN, 1985)

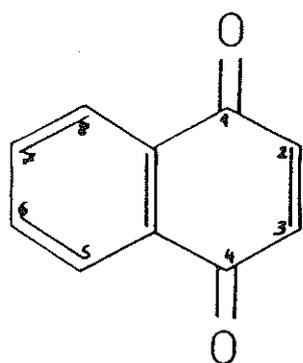
c) Etude toxicologique :

L'huile brune contenue dans le péricarpe de la noix est réputée caustique. En effet, on a signalé des cas de dermatites chez les personnes manipulant les noix de Cajou.

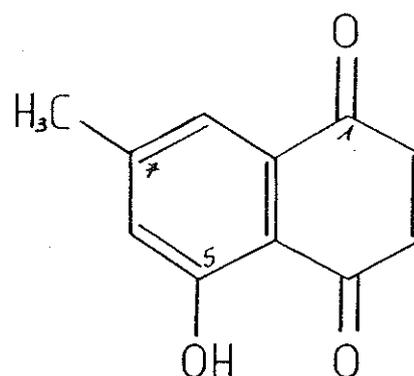
Ces dermatites sont provoquées par les acides-phénols contenus dans l'huile de la noix, composés hautement instables responsables de réactions allergiques et d'effets vésicants.

Ce problème de toxicité constitue donc une barrière à l'utilisation de l'*A. occidentale* dans un programme de contrôle des mollusques impliquant la participation des communautés locales à toutes les opérations de manipulation de cette plante. Cependant le port de gants peut résoudre ce problème majeur, encore faut-il faire accepter ce mode de protection par la population. (DUNCAN, 1985 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985 ; FARNSWORTH et al, 1983)

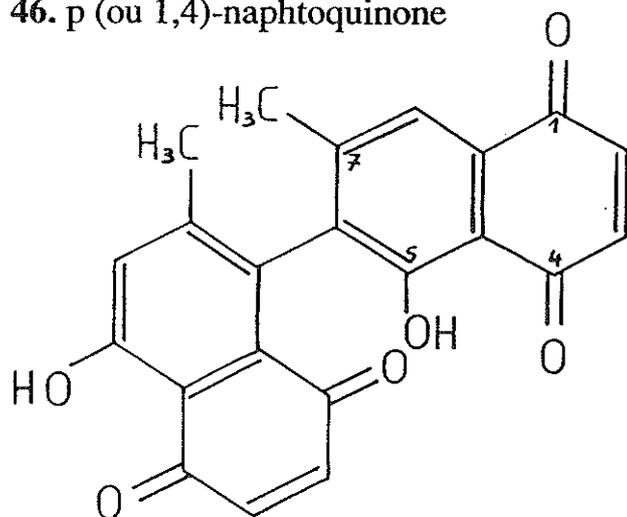
Malgré cette toxicité potentielle, *A. occidentale* est une espèce dont la culture demande très peu d'eau et qui s'adapte de manière excellente dans la plupart des pays où la bilharziose est endémique. Cette plante pourrait donc représenter un moyen de lutte efficace contre la transmission de cette maladie par le biais du contrôle des mollusques. On peut en effet espérer que l'exploitation de cet arbre près des sites à haut risque (mares, canaux d'irrigation, rizières) devrait diminuer de manière significative la concentration des mollusques tout en permettant aux paysans d'en tirer profit par la récolte de la noix de Cajou, qui possède par ailleurs un intérêt alimentaire. (LUGT, 1983 ; LAURENS et al, 1987)



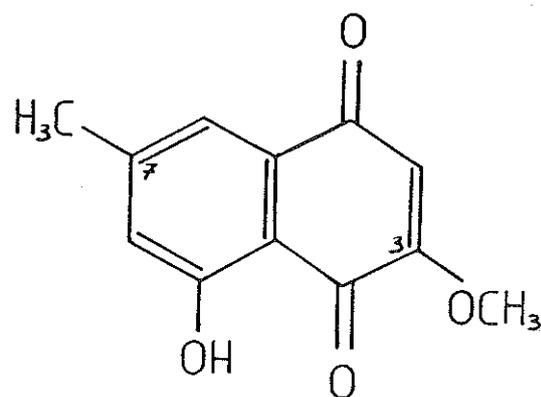
46. p (ou 1,4)-naphthoquinone



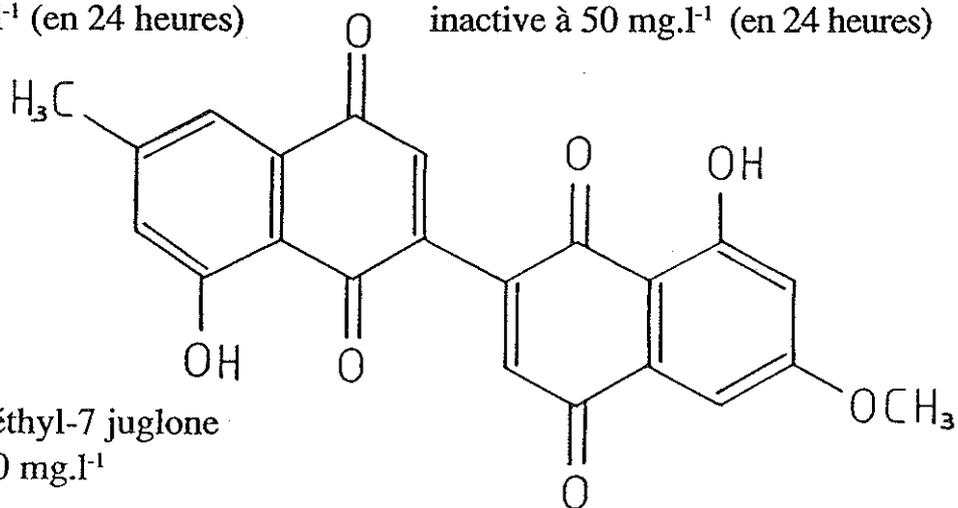
47. Méthyl-7 juglone
CL₁₀₀ = 5 mg.l⁻¹



48. Isodiospyrine
inactive à 50 mg.l⁻¹ (en 24 heures)

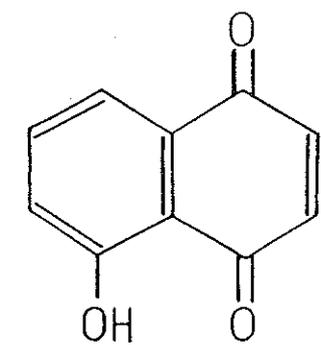


49. Mamegakinone
inactive à 50 mg.l⁻¹ (en 24 heures)

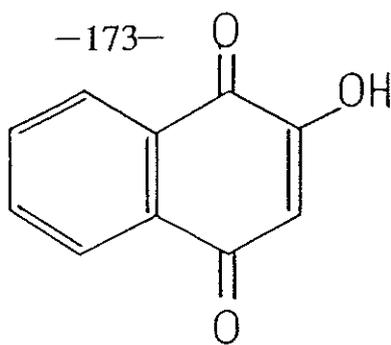


50. Méthoxy-3 méthyl-7 juglone
CL₁₀₀ = 50 mg.l⁻¹

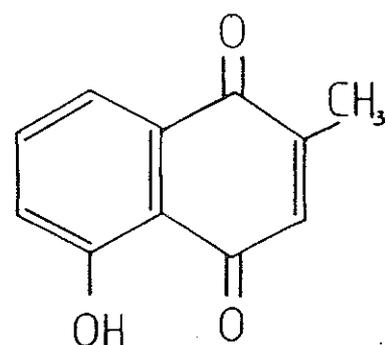
Tableau n°20 : Activité molluscicide des naphthoquinones de *Diospyros usambaren-sis* A. Dc (Ebénacées) vis-à-vis de *Biomphalaria glabrata*. (MARSTON et al, 1984a ; HOSTETTMANN et MARSTON, 1983)



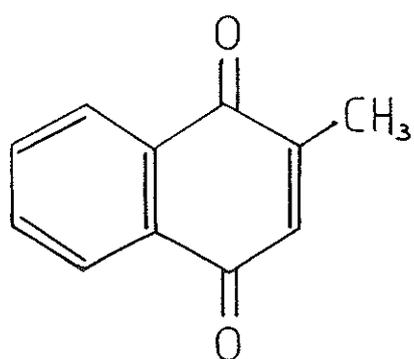
51. Juglone



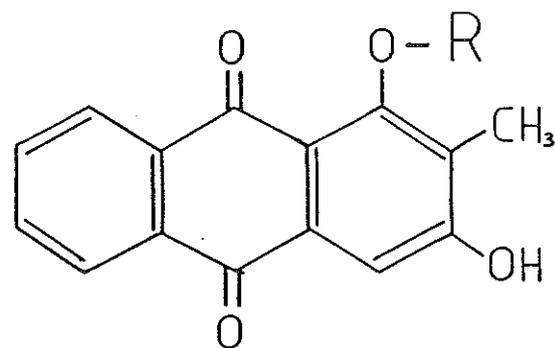
52. Isojuglone



53. Plumbagine

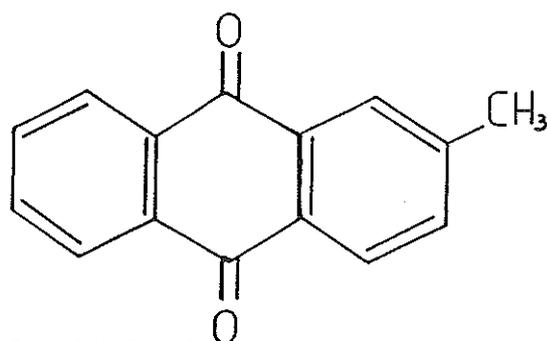


54. Ménadione (Vitamine K₃)

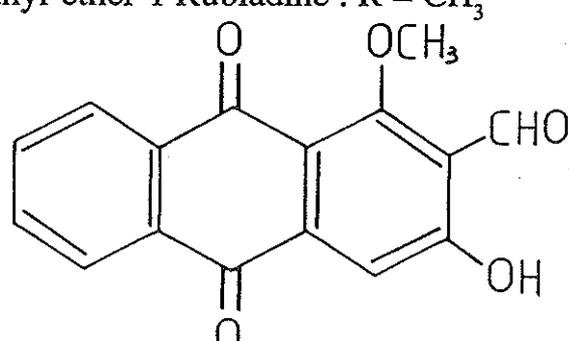


55. Rubiadine : R = H

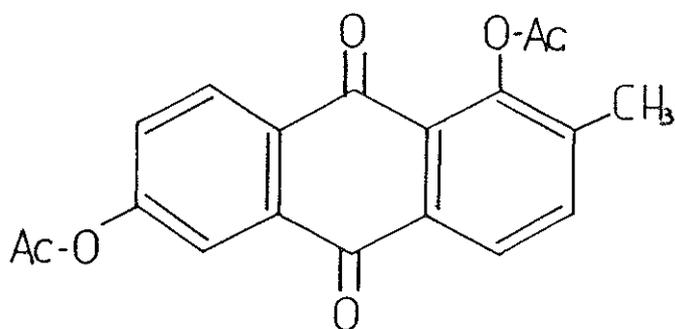
Méthyl-éther-1 Rubiadine : R = CH₃



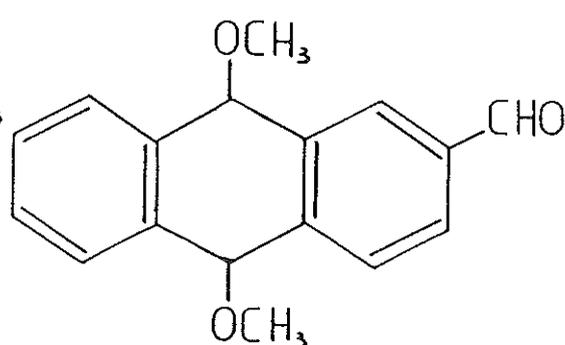
56. 2-méthylanthraquinone



57. Damnacanthal

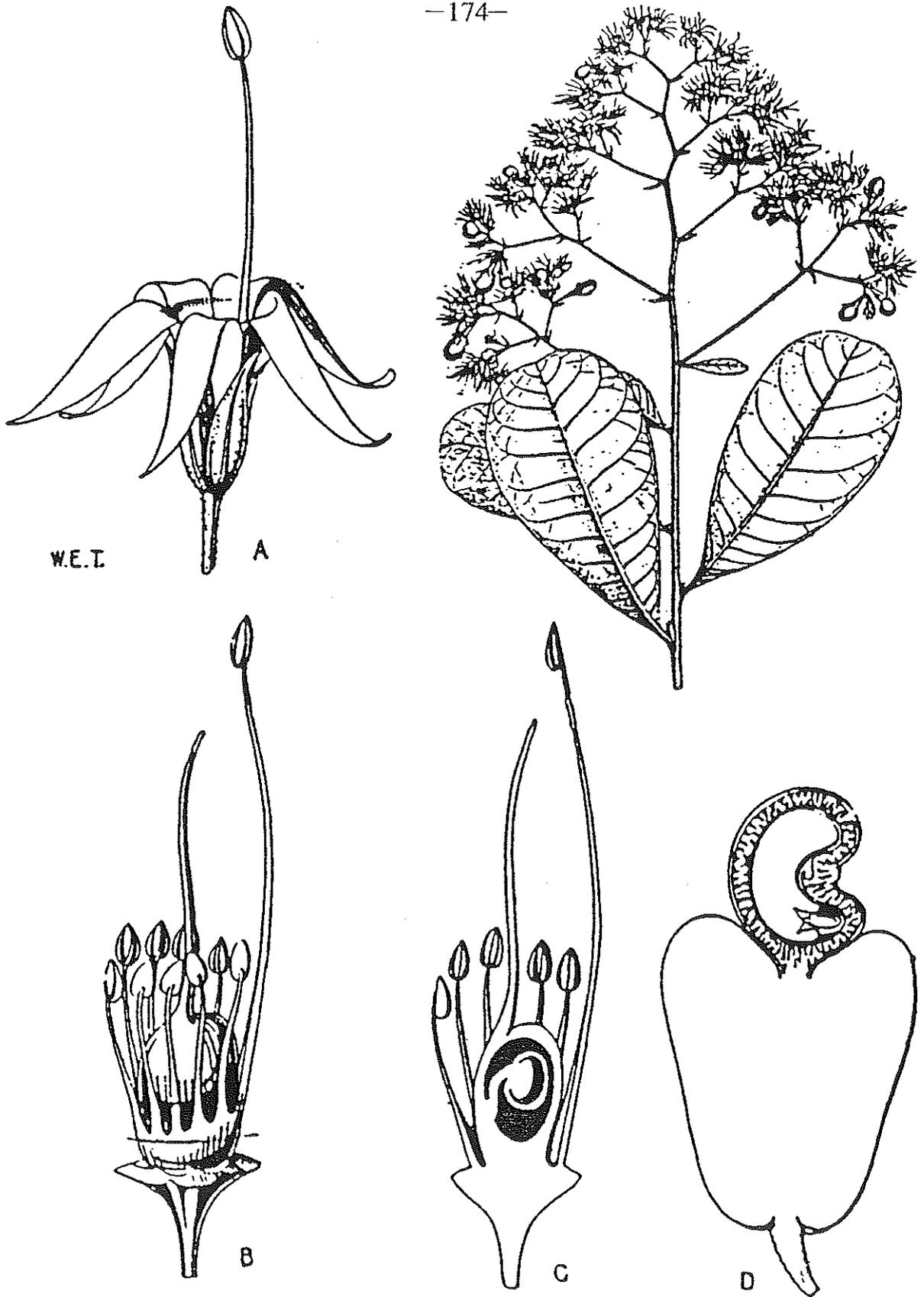


58. Soranjidiol diacétate (Ac = acétyle)



59. Oruwal

Tableau n°21 : Naphtoquinones molluscicides (51 à 54) et Anthraquinones de *Morinda lucida* Benth. (Rubiacées) (55 à 59). (MARSTON et al, 1984; HOSTETT-MANN et MARSTON, 1983)



W.E.I.

A

B

C

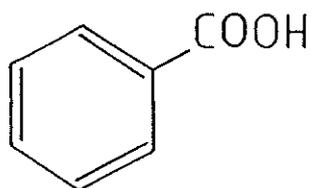
D

- A. Fleur
- B. Fleur avec pétales séparés
- C. Fleur en coupe verticale
- D. Fruit en coupe verticale

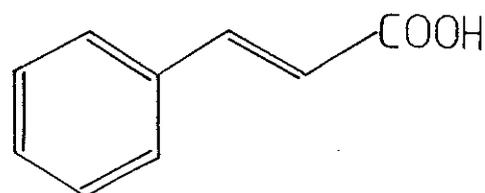
Figure 12. *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceés).
(HUTCHINSON, 1959 ; ENGLER et DRUDE, 1975)

Stade de développement du mollusque	CL ₅₀ en mg.l ⁻¹ après 24 heures d'exposition	CL ₉₀ en mg.l ⁻¹ après 24 heures d'exposition
<i>B. glabrata</i> nouvellement éclos	1,40	2,80
<i>B. glabrata</i> adultes	0,60	0,78
<i>B. glabrata</i> œufs	18	33

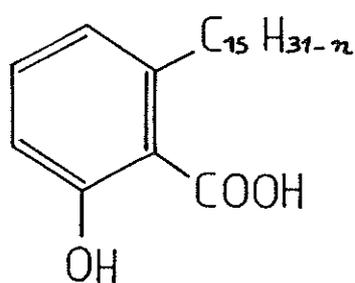
Tableau n°22 : Activité molluscicide de l'extrait hexanique du péricarpe du fruit d'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiacees) sur les différents stades de développement du mollusque *Biomphalaria glabrata*. (PEREIRA et DE SOUZA, 1974)



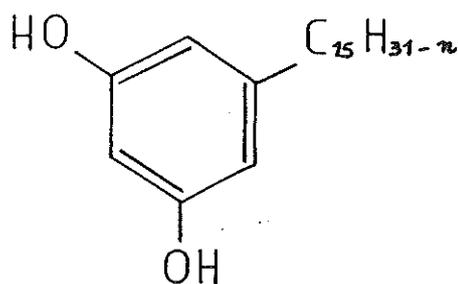
60. Acide benzoïque



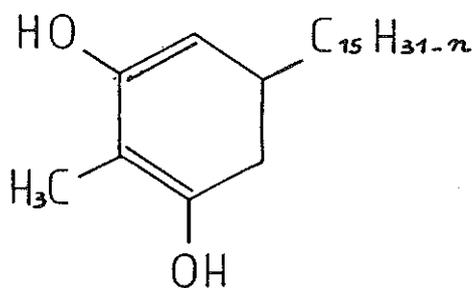
61. Acide cinnamique



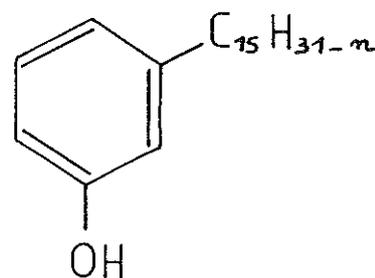
62. Acide anacardique (n = 0,2,4,6)



63. Cardol (n = 0,2,4,6)



64. Méthyl-2-cardol (n = 0,2,4,6)



65. Cardanol (n = 0,2,4,6)

n = 0 : dérivé saturé
n = 2 : dérivé monoène
n = 4 : dérivé diène
n = 6 : dérivé triène

Tableau n°23 : Acides-Phénols et dérivés issus du péricarpe de la noix de Cajou (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae). (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

COMPOSE	CL ₅₀ en mg.l ⁻¹ après 24 heures d'exposition	CL ₉₀ en mg.l ⁻¹ après 24 heures d'exposition
Acide anacardique • saturé : n = 0 • monoéthylénique : n = 2 • diéthylénique : n = 4 • triéthylénique : n = 6	> 5 1,4 0,9 0,35	> 5 1,9 1,4 0,67
Cardanol	> 5	> 5
Acide salicylique	> 5	> 5

Tableau n°24 : Activité molluscicide des dérivés de l'acide anacardique d'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceés) sur *Biomphalaria glabrata*. (SULLIVAN et al, 1982)

2.3.3. Chalcones et flavonoïdes :

2.3.3.1. Généralités :

Les flavonoïdes au sens strict sont des pigments jaunes, généralement polyphénoliques, très répandus chez les végétaux ; ils sont le plus souvent sous forme d'hétérosides ou flavonosides dont les génines sont des dérivés de la phénylchromone (structure 66. tableau n°25), la chromone étant la benzo- γ -pyrone.

Selon la nature des substituants sur cette structure de base, on distingue plusieurs sortes de génines : les flavones, les flavonols, les flavanones, les chalcones, les isoflavones.

Les chalcones sont donc des génines de flavonoïdes dont le cycle pyronique est ouvert (structure 67. tableau n°25). Les oses sont généralement le glucose ou le rhamnose, parfois le galactose. Le plus souvent ils sont fixés en 3 ou en 7. Il existe des monosides, des diosides, des triosides, les oses pouvant être placés sur le même carbone de la génine ou sur deux carbones différents. (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

Les composés flavonoïdiques, qui se rencontrent ou bien sous une forme libre ou bien sous forme de glycosides, représentent le groupe le plus important de phénols rencontrés dans la nature. Ils sont particulièrement abondants dans les plus grandes familles de plantes : Polygonacées, Rutacées, Légumineuses, Ombellifères et Composées. De nombreuses plantes contenant des flavonoïdes sont diurétiques ou antispasmodiques, tandis que certains isoflavones ont une activité oestrogénique. (HENDERSON et al, 1983)

2.3.3.2. Plantes à flavonoïdes et chalcones :

a) Genre *Polygonum* (Polygonacées) :

Plusieurs espèces de *Polygonum* ont été étudiées pour l'activité molluscicide. A ce jour 6 d'entre elles ont été rapportées actives contre différents mollusques. L'activité molluscicide de ces 6 espèces de *Polygonum* est rapportée dans le tableau n°1. Il s'agit de : *P. glabrum* Willd., *P. meisnerianum* Cham., *P. mite* Schrank, *P. tomentosum* Willd., *P. nodosum* Pers., *P. senegalense* Meisn. forme *senegalense*.

Mais l'espèce la plus importante et la plus largement étudiée est *P. senegalense* Meisn. forme *senegalense*.

a.1) Etude botanique :

Polygonum senegalense Meisn. forme *senegalense* (Polygonacées) est une plante herbacée qui se rencontre dans les zones humides d'Afrique et plus particulièrement sur les bords des cours d'eau et des lacs.

En réalité, selon l'origine géographique, la littérature rapporte différents synonymes pour cette même plante. En effet les espèces d'Asie portent le nom de *P. glabrum* Willd., elles sont pourtant similaires au *P. senegalense* Meisn. forme *senegalense* d'Afrique tropicale et d'Egypte. Les feuilles sont glabres, la surface du limbe exsude un liquide visqueux jaune.

Au Kenya, il existe une seconde forme de cette plante : *P. senegalense* forme *albotomentosum*, se distinguant de la première par ses feuilles couvertes de poils blancs. (MUDDATHIR et al, 1987)

Au Soudan, les feuilles de *P. senegalense* forme *senegalense* sont utilisées pour traiter les infections à vers plats et à vers ronds, alors qu'en Inde, son synonyme *P. glabrum* est utilisée contre les douleurs coliques. (MUDDATHIR et al, 1987)

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

Selon MARSTON et HOSTETTMANN (1985) les propriétés molluscicides de cette plante furent remarquées pour la première fois en 1977 par DOSSAJI et al au Kenya au niveau du barrage de Matinga où la plante poussait en abondance et où les populations de mollusques montraient une forte mortalité.

Ces auteurs ont réalisé des extraits aqueux et éthanoliques à partir de diverses parties de cette plante et les ont étudiés sur *Biomphalaria pfeifferi* et *Lymnea natalensis*. L'extrait éthanolique s'est avéré beaucoup plus actif que l'extrait aqueux : l'extrait aqueux des feuilles n'est responsable que d'une mortalité de 60% pour une concentration de 5000 mg.l⁻¹ en 24 heures d'exposition, alors qu'une concentration de 25 mg.l⁻¹ seulement de l'extrait éthanolique des feuilles et des graines entraîne une mortalité de 100% pour une durée d'exposition inférieure à 24 heures (Cf tableau n°1).

Puis en 1979, BROSSAT et al étudient une souche de *P. senegalense* Meisn. récoltée à Madagascar. L'extrait éthanolique obtenu à partir de la plante entière

sèche entraîne 50% de mortalité chez *B. pfeifferi* après une exposition de 24 heures pour une concentration de 69,9 mg.l⁻¹ (Cf tableau n°1)

a.2.2) Principes molluscicides :

Deux composés flavonoïdiques ont été isolés de *P. senegalense* forme *senegalense*.

En 1978, MARADUFU et OUMA isolent un premier composé des graines et des feuilles : il s'agit de la dihydro-2',4'-diméthoxy-3',6' chalcone (composé 68., tableau n°25). Ces mêmes auteurs rapportent que ce composé est létal à 100% vis-à-vis de *B. pfeifferi* et *B. sudanica* en moins de 6 heures pour une concentration de 40 mg.l⁻¹. (HENDERSON et al, 1983)

Puis DOSSAJI et KUBO en 1980 ont isolé un flavonoïde des feuilles de *P. senegalense* forme *senegalense*. Il s'agit du galloyl-2',3-O-β-D-glucopyranosyl quercétol (composé 69., tableau n°26). Ce composé tue 100% des mollusques *L. natalensis*, *B. pfeifferi* et *B. glabrata* en moins de 12 heures pour une concentration de 10 mg.l⁻¹. (HENDERSON et al, 1983)

a.3) Toxicité potentielle de *P. senegalense* forme *senegalense* :

Jusqu'à présent cette plante n'a fait l'objet d'aucune analyse toxicologique approfondie. Cependant la quercétine, dont dérivent les principes actifs isolés de *P. senegalense* et des 5 autres espèces étudiées semble entraîner des effets carcinogènes et mutagènes. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983 ; HENDERSON et al, 1983)

Une certaine prudence lors de l'utilisation de ces plantes dans des programmes de grande envergure sera donc de mise, tant qu'une étude toxicologique approfondie de ces composés n'aura pas vu le jour.

Cette étude serait à envisager dans un proche avenir, étant donné que *P. senegalense* forme *senegalense* est une plante possédant une qualité assez rare ; en effet, il s'agit d'une espèce idéale pour la lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose de par son abondance naturelle au niveau des sites d'endémie.

b) Autres plantes à flavonoïdes et chalcones :

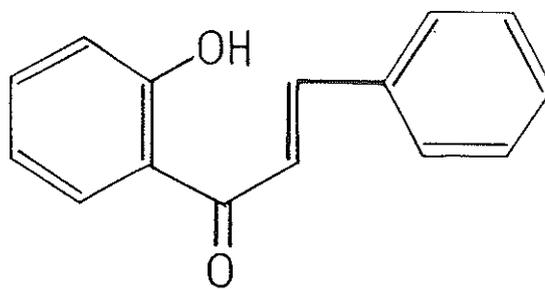
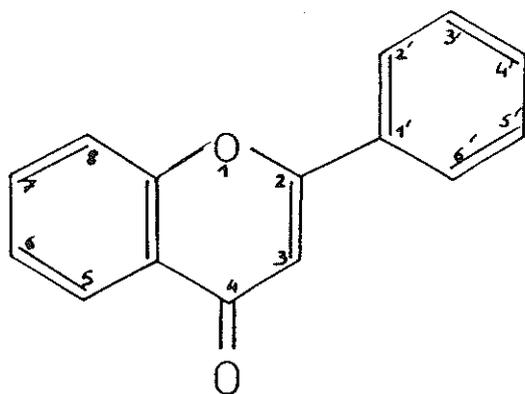
En 1980, DOS SANTOS FILHO et al ont isolé une autre flavone des tiges, des fleurs et des fruits de *Baccharis trimera* Less. (Composées). Il s'agit du dihydro-3',5-triméthoxy-4',6,7 flavone (composé 70., tableau n°26).

Ces auteurs ont rapporté que le composé 70 provoquait 100% de mortalité chez *B. glabrata* en 6 à 24 heures (concentrations non spécifiées). (HENDERSON et al, 1983)

En 1987, RAVELONJATO et al ont étudié les constituants molluscicides de *Calophyllum verticillatum* (Guttifères), plante originaire du Madagascar. Ils ont isolé dans un premier temps à partir des graines de la plante un flavonoïde de structure nouvelle ou néoflavonoïde, appelé calofloride (composé 71., tableau n°27). Poursuivant leur investigation, l'analyse chimique de l'écorce a conduit à deux groupes distincts de composés chimiques : des néoflavonoïdes et des triterpènes. Les néoflavonoïdes sont au nombre de 3 : l'acide caloverticillique A, B et C (composés 72.1., 72.2. et 73., tableau n°27).

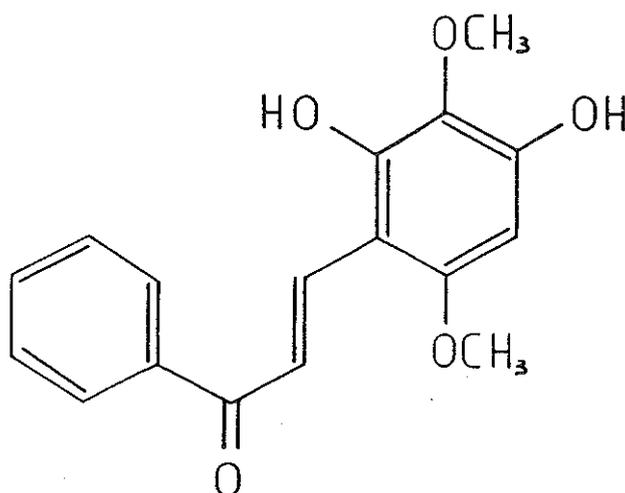
Les espèces de Guttifères de Madagascar, qui n'avaient jamais été étudiées pour leur utilisation potentielle dans la lutte contre la bilharziose, peuvent constituer une intéressante alternative aux produits disponibles sur le marché, d'autant plus que le niveau de leur activité molluscicide équivaut largement celui de bon nombre de produits végétaux étudiés jusqu'à présent. (RAVELONJATO et al, 1987)

Etant donné la grande abondance de flavonoïdes dans les plantes, des investigations plus poussées sur l'activité molluscicide des plantes appartenant à des familles réputées pour contenir ces composés seraient souhaitables.



66. Phényl-2-chromone = Flavone vraie

67. Chalcone



68. Dihydro-2',4'-dimethoxy-3',6' chalcone

Tableau n°25 : Flavonoïdes et chalcones : structure de base (66 et 67) (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981) ; principe molluscicide de *Polygonum senegalense* Meisn. forme *senegalense* (Polygonacées) (68) (HENDERSON et al, 1983).

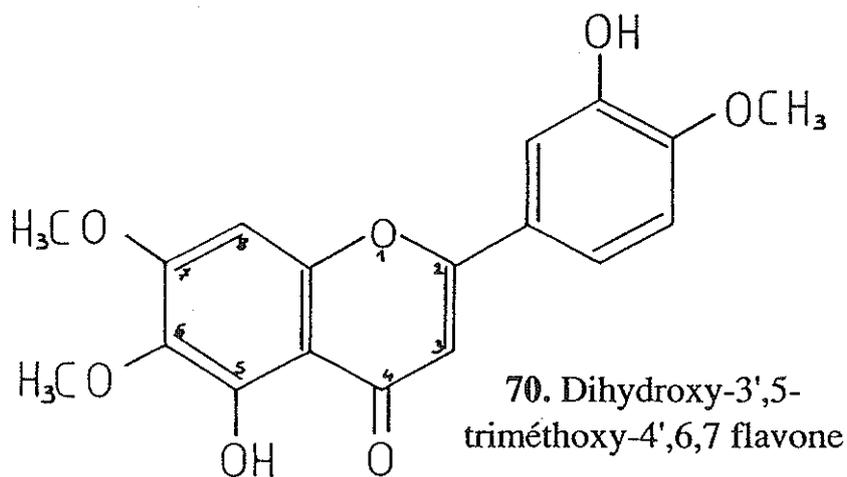
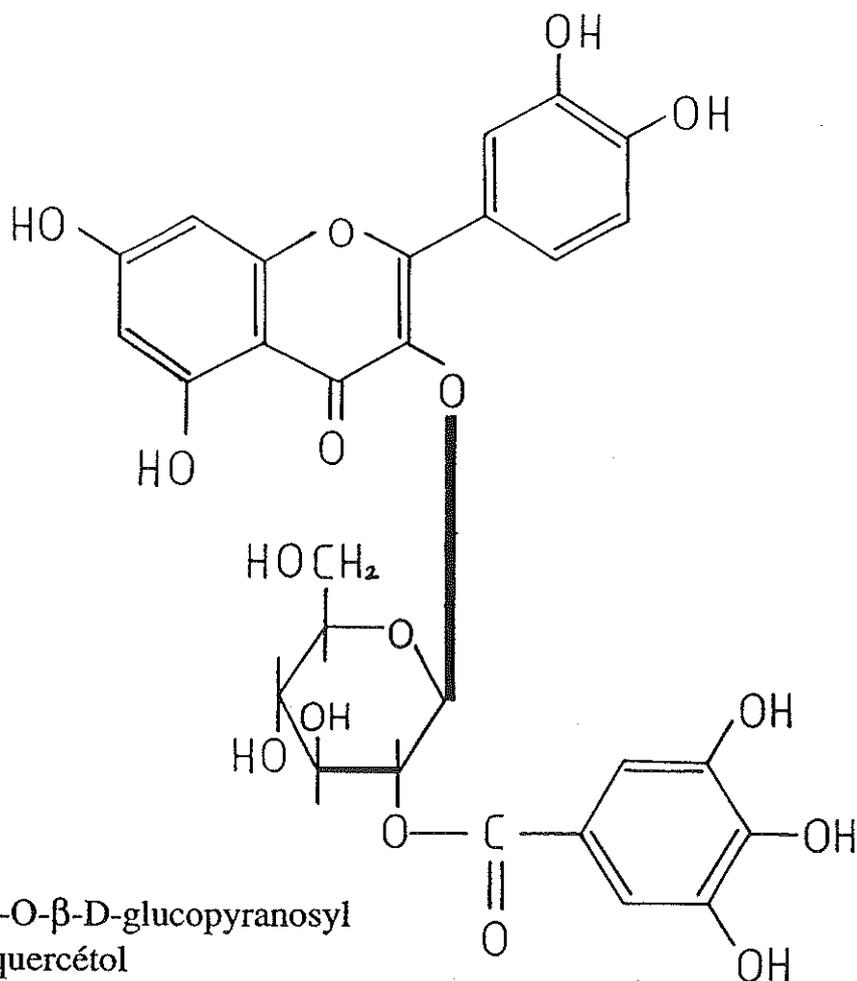
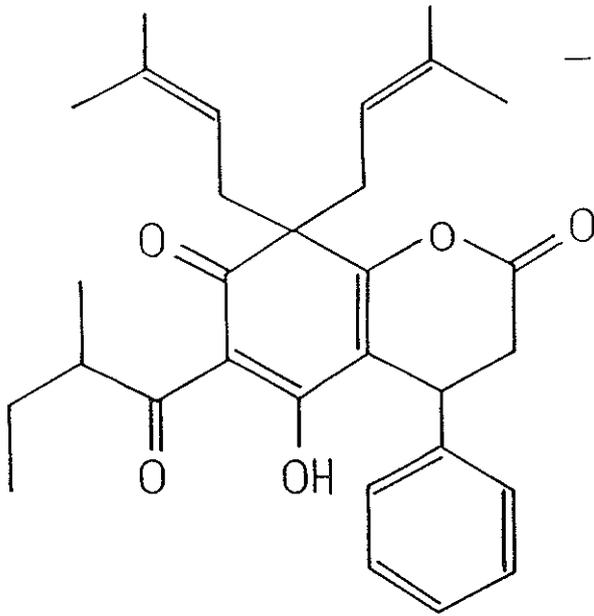
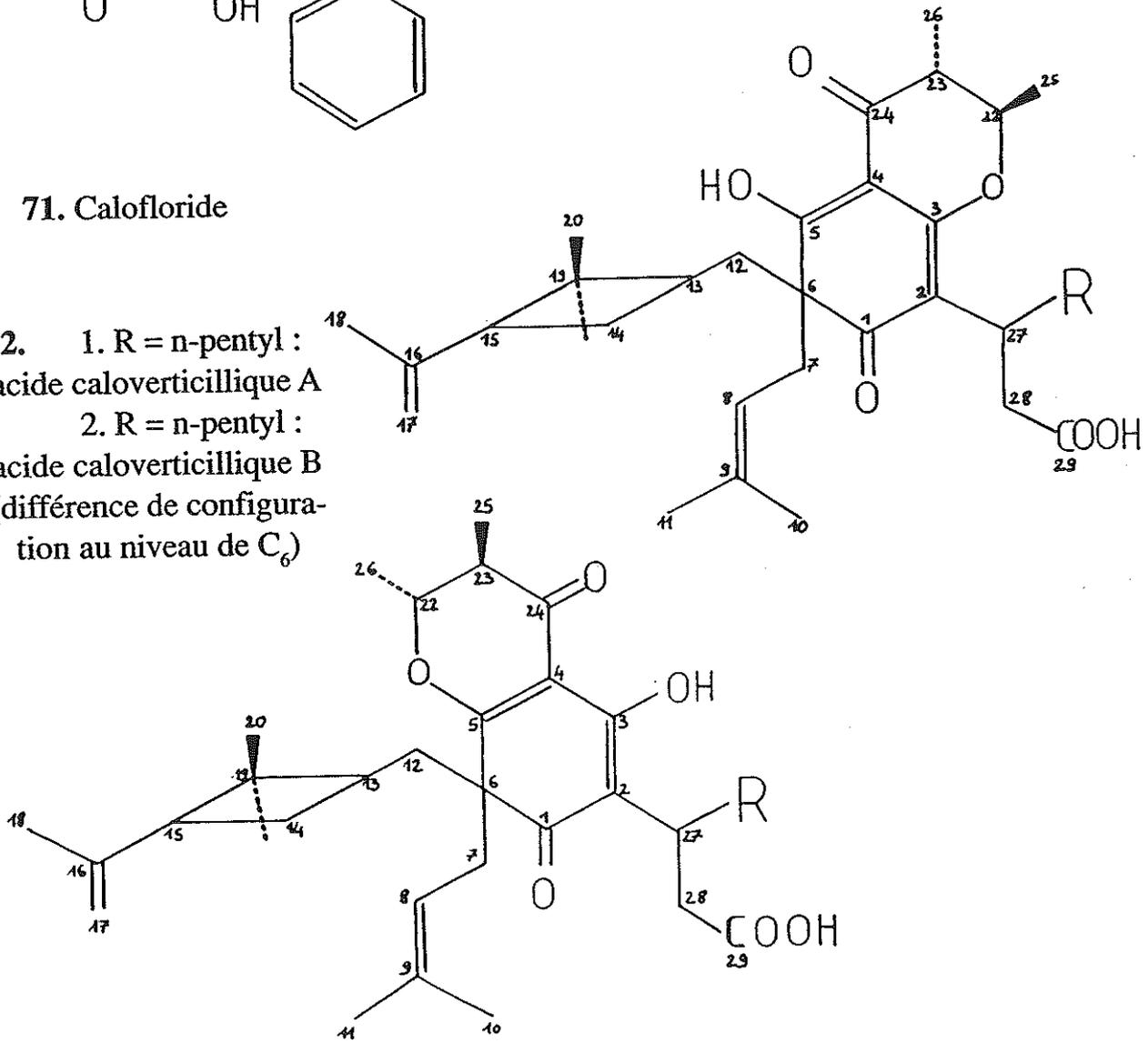


Tableau n°26 : Flavonoïdes et chalcones de *Polygonum senegalense* Meisn. forme *senegalense* (Polygonacées) (69) et de *Baccharis trimera* Less. (Composées) (70). (HENDERSON et al, 1983)



71. Calofloride

72. 1. R = n-pentyl :
acide calovercillique A
2. R = n-pentyl :
acide calovercillique B
(différence de configura-
tion au niveau de C₆)



73. R = n-pentyl : acide calovercillique C

Tableau n°27 : Néoflavonoïdes des graines et de l'écorce de *Calophyllum verticillatum* (Guttifères). (RAVELONJATO et al, 1987)

2.3.4. Roténoïdes :

2.3.4.1. Généralités :

Les roténoïdes sont des polyphénols à fonction cétone, le chef de file étant la roténone (structure 74., tableau n°28). Ces drogues entrent dans la composition de nombreuses Légumineuses tropicales, plantes servant de poisons de pêche aux indigènes, car leur suc exerce sur les poissons une action stupéfiante qui en facilite la capture. Le produit actif n'a pas d'effet chez l'homme s'il est absorbé par la voie stomacale. Eminemment toxique pour les insectes, on exploite les plantes à roténone en vue des besoins agricoles. (GOLSE, 1955)

2.3.4.2. Plantes à roténoïdes:

a) *Derris elliptica* Benth. (Légumineuses Papilionacées) :

Les *Derris* sp. sont des plantes grimpantes communes aux Indes, en Malaisie, aux Philippines, en Chine, en Indonésie. *D. elliptica* Benth. est une liane robuste cultivée en Inde et en Malaisie et qui a été introduite en Afrique tropicale. (GOLSE, 1955)

L'activité molluscicide de cette plante a été étudiée par MOZLEY en 1939, qui rapporta 100% de mortalité chez les escargots *Bulinus globosus* exposés à un extrait aqueux des racines à 20 mg.l⁻¹.

Cette plante renferme de la roténone et, dans des proportions moindres, des roténoïdes voisins : dégueline et téphrosine (structures 75 et 76., tableau n°28). (GOLSE, 1955)

Selon MARSTON et HOSTETTMANN (1985), la roténone, constituant principal des racines de *D. elliptica*, est inactive en-dessous de 100 mg.l⁻¹. De plus la roténone est toxique pour les animaux à sang froid.

D. elliptica apparaît finalement comme peu intéressante du point de vue de son activité molluscicide.

b) *Tephrosia vogelii* Hook. (Légumineuses Papilionacées) :

L'activité molluscicide des feuilles de *T. vogelii* a été rapportée par RANSFORD en 1948 ; un extrait aqueux est actif sur *Bulinus globosus* en plus de 24 heures à une concentration de 250 mg.l⁻¹ (100% de mortalité).

Puis en 1984, MARSTON et al isolent de cette plante des roténoïdes dont les principales sont la dégueline et la téphrosine (structures 75 et 76., tableau n°28). Bien qu'un extrait éthéropétrolique des feuilles montre une certaine activité (400 mg.l⁻¹), la dégueline et la téphrosine sont inactives sur *Biomphalaria glabrata*. (MARSTON et al, 1984b)

Poussant plus loin leurs investigations, ces auteurs ont mis en évidence trois flavonoïdes (rutine, isoquercétine et 3-O-arabinopyranoside quercétine), mais dont l'activité molluscicide n'a pas été étudiée

Il semble donc que les plantes à roténoïdes ne présentent que de faibles propriétés molluscicides.

2.3.5. Tanins :

2.3.5.1. Généralités :

On appelle communément « tanins » des substances d'origine végétale, non azotées, de structure polyphénolique, solubles dans l'eau, l'alcool, l'acétone, peu solubles dans l'éther, de saveur astringente et ayant la propriété commune de tanner la peau, c'est-à-dire de la rendre imputrescible et imperméable en se fixant sur les protéines. (MOYSE et PARIS, 1976)

On distingue deux grandes catégories de tanins :

- les tanins hydrolysables ou pyrogalliques (dérivés de l'acide gallique : structure 77. tableau n°29), qui sont des esters d'acides-phénols et d'oses ;

- les tanins condensés ou catéchiques qui sont non hydrolysables ; leur structure est voisine de celle des flavonoïdes puisqu'ils dérivent des catéchols par condensation de molécules (structure 78. tableau n°29).

(PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

2.3.5.2. Plantes à tanins :

a) *Acacia nilotica* (L.) Willd. (Légumineuses Mimosacées) :

a.1) Etude botanique : (Fig.13)

L'*Acacia nilotica* ou arbre Sunt est une espèce très variable pour laquelle on connaît au moins trois sous-espèces au Soudan : *nilotica*, *tomentosa* et *adansonii*. (HUSSEIN AYOUB et YANKOV, 1987)

Cet arbre très commun dans l'Est et l'Ouest du Soudan se rencontre aussi en Afrique de l'Ouest. L'arbre Sunt a un grand intérêt économique car il représente une source de bois ; les fruits et les écorces sont aussi utilisés dans l'industrie de la tannerie.

Les gousses sont également utilisées dans la médecine traditionnelle contre la dysenterie, la fièvre, le rhume, la toux, les brûlures et les saignements. Cette plante est en effet riche en tanins, qui ont des propriétés astringentes, cicatrisantes, hémostatiques. Cette plante a la réputation d'être non toxique pour l'homme. (HUSSEIN AYOUB, 1982a, 1983 ; HUSSEIN AYOUB et YANKOV, 1987)

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

En 1982, HUSSEIN AYOUB a étudié au Soudan l'activité molluscicide de la gousse du fruit d'*A. nilotica* sous-espèce *nilotica*, sous-espèce *tomentosa* et sous-espèce *astringens*, sur *Bulinus truncatus* et *Biomphalaria pfeifferi*. Les extraits aqueux, acétoniques et éthanoliques sont actifs contre les deux mollusques à des concentrations variables. Les trois sous-espèces ont une activité équivalente. Les résultats sont rapportés dans le tableau n°1 (les trois sous-espèces ont été réunies dans ce tableau sous le même nom : *A. nilotica*, étant donné que leurs activités sont strictement équivalentes.)

L'extrait acétonique est le plus efficace, la CL_{100} après 24 heures d'exposition étant de 75 mg.l^{-1} ; l'extrait éthanolique, moins actif, donne une CL_{100} de 150 mg.l^{-1} alors que celle de l'extrait aqueux est de 200 mg.l^{-1} .

Cet auteur a également étudié les extraits éthéropétroliques et benzéniques qui se sont avérés inactifs vis-à-vis de ces deux espèces de mollusques. (HUSSEIN AYOUB, 1982a)

En 1983, HUSSEIN AYOUB poursuit l'étude molluscicide des trois sous-espèces d'*A. nilotica* en examinant cette fois l'écorce de tige. Les résultats obtenus sont superposables à ceux des gousses de fruit, si ce n'est que *B. truncatus* est plus sensible que *B. pfeifferi* vis-à-vis de l'extrait aqueux, alors que l'inverse est observé pour l'extrait éthanolique.

En 1987, KLOOS et al étudient l'activité molluscicide d'autres parties d'*A. nilotica* : les feuilles et les graines, sur *B. pfeifferi*. L'extrait aqueux s'avère très peu actif, puisqu'il faut une concentration de 1000 mg.l⁻¹ pour obtenir 100% de mortalité avec les graines et 20% seulement avec les feuilles. L'étude de ces auteurs concernant les gousses de fruit est en désaccord avec les résultats précédemment obtenus par HUSSEIN AYOUB en 1982 ; en effet selon eux l'extrait aqueux n'est actif sur *B. pfeifferi* après 24 heures d'exposition qu'à une concentration de 1000 mg.l⁻¹, tout en n'entraînant que 40% de mortalité chez ce mollusque.

Cette dernière étude a été réalisée au Kenya, ce qui explique peut-être une différence de la composition molluscicide de cette plante. (la sous-espèce étudiée n'a pas été précisée par ces auteurs.)

a.2.2) Principes molluscicides :

Les principes actifs responsables des propriétés molluscicides d'*A. nilotica* sont des tanins. Ceci a été prouvé de manière sûre en filtrant les extraits bruts sur oxyde d'aluminium, ce qui permet d'obtenir des filtrats dépourvus de tanins et qui se sont avérés inactifs. (HOSTETTMANN, 1984)

- Découverte du T.A.N. :

En 1982, HUSSEIN AYOUB, en pulvérisant les fruits d'*A. nilotica*, obtient une poudre fine et sèche à laquelle peuvent être additionnés des agents de dispersion, de mouillage, de stabilisation et antifongiques afin d'en améliorer les caractéristiques. Cette poudre amorphe, brune, d'odeur discrète et de goût astringent est soluble dans l'eau, le méthanol et l'éthanol mais elle est insoluble dans l'éther, le chloroforme et le benzène. Cette poudre contient une forte proportion de tanins condensés et hydrolysables (plus de 56%), d'où son nom de T.A.N. (Tanins of *Acacia nilotica*). (HUSSEIN AYOUB, 1982b)

Le T.A.N. est très actif contre les deux espèces de mollusques *B. truncatus* et *B. pfeifferi* : à la concentration de 60 mg.l⁻¹, il conduit après 2 heures d'exposition à 80% de mortalité chez *B. truncatus* et à 50% de mortalité chez *B. pfeifferi*. Après

6 heures d'exposition, la même concentration conduit à 100% de mortalité chez les deux espèces de mollusques. L'activité du T.A.N. est donc trois fois plus importante que l'activité des extraits aqueux de la gousse du fruit. (HUSSEIN AYOUB, 1982b)

En plus de l'activité molluscicide, cet auteur a montré une activité algicide du T.A.N. vis-à-vis de nombreuses algues (*Rivularia*, *Spirogyra*, *Spirulina*, *Microcystis*, *Euglena*...) dont la prolifération peut être un inconvénient.

Par ailleurs, le T.A.N. pourrait être utilisé en médecine contre les ulcères, les hémorroïdes, les brûlures mineures, les gelures, l'inflammation des gencives en usage externe, alors que par voie interne cette poudre pourrait être utilisée contre les diarrhées et dans les empoisonnements par alcaloïdes. (HUSSEIN AYOUB, 1982b)

- Etude chimique des principes molluscicides :

En 1983, HUSSEIN AYOUB obtient par extractions successives à partir d'un extrait acétonique des gousses du fruit deux fractions :

- une fraction étherée peu active ;
- une fraction acétate d'éthyle active.

L'analyse chromatographique révèle que la fraction étherée renferme de la quercétine, de l'acide gallique, de la (+) catéchine, de la (+) dicatéchine, de la (-) épicatechine, du catéchol et du dicatéchol ; alors que la fraction acétate d'éthyle contient des esters galliques : le gallate-7 de (-) épigallocatechine et le digallate-5,7 de (-) épigallocatechine. (HUSSEIN AYOUB, 1984a, 1984b) (structures 79 et 80. tableau n°29)

La fraction contenant des catéchines est inactive à 300 mg.l⁻¹ après 24 heures d'exposition. En particulier l'acide gallique, la (-) épicatechine et la (-) épigallocatechine sont totalement inactifs à 300 mg.l⁻¹ vis-à-vis de *B. truncatus* et *B. pfeifferi*.

Par contre la fraction contenant les esters galliques est active contre les deux mollusques car à 75 mg.l⁻¹ on obtient 100% de mortalité. Etudiés indépendamment, l'ester digallique est le plus actif avec une CL₁₀₀ de 75 mg.l⁻¹, alors que l'ester monogallique a une CL₁₀₀ de 120 mg.l⁻¹. (HUSSEIN AYOUB, 1984a, 1984b)

- Stabilité des principes molluscicides :

Les esters galliques sont instables et se dégradent très vite en solution. La conservation des extraits acétate d'éthyle et des solutions de T.A.N. doit donc se faire à l'abri de l'air ambiant et de la lumière car en présence d'air et de lumière directe les solutions perdent totalement leur activité au-delà de 24 heures.

Par contre la conservation des solutions de T.A.N. ou des extraits à des températures élevées n'a pas d'effet sur l'activité molluscicide. Les solutions de T.A.N. sont peu sensibles aux variations de pH.

Dans les conditions naturelles, les tanins diffusent rapidement dans l'eau, mais les phénomènes d'oxydation et de dégradation photochimique sont responsables de leur inactivation ; il est donc nécessaire d'ajouter aux préparations molluscicides des stabilisants et des additifs afin de limiter ces phénomènes. (HUSSEIN AYOUB, 1984a, 1984b)

- b) Autres plantes à tanins :

D'autres espèces d'*Acacia* ont été étudiées et ont montré une activité molluscicide presque égale à celle d'*A. nilotica*.

En 1987, HUSSEIN AYOUB et YANKOV étudient 6 espèces : *A. albidica* Del., *A. nubica* Benth., *A. saligna* Wendl., *A. seyal* Del., *A. catechu* Willd. et *A. decurrens* Willd. var. *mollis* ; l'activité molluscicide d'un extrait acétate d'éthyle de l'écorce de tige sur *B. truncatus* et *B. pfeifferi* est identique pour les 4 premières espèces d'*Acacia*, la CL_{100} étant de 100 mg.l⁻¹. Pour les deux autres espèces, la CL_{100} est de 75 mg.l⁻¹. (Cf tableau n°1)

En 1980, ADEWUNMI et SOFOWORA étudient l'activité molluscicide d'*A. dudgeoni* sur *B. globosus*. L'écorce de tige mais aussi les feuilles de cette plante sont actives en extrait méthanolique sur ce mollusque avec une CL_{60} de 100 mg.l⁻¹. (ADEWUNMI et SOFOWORA, 1980a)

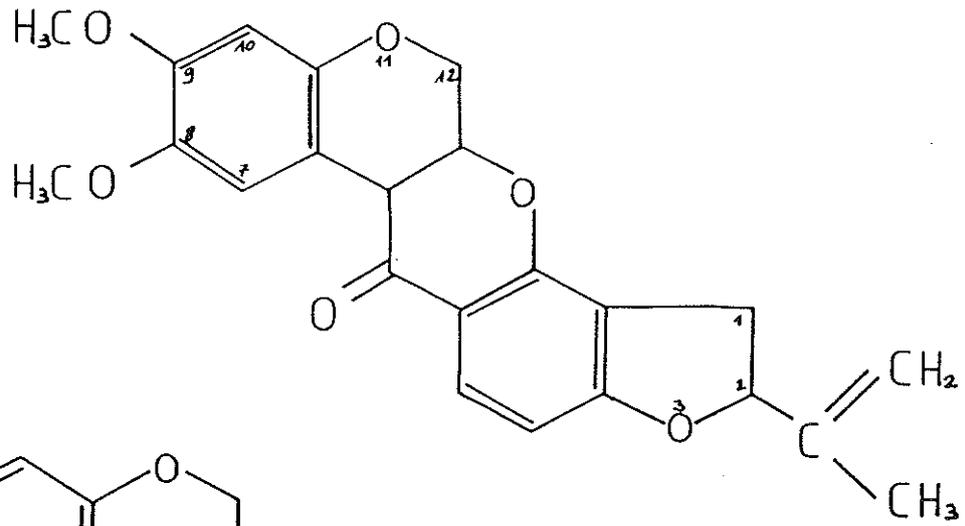
En plus des Acacias, un certain nombre d'autres plantes riches en tanins ont une puissante activité molluscicide. Les sources habituelles de tanins telles que le ratanhia, *Krameria triandra* Ruiz et Pav. (Légumineuses), la busserole, *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Sprengel (Ericacées), l'hamamelis, *Hamamelis virginiana* L. (Hamamélidacées) et les chênes, *Quercus* sp. (Cupulifères) ont une activité molluscicide pour 50, 50, 100 et 200 mg.l⁻¹, respectivement. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985 ; HOSTETTMANN, 1984)

Le thé vert japonais *Camellia* sp. (Ternstoemiacées) est également actif : il tue les mollusques *B. glabrata* pour une concentration de 200 mg.l⁻¹. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

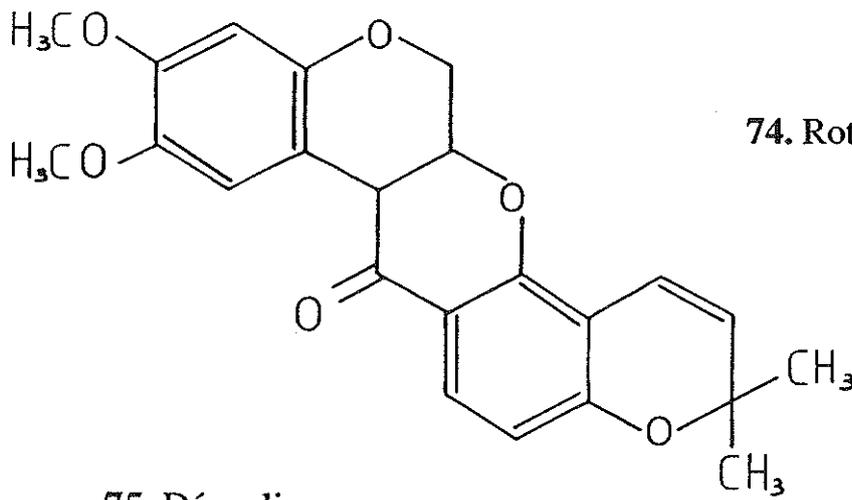
L'espèce *Camellia oleosa* Lour. ou *Thea oleosa* a été plus particulièrement étudiée en Chine. Les graines oléagineuses servent à l'extraction d'une huile dont le résidu est introduit dans un gâteau (« tea-cake ») utilisé par les villageois comme engrais et comme savon pour laver les vêtements. L'extrait aqueux de ce « gâteau » tue les sangsues, les escargots du genre *Oncomelania* et *Lymnea* ; il est également utilisé sous forme de résidu pulvérulent comme cercaricide dans les chaussures des fermiers. La toxicité pour les mammifères est quasiment nulle. (KUO, 1983 ; KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

Les plantes à tanins représentent une source très intéressante de molluscicides végétaux pour plusieurs raisons : les plantes riches en tanins sont largement répandues dans les zones tropicales et subtropicales, donc l'approvisionnement doit être assez facile ; la culture de ces plantes est généralement relativement aisée ; l'extraction aqueuse des tanins est possible ce qui rend le procédé particulièrement simple et économique ; enfin la toxicité des tanins vis-à-vis des organismes non visés est généralement plus faible que celle des saponosides à propriétés molluscicides, bien que le niveau d'activité ne soit pas aussi élevé. (HOSTETTMANN, 1984)

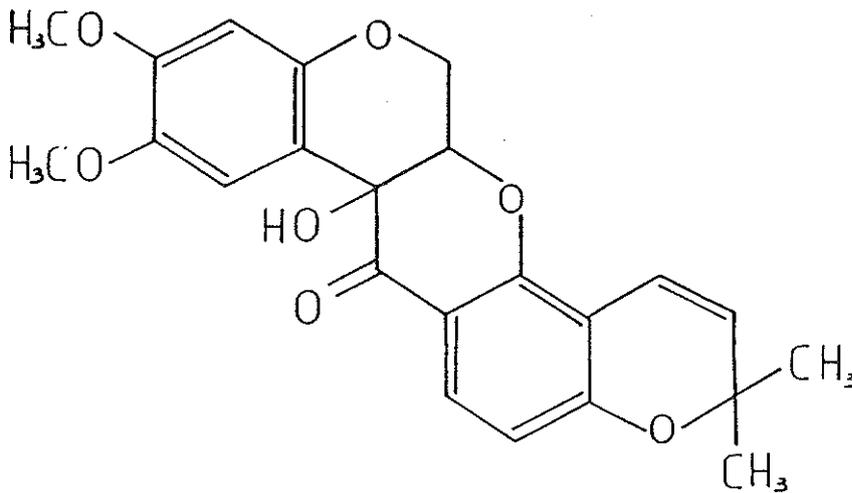
Tous ces avantages font que ces plantes pourraient jouer un rôle majeur dans l'avenir.



74. Roténone



75. Dégueline



76. Téphrosine

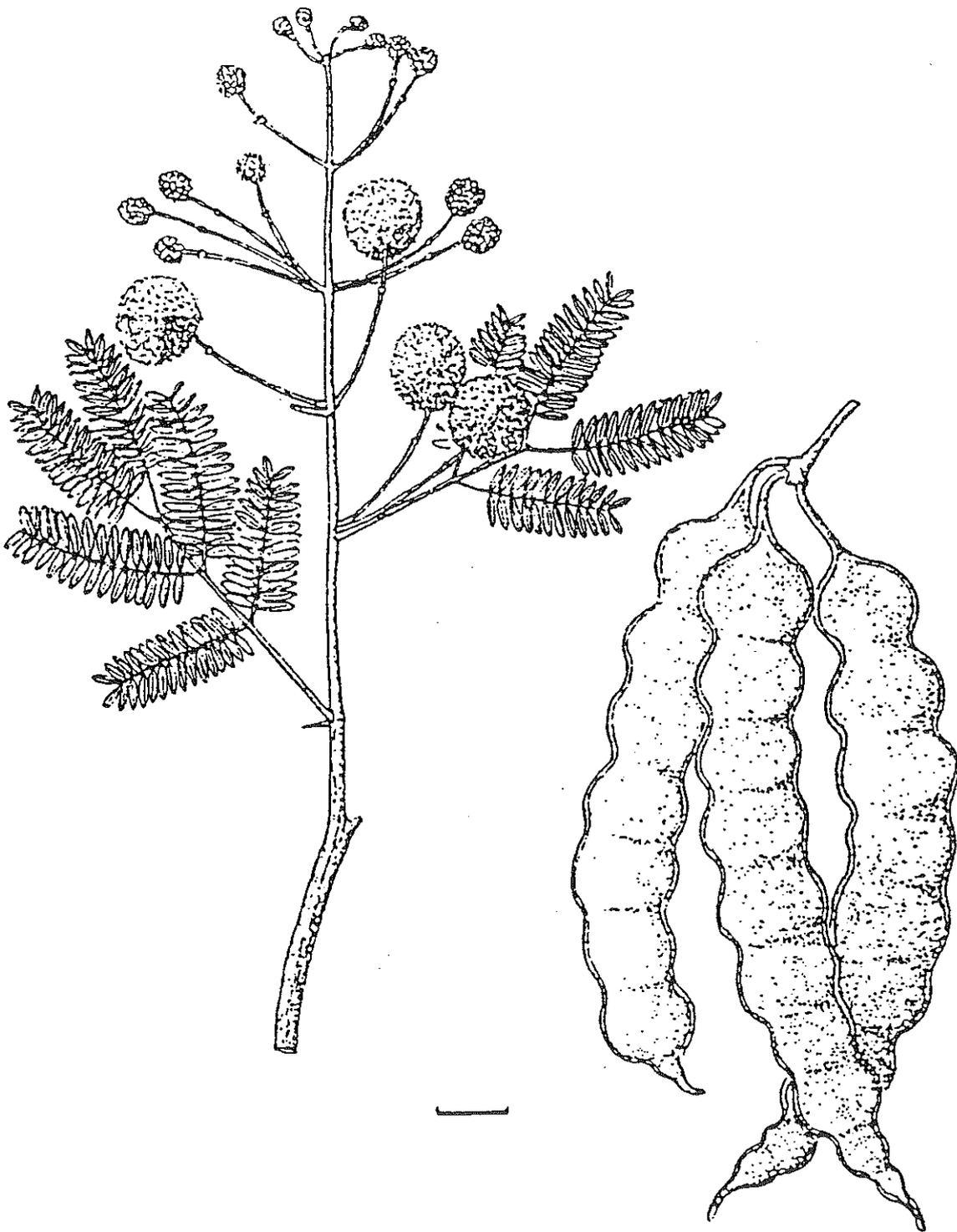
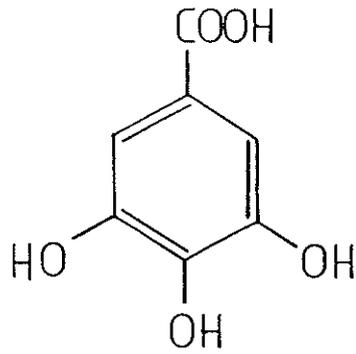
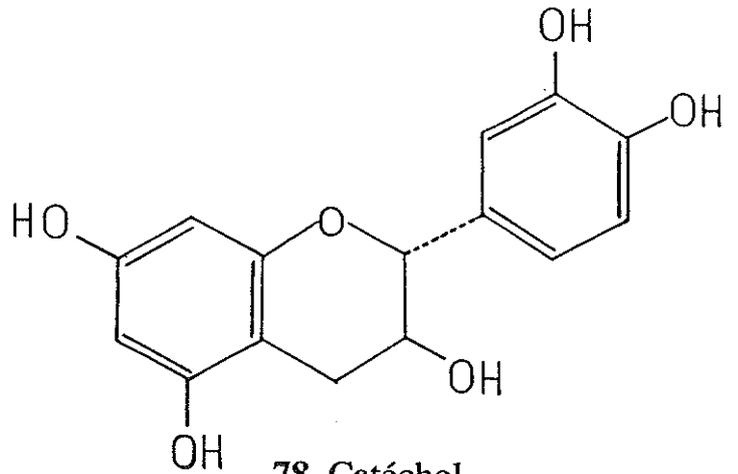


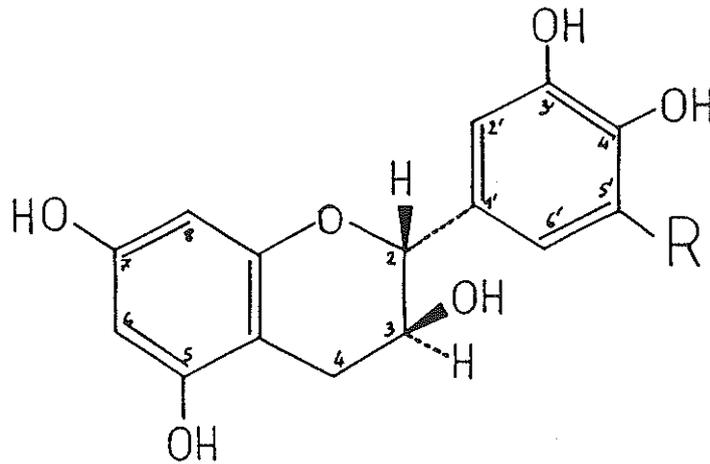
Figure 13. *Acacia nilotica* (L.) Willd. (Légumineuses Mimosacées).
(ADTANOHOUN et al, 1981)



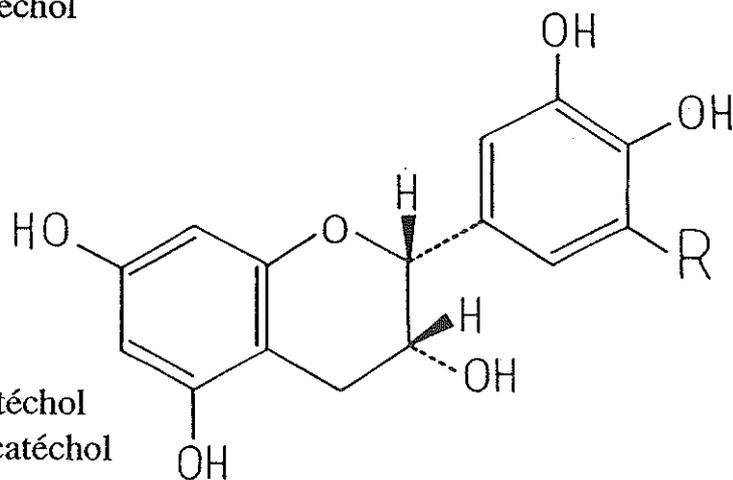
77. Acide gallique



78. Catéchol



79. R = H : (+) catéchol
R = OH : (+) gallocatéchol



80. R = H : (-) épicatechol
R = OH : (-) épigallocatéchol

Tableau n°29 : Structure générale des principes molluscicides de la gousse du fruit d'*Acacia nilotica* (L.) Willd. (Légumineuses Mimosacées). (HUSSEIN AYOUB, 1984b)

2.3.6. Coumarines et furocoumarines :

2.3.6.1. Généralités :

Les coumarines sont des dérivés de la benzo α -pyrone. La coumarine proprement dite a été isolée pour la première fois de la Fève Tonka, *Coumarouna odorata* (Légumineuses) : c'est la lactone de l'acide O-hydroxy-cinnamique (structures 81 et 82. tableau n°30).

Les furocoumarines sont des coumarines complexes où un noyau furanne est associé au noyau benzo α -pyrone. On distingue deux sortes de furocoumarines :

- les 6,7-furocoumarines (structure 83. tableau n°30) : le chef de file est le psoralène (R = R' = H).
- les 7,8-furocoumarines (structure 84. tableau n°30).

D'une façon générale, les coumarines ont une action vitaminique P ; on les emploie ainsi que leurs dérivés contre les troubles veineux. Beaucoup sont utilisées également comme stomachiques, toniques amers et fébrifuges. Les furocoumarines sont des ichthyotoxiques et des photosensibilisants. (GOLSE, 1955 ; PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)

2.3.6.2. Plantes à coumarines et furocoumarines :

Les coumarines rencontrées dans les plantes molluscicides sont généralement des coumarines complexes, c'est-à-dire des furocoumarines. On les rencontre surtout dans la famille des Ombellifères (*Ammi majus* par exemple), et des Rutacées.

a) *Ammi majus* L. (Ombellifères) :

a.1) Etude botanique :

Ammi majus L. est une plante herbacée annuelle pouvant atteindre 90 cm de haut et dont la tige est striée. Les fruits isolés et allongés sont de petits akènes. Cette plante médicinale dans les régions méditerranéennes se rencontre notamment en Egypte.

a.2) Etude molluscicide :

a.2.1) Propriétés molluscicides :

Les propriétés molluscicides de la plante sous forme d'extraits n'ont pas été rapportées dans la littérature. Seule l'activité molluscicide des furocoumarines isolées a été étudiée.

a.2.2) Principes molluscicides :

Trois furocoumarines ont été isolées des fruits d'*A. majus* : la xanthotoxine (ou méthoxy-8 psoralène), l'impératorine et le bergaptène (ou méthoxy-5 psoralène). (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981). Leurs structures sont présentées dans le tableau n°30 (structures 86, 87 et 85., resp.).

Ces trois furocoumarines se sont avérées aussi puissantes que le pentachlorophénate de sodium en Egypte. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

La xanthotoxine est active contre *Biomphalaria boissii* pour une concentration létale 100 de 50 mg.l⁻¹, alors que le bergaptène est actif dans les mêmes conditions pour une CL₁₀₀ de 5 mg.l⁻¹. Or seule la position du groupement méthoxy a changé. (HENDERSON et al, 1983)

b) Rutacées à furocoumarines :

Le Bergamotier, *Citrus limetta* Risso var. *bergamia* (Rutacées) est une plante méditerranéenne dont l'écorce des fruits fournit l'essence de Bergamote, riche en carbures terpéniques (acétate de linalyle) et en furocoumarines (bergaptène et bergamotine). L'essence très utilisée en parfumerie possède également des propriétés molluscicides. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

En 1967, BROOKER et al montrent que la chalepensisine, furocoumarine issue de la plante *Ruta chalepensis* L. (Rutacées) est particulièrement active contre *Biomphalaria glabrata* avec une CL₁₀₀ de 2 mg.l⁻¹ après 24 heures d'exposition. (BROOKER, 1967 ; MARSTON et HOSTETTMANN, 1985) (structure 88. tableau n°31)

En 1981, ADESINA et ADEWUNMI étudient l'activité molluscicide de *Clausena anisata* (Willd.) Oliv. (Rutacées) : la drogue brute pulvérisée tue 60% de *Bulinus globosus* pour une concentration de 100 mg.l⁻¹ ; l'extrait méthanolique de la racine entraîne une mortalité de 80% de ces mêmes escargots pour une concentration de 80 mg.l⁻¹.

En 1987, KLOOS et al montrent la faible activité des extraits aqueux de différentes parties de *Clausena anisata* sur *Biomphalaria pfeifferi* : une concentration minimale de 1000 mg.l⁻¹ est nécessaire pour obtenir au plus 53% de mortalité de ces mollusques. (Cf tableau n°1)

Cette plante renferme des furocoumarines : l'héliettine et l'impératorine, qui sont actives sur *Bulinus globosus* pour une CL₁₀₀ de 8 mg.l⁻¹. Cependant ces composés sont très peu solubles dans l'eau, ils doivent nécessairement être dissous dans du propylène-glycol avant l'application. (HOSTETTMANN et MARSTON, 1983)

Une autre furocoumarine, l'isopimpinelline (structure 89. tableau n°31), s'est avérée molluscicide à la concentration de 5 mg.l⁻¹, provoquant une mortalité de 69% chez le mollusque *Biomphalaria boissii* (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985). L'isopimpinelline est donc presque aussi active que le bergaptène ; les composés ayant un groupement méthoxy en 5 sont donc vraisemblablement les plus actifs.

c) *Aspergillus parasiticus* :

Le champignon *Aspergillus parasiticus* produit une furocoumarine extrêmement puissante contre les mollusques : l'aflatoxine G₁ (structure 90. tableau n°31). Ce composé a pu être isolé d'arachides moisies. La CL₁₀₀ vis-à-vis de *Biomphalaria tenagophila* est seulement de 0,5 mg.l⁻¹. (MARSTON et HOSTETTMANN, 1985)

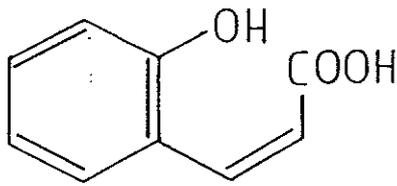
Cependant ce composé est inutilisable dans la lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose, étant donné sa haute toxicité et sa carcinogénicité pour les poissons et pour les mammifères, ainsi que sa phytotoxicité pour les céréales. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

2.3.6.3. Toxicité des coumarines et des furocoumarines :

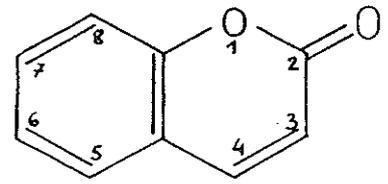
En dépit d'un fort pouvoir molluscicide de ces différentes furocoumarines, l'utilisation des plantes en contenant dans un programme de lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose n'est pas conseillée à cause de la haute toxicité de ces composés.

En effet les furocoumarines sont des agents ichthyotoxiques et hautement photosensibilisants, ce qui rend leur manipulation très délicate.

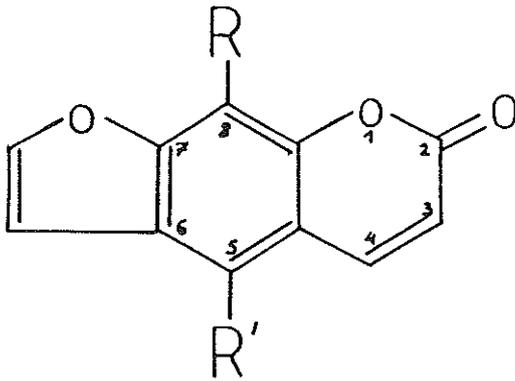
De plus, les coumarines sont en général considérées comme hépatotoxiques. (FARNSWORTH et al, 1983)



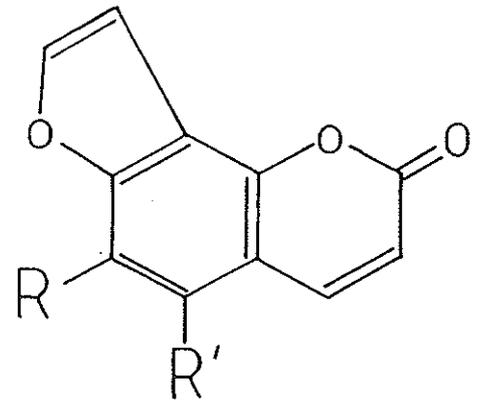
81. Acide O-hydroxy-cinnamique



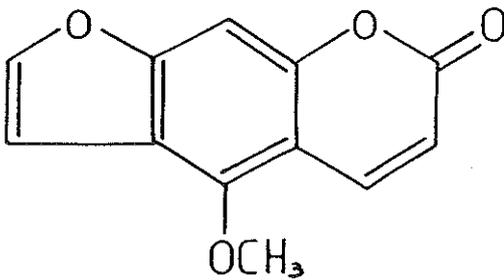
82. Coumarine



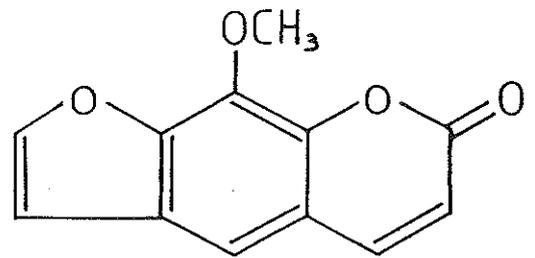
83. 6,7-furocoumarine



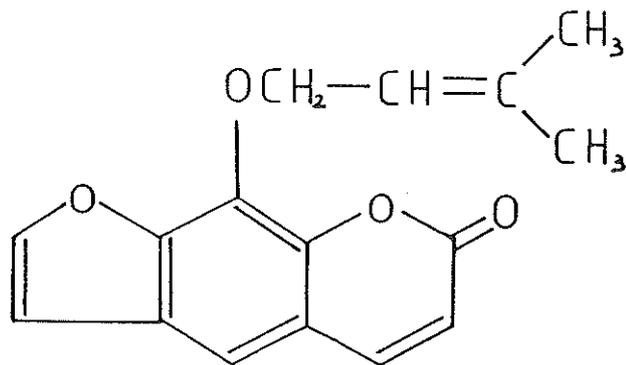
84. 7,8-furocoumarine



85. Bergaptène

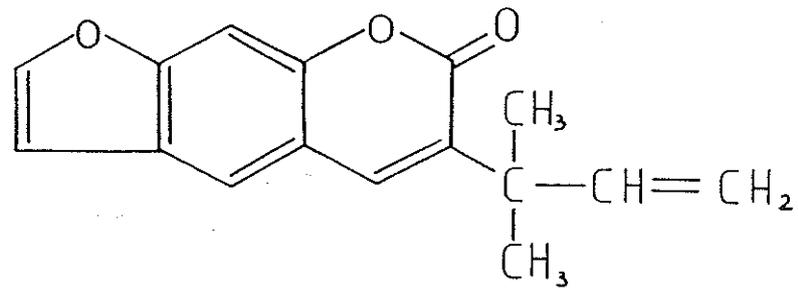


86. Xanthotoxine

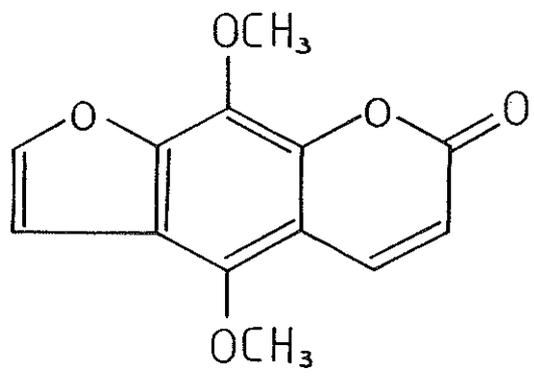


87. Impératorine

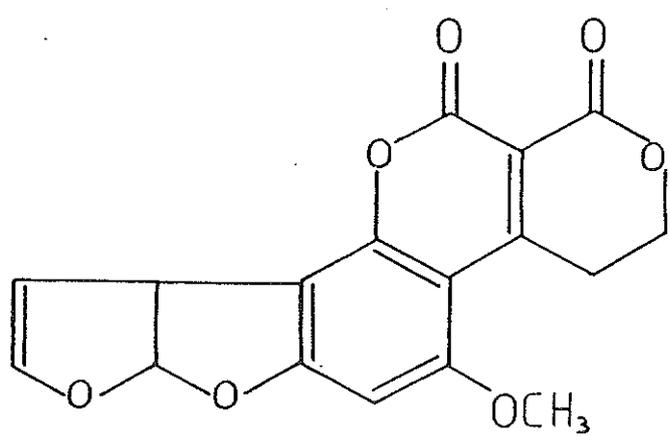
Tableau n°30 : Structure de base des furocoumarines (81 à 84) et furocoumarines du fruit d'*Ammi majus* L. (Ombellifères) (85 à 87). (PARIS et HURABIELLE, T.1, 1981)



88. Chalepensine



89. Isopimpinelline



90. Aflatoxine G₁

Tableau n°31 : Structure de quelques furocoumarines molluscicides. (MARTON et HOSTETTMANN, 1985)

2.4. Iridoïdes :

2.4.1. Généralités :

Les iridoïdes sont des hétérosides chromogéniques donnant par hydrolyse des génines terpéniques instables qui s'oxydent à l'air.

Il s'agit de substances monoterpéniques caractérisées par un squelette comportant un noyau cyclopentane accolé à un noyau pyranne (structure 91. tableau n°32). (MOYSE et PARIS, 1976)

2.4.2. Plantes à iridoïdes :

La découverte de plantes molluscicides à principes actifs appartenant à la famille des iridoïdes s'est effectuée assez récemment. Ces plantes sont très peu nombreuses ; à l'heure actuelle deux seulement ont été étudiées de manière un peu plus approfondie : *Olea europea* L. (Oléacées) et *Morinda lucida* Benth. (Rubiaceées).

2.4.2.1. *Olea europea* L. (Oléacées) :

L'olivier, *Olea europea*, est une plante alimentaire et médicinale originaire des régions méditerranéennes, actuellement cultivée en Afrique, en Amérique et en Europe méridionale. (PARIS et HURABIELLE, T,1 ,1981)

Le fruit est une drupe qui renferme lorsqu'elle est verte jusqu'à deux pour cent d'un iridoïde glucosidique : l'oleuropéoside. Les feuilles contiennent des pigments flavoniques dont la lutéoline (tétrahydroxy-5,7,3',4' flavone) et l'olivine (chalcone) accompagnés des glucosides correspondants. Cette feuille contient également des saponosides triterpéniques qui ont pour génine l'acide oléanique. On y trouve enfin des hétérosides amers dont l'oleuropéoside (qui se rencontre aussi dans l'écorce jeune de l'Olivier), et le ligstroside qui est un iridoïde glucosidique voisin du précédent (structures 92 et 93. tableau n°32). (MOYSE et PARIS, 1981)

Les feuilles d'Olivier sont utilisées pour leurs propriétés hypotensives.

D'après KUBO et al (1984b), le ligstroside est actif sur *Biomphalaria glabrata* à la concentration de 100 mg.l⁻¹, alors que l'oleuropéoside est actif à 250 mg.l⁻¹.

Cependant, selon MARSTON et HOSTETTMANN (1985), l'activité des composés purs est trop faible pour que cette plante puisse être considérée comme molluscicide.

2.4.2.2. *Morinda lucida* Benth. (Rubiacees) :

En 1984, ADEWUNMI et ADESOGAN ont étudié l'activité molluscicide de *Morinda lucida*, plante rencontrée notamment au Nigéria. L'extrait méthanolique des feuilles provoque 100% de mortalité chez *Bulinus globosus* pour une concentration de 100 mg.l⁻¹.

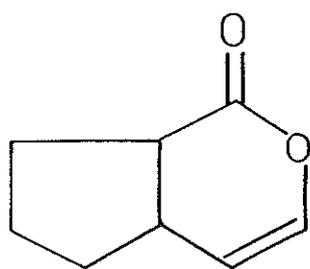
L'étude chimique réalisée par ces mêmes auteurs a révélé la présence dans les feuilles d'un iridoïde : l'oruwacine (structure 94, tableau n°32).

Ces auteurs ont étudié l'activité molluscicide de l'oruwacine sur *Bulinus rohlfsii*, *Bulinus globosus*, *Biomphalaria glabrata* et *Lymnea natalensis* et ils ont trouvé des CL₁₀₀ variant de 1,3 à 5,3 mg.l⁻¹. (ADEWUNMI et ADESOGAN, 1984)

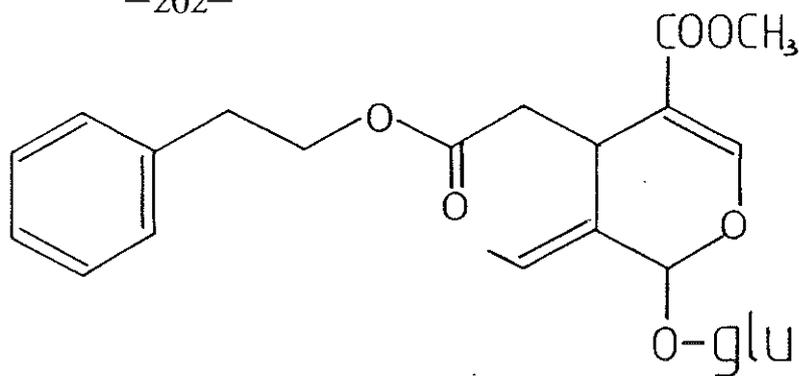
Toutefois, l'oruwacine présente des inconvénients certains car elle est sensible aux facteurs physicochimiques tels que l'irradiation ultra-violette, le pH et la charge en matière fécale de l'eau, ce qui limitera son usage.

De plus elle est dépourvue d'activité ovicide vis-à-vis des œufs de mollusques, elle n'est pas toxique pour les larves de moustiques, et lorsque le composé est mis en solution l'activité décroît rapidement en quelques jours. (ADEWUNMI et ADESOGAN, 1984)

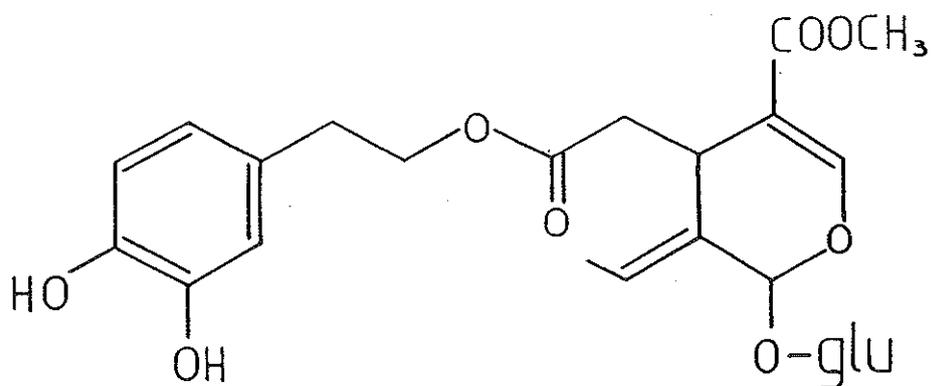
Bien qu'inutilisables dans un programme de lutte contre les mollusques transmettant la bilharziose, ces deux exemples ont tout de même le mérite de montrer que les iridoïdes peuvent être molluscicides.



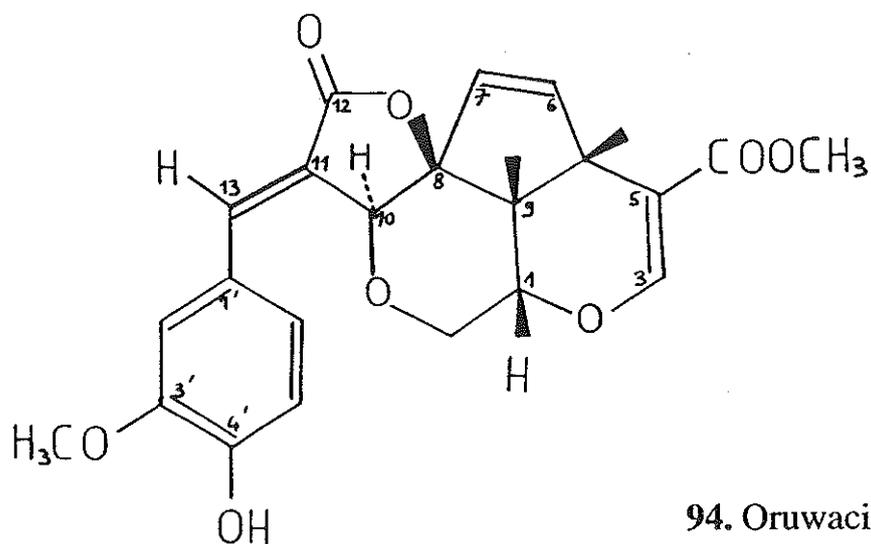
91. Iridoïde = cyclopentane + pyranne



92. Oleuropéoside



93. Ligstroside

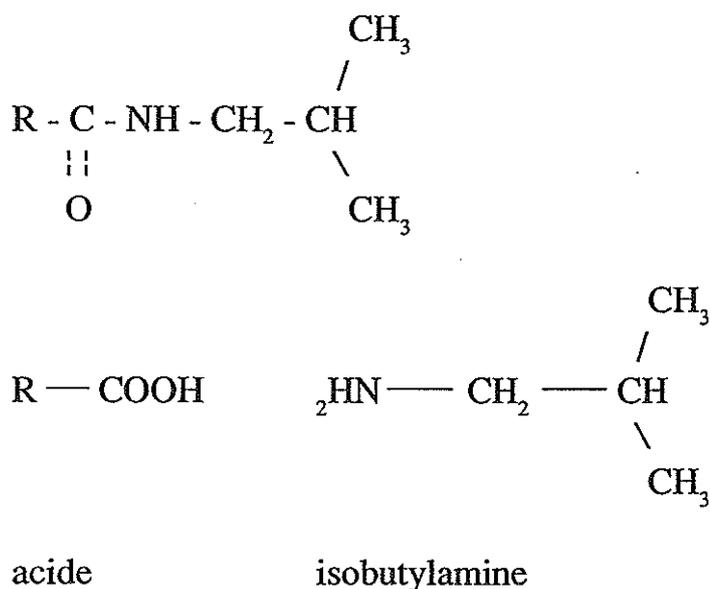


94. Oruwacine

2.5. Isobutylamides :

2.5.1. Généralités :

Les isobutylamides sont des amino-acides dont la fonction amine appartient à l'isobutylamine, les acides associés pouvant être de nature diverse. La liaison amide se fait entre la fonction carboxyle de l'acide et la fonction amine de l'isobutylamine. Les isobutylamides ont donc pour formule générale :



(MOYSE et PARIS, 1971, 1976)

2.5.2. Plantes à isobutylamides :

Les isobutylamides d'acides gras non saturés se rencontrent notamment dans les familles des Composées, des Rutacées et des Pipéracées. Bon nombre de ces dérivés sont connus pour leurs propriétés insecticides, leurs principes piquants et leur goût acidulé.

2.5.2.1. Famille des Composées :

L'affinine ou N-isobutyl-2,6,8-décatriènamide (structure 95, tableau n°33) a été isolée des feuilles et des fleurs de *Spilanthes oleracea* Jacq., des racines d'*Heliopsis longipes* (A. Gray) Blake et des fleurs de *Wedelia parviceps* Blake en 1982 par JOHNS et al.

Ces trois espèces sont médicinales dans la région de Mexico, aux Caraïbes et en Extrême-Orient où elles sont utilisées pour leurs propriétés analgésiques. *H. longipes* possède également des propriétés insecticides. (JOHNS et al, 1982)

Ces auteurs ont rapporté qu'à des concentrations au-dessus de 50 mg.l⁻¹, l'affinine neutralise le mollusque *Physa occidentalis* après 60 minutes, la mort intervenant avant 18 heures. A 150 mg.l⁻¹, le développement des cercaires est inhibé et les escargots sont neutralisés en 30 minutes.

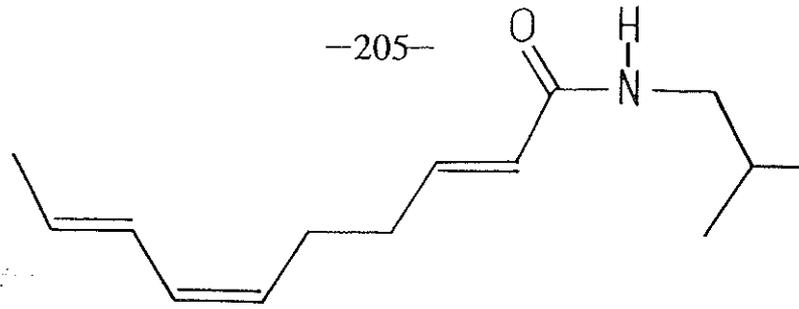
Les racines pulvérisées d'*H. longipes* présentent des propriétés piscicides contre le poisson *Lebistes reticulatus* (la concentration piscicide n'ayant pas été précisée).

2.5.2.2. *Fagara macrophylla* Engl. (Rutacées) :

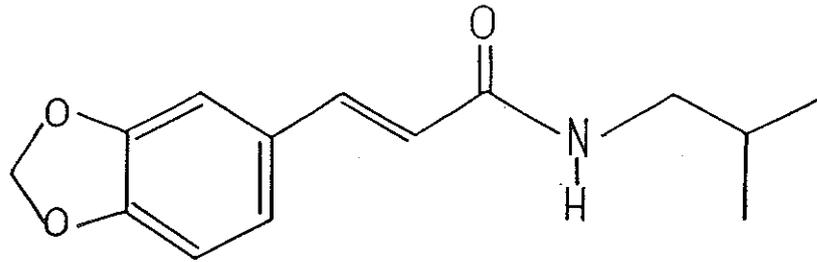
L'activité molluscicide de cet arbre d'Afrique de l'Est a été découverte en 1984 par KUBO et al. Cet arbre est connu pour ne jamais être attaqué par les insectes.

L'extrait des écorces de cet arbre renferme du fagaramide (présence d'une double liaison en 2), de la dihydro-4,5 piperlongumine (présence d'une double liaison en 2), de la piperlongumine (présence de 2 doubles liaisons trans en 2 et 4), de la pellitorine (présence de 2 doubles liaisons trans en 2 et 4) et du N-isobutyl-octadiène-2E,4E amide (structures 96, 97, 98, 99 et 100. tableau n°33). Le dérivé le plus abondant est le fagaramide. Ces composés ont été étudiés contre *Biomphalaria glabrata* ; le fagaramide et le N-isobutyl-octadiène-2E,4E amide sont les plus efficaces et provoquent 50% de mortalité chez ce mollusque pour une concentration de 200 mg.l⁻¹. Les autres composés sont moins actifs, la CL₅₀ étant supérieure à 200 mg.l⁻¹.

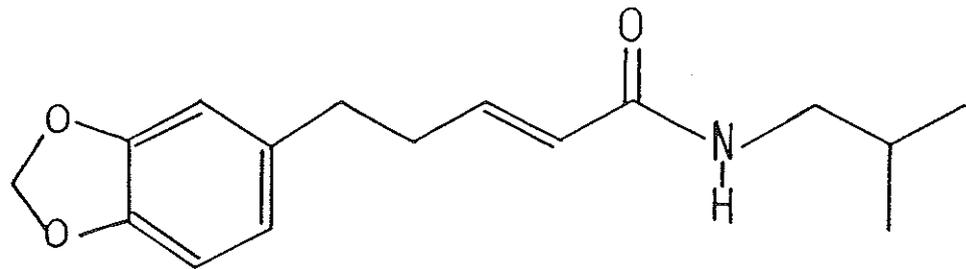
La classe des isobutylamides comprend donc quelques plantes à propriétés molluscicides. Cependant nous ne disposons pas d'un recul suffisant pour affirmer qu'elles se montreront effectivement utilisables dans un programme de contrôle des mollusques transmettant la bilharziose.



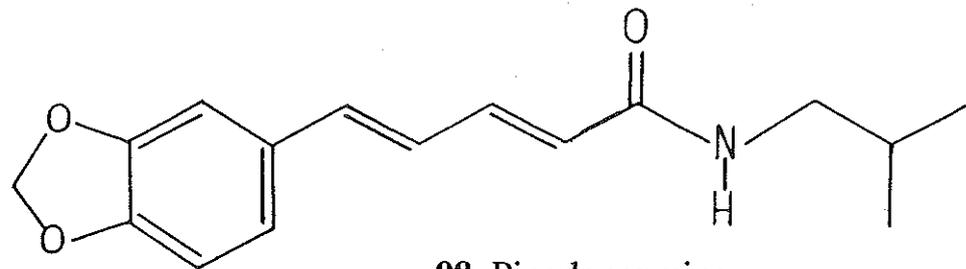
95. Affinine



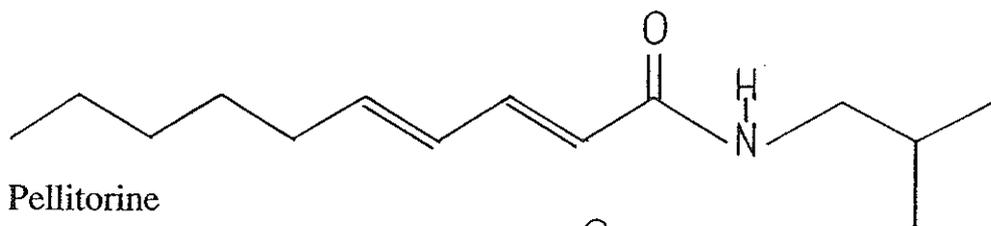
96. Fagaramide



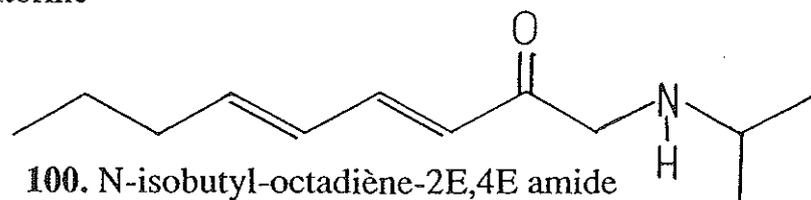
97. Dihydro-4,5 piperlongumine



98. Piperlongumine



99. Pellitorine



100. N-isobutyl-octadiène-2E,4E amide

Tableau n°33 : Isobutylamides molluscicides. (MARSTON et HOSTETT-MANN, 1985)

F • EFFET DE DIFFERENTS FACTEURS SUR LE POUVOIR MOLLUSCICIDE

1. Facteurs liés aux mollusques :

1.1. Taille des mollusques :

De nombreux exemples montrent la dépendance de l'effet molluscicide de la taille des mollusques, dans un sens ou dans l'autre.

Les suspensions de graines de *Millettia thonningii* Baker (Légumineuses Papilionacées) montrent une action molluscicide supérieure sur les spécimens de *Bulinus truncatus* de 2 à 3 mm de long par rapport à ceux de 5 à 6 mm. (EVANS et al, 1986)

Le même phénomène a été observé par ADEWUNMI et MARQUIS en 1981 avec l'extrait méthanolique de *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Légumineuses Mimosacées) étudié vis-à-vis de *Bulinus globosus* : les escargots les plus petits sont les plus sensibles à l'action de la plante.

Cependant, des exemples de l'effet inverse sont également connus. LEMMA et YAU en 1974 ont démontré que l'extrait butanolique des baies de *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées) était plus efficace sur des spécimens de *Biomphalaria glabrata* de 10 à 15 mm de diamètre que sur des individus de 1 à 3 mm.

PEREIRA et DE SOUZA en 1974 ont montré un modèle similaire d'action molluscicide avec un extrait hexanique d'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiacées) : les mollusques adultes sont plus sensibles que les formes nouvellement écloses de *Biomphalaria glabrata*.

1.2. Stade de vie des mollusques :

Les œufs des mollusques sont également plus ou moins sensibles aux traitements molluscicides.

PEREIRA et DE SOUZA en 1974 dans leur étude de l'activité molluscicide de l'extrait hexanique de la coque d'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiacees) ont montré que les oeufs étaient beaucoup moins sensibles que les escargots adultes ou nouvellement éclos.

Pour certaines plantes, l'activité ovicide est totalement nulle. C'est le cas par exemple pour l'extrait butanolique des baies de *Phytolacca dodecandra* étudié par LEMMA et YAU en 1974. Alors que les mollusques adultes *Biomphalaria glabrata* et *Bulinus* sp. sont très sensibles, les oeufs ne sont absolument pas touchés pour une concentration de 100 mg.l⁻¹. (Cf tableau n°1)

Un mécanisme d'action particulier semble expliquer ce manque général d'activité ovicide : en effet les plantes molluscicides agissent sur les mollusques adultes en grande partie par ingestion, et dans une moindre mesure par un passage trans-membranaire. Ce dernier mécanisme étant le seul possible au niveau des oeufs, cela explique la sensibilité moindre de ces derniers. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

Comme nous l'avons vu plus haut, le manque d'activité ovicide est un inconvénient, puisque l'application des substances molluscicides devra être renouvelée un certain nombre de fois sur plusieurs semaines voire sur plusieurs mois.

2. Facteurs liés à la plante molluscicide :

2.1. Variation qualitative et quantitative du matériel végétal :

Un très grand nombre de facteurs sont à l'origine d'une variation qualitative ou quantitative dans les constituants molluscicides des plantes.

Parmi ces facteurs on trouve tout d'abord des variations génétiques faisant apparaître différentes variétés au sein d'une même espèce. C'est le cas par exemple dans le genre *Ambrosia* (Composées), qui compte trois espèces étroitement reliées entre elles : *Ambrosia maritima* rencontrée dans les régions méditerranéennes ; *A. senegalensis*, son homologue d'Afrique tropicale ; et *A. artemisiifolia* d'Amérique du Nord. (DUNCAN, 1985)

La composition chimique d'une plante peut ensuite varier en fonction de son origine géographique, ceci étant lié à des caractéristiques géologiques (nature du sol) et climatiques (température, niveau des précipitations). C'est la raison pour laquelle l'adaptation d'une plante pour la culture dans une région différente de sa

région d'origine n'aboutira pas forcément à un produit intéressant en tant que molluscicide. Par exemple, les graines d'*Ammi visnaga* Lam. (Ombellifères) poussant spontanément sur le pourtour méditerranéen contiennent des constituants molluscicides qui sont représentés par des coumarines et des chromones, alors que cette même plante cultivée en Arizona donne des graines en abondance, mais malheureusement dépourvues de ces constituants. (LUGT, 1983)

La constitution chimique des plantes subit également des variations saisonnières et même diurnes. Les baies de *Phytolacca dodecandra* par exemple possèdent une activité molluscicide maximale au mois de mai-juin, correspondant à une concentration maximale des constituants molluscicides à ce moment-là. (NDAMBA et al, 1989)

Enfin l'âge et même le sexe de la plante entraînent des variations de la composition chimique. Ainsi dans la famille des Dicotylédones (qui représente la majorité des plantes étudiées ici), les plantes femelles sont généralement plus toxiques que les plantes mâles. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982)

2.2. Forme d'utilisation de la plante :

Les plantes à visée molluscicide sont principalement utilisées sous trois formes : sous une forme fraîche, sous une forme sèche (généralement réduite en poudre) ou bien sous forme d'extraits. Ces extraits peuvent eux-mêmes être obtenus à partir d'un matériel frais ou bien à partir d'un matériel préalablement séché. Certaines plantes seront plus actives sous l'une ou l'autre forme, il conviendra donc de définir au départ au cours de l'évaluation du pouvoir molluscicide en laboratoire la forme idéale de la plante étudiée.

Evidemment la forme sèche pulvérisée sera préférable pour des raisons économiques. Il sera possible de l'utiliser chaque fois que les constituants chimiques seront solubles dans l'eau. C'est le cas notamment de la poudre de T.A.N. obtenue à partir des gousses de graines d'*Acacia nilotica* (L.) Willd. (Légumineuses Mimosacées) ; le procédé de spray-sec mis au point par HUSSEIN AYOUB diminue la CL_{100} d'un extrait aqueux de 150 à 50 mg.l⁻¹. (HUSSEIN AYOUB, 1982b)

De la même manière, l'activité molluscicide d'*Anagallis arvensis* L. (Primulacées) et d'*Atriplex halimus* L. (Chénopodiacées) est beaucoup plus importante lorsque ces deux plantes sont utilisées sous forme de poudre sèche plutôt que sous forme d'extrait éthanolique ou acétonique. (SHOEB et al, 1986)

Cependant, il existe un inconvénient majeur à l'utilisation de matériel végétal sous forme sèche ; en effet il faut un certain délai pour que ce matériel s'humidifie dans le milieu aquatique et tombe au fond, à l'endroit où se situent les mollusques. Mais dans les grands habitats comme les lacs et les barrages, ainsi que dans les cours d'eau, ce délai peut permettre aux courants et aux vagues d'entraîner ce matériel loin de l'habitat des mollusques. (STURROCK et DUNCAN, 1983)

2.3. Nature du solvant extractif :

Comme nous l'avons vu un peu plus haut, les préparations molluscicides agissent sur les escargots par ingestion ou plus vraisemblablement par passage transmembranaire. Par conséquent ces préparations devront être apportées sous forme de solutions, et une extraction du matériel végétal sera donc nécessaire. Le solvant employé est choisi en fonction de la solubilité des constituants chimiques (Cf chapitre 3, paragraphe 1.4.). Différents types de solvants sont utilisés : solvants aqueux, solvants alcooliques (méthanol, éthanol) ou solvants lipophiles (chloroforme, éther).

Par exemple, DUNCAN en 1985 a montré que les solvants aqueux des baies de *Phytolacca dodecandra* produisaient de plus grandes quantités de saponines mono-osidiques actives que les solvants organiques. En effet la libération du groupement carboxylique estérifié nécessaire à l'activité s'effectue naturellement dans l'extrait aqueux par l'intervention d'une enzyme.

Au contraire, les fruits de *Tetrapleura tetraptera* Taub. (Légumineuses Mimosacées), plante médicinale nigérienne renfermant aussi des saponosides triterpéniques mais de type oléanique seulement, sont beaucoup plus actifs en extrait méthanolique qu'en extrait aqueux ($CL_{100} = 1,5 \text{ mg.l}^{-1}$ et 50 mg.l^{-1} , respectivement). (ADEWUNMI et al, 1982 ; KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

En étudiant l'activité molluscicide de *Phytolacca dodecandra*, LEMMA et LEMMA en 1979 ont signalé une amélioration de l'activité lorsqu'une suspension aqueuse de baies pulvérisées est fermentée pendant quelques jours, bien qu'une fermentation prolongée détruise l'effet molluscicide. L'activité molluscicide est ainsi multipliée par sept (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). Cette découverte donna le jour à un nouveau procédé d'extraction : l'extraction par eau et fermentation. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

2.4. Temps d'exposition des mollusques :

D'une manière générale, les essais pratiqués sur les plantes molluscicides ont été réalisés avec une durée d'exposition moyenne de 24 heures. Certaines plantes, beaucoup plus actives, entraînent une mortalité totale des mollusques en quelques heures seulement.

Mais il a été montré que ces plantes n'étaient pas forcément les plus intéressantes pour une utilisation sur le terrain. En effet, le matériel végétal doit plutôt libérer ses constituants actifs lentement de telle sorte que l'effet sur les populations de mollusques soit prolongé ; ainsi on peut pallier un manque éventuel d'activité ovicide par exemple, puisque tous les mollusques nouvellement éclos seront détruits au fur et à mesure de leur apparition.

Ainsi des essais ont été réalisés récemment afin de mettre au point des formulations molluscicides lentement diffusibles présentant un certain nombre d'avantages : une prolongation du temps de contact avec les mollusques ; une diminution des quantités de molluscicide à introduire dans l'environnement et une réduction du coût d'application. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

3. Facteurs environnementaux :

Trois grands types de facteurs environnementaux peuvent affecter le pouvoir molluscicide : une instabilité des constituants chimiques dans l'eau ; une adsorption de ces constituants sur certains matériaux et enfin certains phénomènes naturels propres au milieu aquatique.

L'instabilité des constituants molluscicides dans l'eau peut être le résultat de plusieurs facteurs agissant indépendamment ou en se combinant : le pH pouvant entraîner une hydrolyse ; l'irradiation ultra-violette ; la décomposition bactérienne des constituants chimique. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

On constate par exemple une influence du pH sur l'activité molluscicide des baies de *Phytolacca dodecandra* : alors qu'elle n'est aucunement modifiée pour des pH compris entre 4 et 9, on constate par contre qu'elle diminue nettement au-dessous de 3 et au-dessus de 10. (LEMMA, 1970)

Des extraits de feuilles de *Bidens pilosa* L. (Composées) et de racines de *Tagetes patula* L. (Composées) sont activés par des irradiations ultra-violettes, leur

CL₁₀₀ cercaricide diminuant de 30 fois jusqu'à 0,01 mg.l⁻¹. Ces deux plantes sont donc hautement efficaces à la surface de l'eau, à l'endroit même où les cercaires sont concentrées. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

Les constituants molluscicides peuvent faire l'objet d'une adsorption sur divers matériaux dans le milieu aquatique : la vase, la bourbe, les macrophytes, les algues, des matières en suspension dans l'eau (matières fécales, débris organiques...). L'indice de turbidité de l'eau représentera donc un élément important à connaître pour apprécier l'activité à attendre d'une préparation molluscicide. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

Enfin, certains phénomènes naturels peuvent modifier l'activité d'un produit molluscicide dans le milieu aquatique. C'est le cas notamment de la température de l'eau qui influence positivement ou négativement la sensibilité des mollusques. Avec *Phytolacca dodecandra* par exemple, on observe une augmentation de la sensibilité des mollusques avec une augmentation de la température. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

Le vent et les courants jouent habituellement un rôle néfaste sur l'activité des produits molluscicides. Ainsi, le traitement des eaux dormantes est plus facile et plus simple que celui des eaux courantes ; en effet en eau calme le molluscicide pourra entrer assez facilement en contact avec les mollusques visés et son action sera prolongée. Le traitement des eaux fluctuantes (cours d'eau, rivières...) demandera par conséquent des concentrations plus importantes de produit molluscicide. (STURROCK et DUNCAN, 1983)

Le pouvoir molluscicide d'une plante particulière représente donc une notion très peu constante, qui dépend de très nombreux facteurs d'ordre varié. Ceci explique les résultats fort divergents obtenus par différents investigateurs à propos d'une même plante. De plus, le manque de précisions qui caractérise la plupart des rapports ne permet pas une analyse comparative des résultats.



CHAPITRE 3 – LUTTE CONTRE LES MOLLUSQUES VECTEURS DE LA BILHARZIOSE PAR LES PLANTES MOLLUSCICIDES :

DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROGRAMME DE CONTRÔLE.

Lorsqu'une plante a été reconnue comme possédant des propriétés molluscicides certaines et applicables sur le terrain, un programme de contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose utilisant cette plante peut alors être envisagé.

Ce chapitre a pour but d'énumérer les différentes étapes d'un tel programme, de la préparation du matériel végétal molluscicide jusqu'à son application sur le terrain, toutes ces étapes nécessitant si possible la participation des communautés rurales de la zone d'endémie traitée.

Nous donnerons enfin dans ce chapitre quelques exemples concrets de programmes d'action molluscicide utilisant des plantes.

1. Préparation du matériel végétal molluscicide :

1.1. Obtention des plantes molluscicides :

L'un des principaux critères demandés à une plante molluscicide est ou bien de pousser abondamment au niveau même ou près des sites de transmission de la bilharziose, ou bien de pouvoir être cultivée à grande échelle à ce niveau-là. On distinguera donc deux grands types de sources molluscicides :

- les plantes d'origine sauvage ;
- les plantes de culture.

L'intérêt de la disponibilité des plantes au niveau des sites d'endémie réside dans un coût nettement amoindri, puisqu'on n'est plus tributaire de l'importation de ces produits.

1.1.1. Plantes d'origine sauvage :

Elles ne présentent guère d'intérêt dans un programme de contrôle des mollusques à grande échelle. En effet elles sont trop souvent présentes en quantité insuffisante au niveau des sites d'endémie. Certaines d'entre elles cependant restent inappropriées pour une culture à grande échelle et sont obligatoirement récoltées à l'état sauvage. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

1.1.2. Plantes de culture :

La culture d'une plante est en quelque sorte la « domestication » d'une plante sauvage. Sa croissance dépend de l'environnement, du climat, de la longueur du jour, de l'altitude, de caractéristiques liées au sol.

Les plantes de culture présentent un certain nombre d'avantages. Entre autres, elles seront disponibles à l'endroit même où l'on en a besoin, et on pourra les utiliser immédiatement après la récolte et une courte transformation. Ceci présente un intérêt en particulier lorsque la croissance maximum de la plante coïncide avec le pic saisonnier de la transmission de la bilharziose (ce qui est le cas pour *Phytolacca dodecandra*, comme nous l'avons vu au chapitre 2).

D'autre part, la culture d'une plante présente l'avantage de pouvoir sélectionner certaines variétés qui seront plus productives ; plus résistantes à diverses agressions telles que les pesticides, la sécheresse, etc... ; dont la toxicité sera diminuée ; et enfin dont le pouvoir molluscicide aura été amélioré par une augmentation quantitative et/ou qualitative des constituants chimiques (LUGT, 1983). Par exemple, un programme de contrôle des mollusques réalisé avec *Phytolacca dodecandra* en Ethiopie par LEMMA en 1978 se heurta à des problèmes d'approvisionnement insuffisant en baies et de dommages par les insectes ; ces problèmes furent en grande partie résolus par la sélection de souches cultivées avec une grande efficacité et résistantes aux insectes. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

Cependant, il existe certaines limites à la culture de plantes molluscicides. En effet, les fermiers peuvent se montrer réticents à cause du manque croissant de terres arables dans les régions d'endémie. C'est la raison pour laquelle il faudra préférer des plantes déjà cultivées sur place dans un but alimentaire ou autre, encore faudra-t-il que les parties molluscicides soient différentes des parties alimentaires (exemples :

Tomate = *Lycopersicum esculentum* Mill., Solanacées ; Poivrier = *Capsicum frutescens* L., Solanacées ; Tabac = *Nicotiana tabacum* L., Solanacées ; Olivier = *Olea europea* L., Oléacées ; Igname = *Dioscorea rotundata* Poir., Dioscoréacées... ; ou bien on choisira d'implanter la culture à grande échelle de plantes déjà connues dans la région pour posséder certaines propriétés (médicinales, insecticides...) (exemple : Rue = *Ruta chalepensis* L., Rutacées...). Sinon, la nouvelle culture risquerait de ne pas être considérée comme la principale par les fermiers et ne serait pas réalisée aux endroits où les conditions sont optimales. (LUGT, 1983)

Ainsi, pour être le mieux acceptées possible par les fermiers, ces plantes doivent nécessairement remplir certaines conditions : elles doivent notamment avoir une demande en eau modérée afin d'épargner un tâche d'arrosage difficile aux fermiers ; elles ne doivent pas nécessiter un ombrage trop important ; enfin elles ne doivent pas imposer de grandes exigences vis-à-vis du sol.

De plus, des opérations comme la taille, la fertilisation, le contrôle des mauvaises herbes, des maladies et des nuisances ne doivent pas imposer un travail trop lourd à ces fermiers.

La taille est indispensable lorsque la partie molluscicide est constituée par les fruits, puisqu'elle favorise la formation des pousses, les seules parties à partir desquelles les inflorescences émergent. On préconise en général une taille annuelle.

Les fertilisants ne doivent pas être indispensables à la croissance car ils entraînent un coût trop élevé.

Les mauvaises herbes étouffent les cultures. Un moyen de pallier à leur apparition consiste à espacer les plantes de manière à ce que le sol soit entièrement recouvert. Lorsque cela n'est pas possible, on doit procéder au sarclage régulier de la culture. (LUGT, 1983)

1.2. Récolte des plantes :

La récolte dans les fermes et les villages est réalisée à la main ou avec des outils simples. Les fruits, les graines, les feuilles et les branches sont cueillis à la main et rassemblés dans des paniers. Les plantes entières sont coupées à l'aide d'une faucille ou d'une machette, ou bien elles sont déracinées et transportées dans des sacs ou des ballots. Les racines et autres organes souterrains ainsi que les écorces sont plus difficiles à récolter car nécessitent un matériel spécialisé, donc plus coûteux.

La bonne période pour récolter sera déterminée lorsque la plante ou la partie de plante atteint l'efficacité molluscicide maximale et lorsque la plus grande quantité de produit final est disponible. (LUGT, 1983)

1.3. Transformation : (LUGT, 1983)

Cette transformation comprend le séchage, le lavage, le broyage et le stockage. On obtient un produit final qui sera utilisé tel quel ou qui sera soumis à une extraction.

Les organes non volumineux comme les graines, les baies sont plus faciles et moins coûteux à transformer que des feuilles encombrantes, des racines ou des fruits juteux.

1.3.1. Séchage :

Afin de préserver les composés actifs pendant une période suffisamment longue, le séchage doit aboutir à un matériel ne contenant plus que 5% d'humidité.

Les températures de séchage doivent être assez élevées pour stopper rapidement l'activité enzymatique, mais pas trop élevées non plus pour ne pas détruire le matériel végétal ou évaporer des composés volatiles qui seraient d'importants molluscicides. Le temps de séchage doit être aussi court que possible pour éviter une fermentation ou une pourriture. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

La méthode de séchage la plus simple et la moins coûteuse consiste à étendre les parties de plante sur un sol propre et les laisser sécher au soleil. Un séchage à plus grande échelle est réalisé dans des hangars aérés, ce qui protège le matériel d'une détérioration par les champignons.

1.3.2. Nettoyage :

Après un séchage optimal, les particules de terre sont tamisées et les parties de plante non désirées ainsi que les mauvaises herbes éliminées. Un produit propre donnera une activité molluscicide maximale.

1.3.3. Broyage :

Plus les particules de matériel végétal seront petites, plus la pénétration dans la solution sera facile.

Ce broyage sera réalisé dans un mortier avec un pilon dans les villages les moins évolués ; ou bien avec un moulin électrique dans les villages plus évolués. Cependant, dans ce dernier cas il faudra bien connaître les problèmes toxicologiques que peuvent engendrer ces plantes, car le moulin du village est destiné à d'autres utilisations, et notamment il sert à broyer les aliments.

1.3.4. Stockage :

Le matériel destiné à être stocké doit être préalablement emballé de sorte qu'il ne perde pas son efficacité au cours du stockage. On utilise des sacs en plastique, des boîtes scellées ou bien des récipients en plastique avec un couvercle à vis.

Dans ces deux dernières opérations, la poussière de la plante peut induire des réactions allergiques dans certains cas (baies de *Phytolacca dodecandra* par exemple). Des précautions devront donc être prises pour se protéger (port de gants,...).

Le produit final ainsi obtenu pourra être utilisé sous cette forme pour le contrôle des mollusques. Néanmoins il devra être soluble dans l'eau, ce qui n'est pas toujours le cas.

Cependant, dans la plupart des cas une extraction de ce produit final est nécessaire pour obtenir un niveau d'activité molluscicide intéressant.

1.4. Extraction :

Les avantages d'appliquer le matériel végétal sous forme d'extraits sont nombreux. Ils renferment en effet les parties les plus efficaces des substances actives, et surtout en plus grande quantité puisqu'elles sont concentrées. Ces extraits sont aussi dosables avec une plus grande précision et sont plus faciles à appliquer qu'un matériel non préparé. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

On distingue divers types d'extraits : aqueux, organiques classiques, lipophiles, et un procédé mis au point plus récemment qui est une extraction par eau/fermentation.

Le solvant d'extraction est choisi en fonction de la solubilité des constituants actifs, d'où l'intérêt de connaître la nature de ces constituants.

L'extraction aqueuse, quand elle est possible, est préférable en raison de l'appareillage très simple qu'elle nécessite, et donc de son faible coût. Elle peut se réaliser avec de l'eau froide (à température ambiante) ou de l'eau chaude (décoc-tion, infusion). L'extraction à l'eau chaude est plus efficace qu'à l'eau froide lorsque les constituants actifs sont peu solubles dans l'eau.

L'extraction par des solvants organiques ou lipophiles demande déjà un appareillage plus sophistiqué donc plus cher ; à ce coût supplémentaire s'ajoute celui des solvants qu'il faut importer. Comme solvant organique on peut employer l'éthanol, le butanol et comme solvant lipophile le chloroforme et l'éther. (DUNCAN et STURROCK, 1983)

2. Application du matériel végétal molluscicide :

2.1. Détermination de la quantité de matériel végétal à appliquer :

Lors de l'utilisation des plantes molluscicides à l'intérieur des sites naturels, le problème majeur qui se pose dans un premier temps est de connaître la quantité exacte de matériel végétal à appliquer de manière à obtenir la concentration désirée dans le site à traiter. Pour cela, il est nécessaire de connaître le volume de ce point d'eau. Ceci est relativement facile lorsqu'il s'agit d'une mare ou d'un point d'eau fermé : il suffit de mesurer la superficie ainsi que la profondeur en différents endroits et d'en prendre la moyenne. Pour un canal ou un cours d'eau, la largeur et la profondeur de l'eau sont mesurées en plusieurs points également espacés tout le long du cours d'eau, et les mesures moyennes sont utilisées pour l'estimation du volume d'eau. On peut négliger le débit de l'eau. (EL-SAWY et al, 1984)

2.2. Différentes techniques d'application :

La technique d'application la plus simple et la plus ancienne avait été préconisée très tôt par ARCHIBALD et WAGNER en 1930 avec les palmiers du genre *Balanites* (KLOOS et MC CULLOUGH, 1982). Cette technique a ensuite été reprise pour *Phytolacca dodecandra* : il suffisait de planter des buissons de cette plante le long des canaux et des cours d'eau peuplés de mollusques et de provoquer simplement la chute des baies dans l'eau. Malheureusement, on avait compté sans les oiseaux qui se précipitaient sur les baies, c'est pourquoi la plupart disparaissaient avant même d'avoir pu tomber dans l'eau. De plus, on découvrit un peu plus

tard que ces baies qui étaient fendues n'auraient pu réduire la population de mollusques. (LUGT, 1983)

Une autre méthode très simple d'application consiste à propager une plante fraîchement coupée, entière ou en parties, intacte ou découpée en morceaux, dans le site d'endémie à traiter. Mais en fait très peu de plantes s'avèrent actives contre les mollusques de cette manière.

Il est également possible d'ancrer le matériel végétal dans des sacs ou des filets avec des pierres, mais les constituants actifs risquent de se perdre.

En réalité, on est amené la plupart du temps à extraire les constituants actifs de la plante. La préparation molluscicide se présente donc sous forme d'un liquide. Ce liquide pourra être déversé directement dans le site ou bien vaporisé par une technique de pulvérisation simple (LUGT, 1983). Une pulvérisation aérienne a été réalisée avec un molluscicide synthétique au Soudan, alors qu'une application par goutte-à-goutte s'est effectuée en Egypte. (KLUMPP et CHU, 1987)

Cependant, dans la perspective d'une participation de la communauté locale au projet de contrôle des mollusques, on doit s'en tenir à des méthodes d'application simples et efficaces. La méthode de dispersion de la solution molluscicide dans l'eau semble donc être le meilleur procédé dans cette optique-là.

2.3. Différents modes d'application du matériel molluscicide :

Deux approches fondamentales du contrôle des mollusques par une action molluscicide peuvent être envisagées : une action molluscicide large ou focale.

2.3.1. Application molluscicide large :

Cette première approche insiste sur le contrôle des mollusques plutôt que sur le contrôle de la transmission de la maladie. Le molluscicide est appliqué dans tous les points d'eau d'une région, sans tenir compte des endroits où s'effectue plus précisément la transmission de la maladie.

Pour les molluscicides synthétiques, ce mode d'application à grande échelle a été expérimenté pour les grands réseaux d'irrigation, avec d'ailleurs beaucoup plus d'échecs que de succès. (KLUMPP et CHU, 1987)

Cependant, ce mode d'application n'est pratiquement jamais utilisé pour les molluscicides d'origine végétale, car il présente l'inconvénient de nécessiter une quantité trop importante de matériel.

2.3.2. Application molluscicide focale :

Cette deuxième méthode, plus récente, consiste à appliquer le produit molluscicide en se limitant aux régions et aux foyers spécifiques où la transmission est connue ou suspectée, et de calculer la durée des opérations de telle sorte que les mollusques infectés n'aient aucune chance de se développer.

La raison fondamentale de ce type d'application molluscicide réside dans le fait que la prévalence et l'intensité de la bilharziose ainsi que la transmission ne sont pratiquement jamais distribuées au hasard dans les régions d'endémie.

Ainsi la stratégie d'une action molluscicide focale est de distribuer le produit au moment convenable dans les régions ou foyers où il est nécessaire. Ces foyers peuvent avoir une importance variable allant d'une étendue de canaux à des points de transmission individuels, ces foyers étant situés à l'intérieur des villages ou proches des villages où le contact de l'homme avec l'eau est important. (KLUMPP et CHU, 1987)

2.4. Rythme des applications :

La détermination du rythme des applications est essentiellement basée sur deux éléments :

- l'abondance des mollusques à certaines périodes de l'année ;
- la durée d'action du molluscicide.

L'abondance des mollusques et des infections à cercaires concomitantes fluctue en réponse à des conditions climatiques locales et saisonnières. Le nombre de mollusques infectés qui survivent à l'hiver et transportent leur infection d'une année à l'autre, le pourcentage d'infestation de nouvelles générations de mollusques et le temps requis pour le développement des cercaires sont des facteurs importants pour le choix et la durée des mesures de contrôle.

Ainsi la transmission peut être limitée, dépendant de la présence d'eau, durant certaines périodes de l'année, et les mesures de contrôle des mollusques ne sont

nécessaires qu'à certains moments de l'année et pour des périodes limitées. Dans d'autres régions par contre, où l'eau et la température se maintiennent à des niveaux stables, les populations de mollusques et la production de cercaires sont maximales tout au long de l'année. Dans ce cas les actions molluscicides doivent se maintenir tout au long de l'année et le rythme des applications sera alors fonction de la durée de vie du produit molluscicide. (WEBBE, 1983)

A titre d'exemple, une expérience a été réalisée avec *Ambrosia maritima* L. (Composées) en Basse-Egypte. Dans cette région, la transmission de la bilharziose est saisonnière et débute en mai. La plante appliquée à ce moment-là commence à réduire les populations d'escargots deux semaines après le traitement et atteint une activité maximale 1 à 5 semaines après. Une fois réduit, le nombre de mollusques se maintient à un niveau bas jusqu'à la fin de l'année, c'est-à-dire jusqu'à la fin de la saison de transmission.

Il est possible par conséquent qu'une application annuelle unique effectuée au début de la saison de transmission puisse contrôler celle-ci pendant toute la saison. (EL-SAWY et al, 1987)

Une expérience identique réalisée avec *Swartzia madagascariensis* Desv. (Légumineuses) en Tanzanie a abouti à la même conclusion. (SUTER et al, 1986)

3. Participation des communautés rurales locales :

La participation des communautés rurales au contrôle des mollusques est une notion fondamentale dans les programmes de lutte contre la bilharziose. En effet, la science et la technologie ne peuvent contribuer à résoudre les problèmes de santé communautaires que si la population concernée s'associe pleinement aux prestataires de soins dans l'action de prévention et de promotion de la santé.

La participation de la population signifie qu'après une prise de conscience les membres de la communauté s'associent et assument de concert avec les professionnels de la santé et autres personnels, la responsabilité des décisions et des activités de soins de santé.

Afin que cette participation de la population locale s'effectue de la meilleure façon possible, un certain nombre de conditions doivent être réunies.

Tout d'abord on ne saurait parler d'implication de la communauté sans que celle-ci ait acquis une perception claire de la maladie en tant que problème de santé communautaire, ce qui passe par une éducation sanitaire de la population. Cette éducation aura pour objet d'enseigner aux gens ce que sont les schistosomoses comme affections ainsi que le cycle de développement des parasites, le mode de contamination, les manifestations cliniques, le diagnostic et les moyens de traitement et de prévention de la maladie. Il faudra bien faire comprendre à la population qu'en fait c'est elle-même qui entretient la transmission, et que l'éradication de la maladie passe dans un premier temps par une modification de son comportement.

Une fois que les populations auront bien pris conscience du problème réel, l'acceptation de participer activement au programme de lutte sera beaucoup plus facile. Cette participation englobera en réalité un certain nombre d'actions :

- lutte contre la transmission en évitant le contact avec l'eau ;
- lutte contre le péril fécal par un assainissement (installation de latrines par exemple) ;
- aménagement des lieux de contact avec l'eau (lavoirs...) ;
- acceptation de la chimiothérapie ;
- destruction des mollusques.

(GUIGEMDE, 1989).

En ce qui concerne la lutte contre les mollusques par l'utilisation de plantes molluscicides, le point le plus délicat sera peut-être de faire accepter la culture de ces plantes par les fermiers. En effet, ce qui caractérise principalement ces régions sous-développées de haute endémicité est le manque de terres arables. Cependant, cette culture sera mieux acceptée si la plante en question possède d'autres actions, déjà connues et utilisées par les populations.

Enfin, les moyens mis en œuvre pour la réalisation des différentes étapes du programme d'action molluscicide devront être les plus simples possibles de manière à rester à la portée de ces villages relativement pauvres. Ces moyens concernent la culture, la récolte, la transformation et l'application de la plante molluscicide.

Les activités de la communauté rurale sont placées sous la surveillance d'un travailleur de santé au niveau du village, chargé de contrôler l'efficacité des activités de contrôle en cours ; il doit de plus stimuler activement cette communauté pour participer, au travers de l'éducation sanitaire notamment.

Les activités du travailleur de santé du village sont supervisées par des équipes sanitaires au niveau du district, elles-mêmes sous la tutelle du Ministère de la Santé par le biais de docteurs en médecine, de vétérinaires ou de biologistes. (CHRISTENSEN et al, 1989)

Des opérations de contrôle de la bilharziose faisant intervenir les communautés rurales ont déjà été réalisées avec succès, en Ethiopie et en Egypte notamment. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

4. Exemples de programmes d'action molluscicide employant des plantes :

Dans le passé certaines plantes ont été préconisées et utilisées à petite échelle pour un contrôle effectif des mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose. En 1939, MOZLEY recommandait la propagation et la culture de *Derris elliptica* Benth. (Légumineuses Papilionacées) dans de petites plantations près des lacs en Tanzanie, en utilisant le travail des populations locales. Au Mozambique, pays plus grand producteur de noix de Cajou (*Anacardium occidentale* L., Anacardiacees), un programme de contrôle des mollusques utilisant les noix les plus puissantes semble avoir donné des résultats encourageants, d'après L. REY dans une communication personnelle en 1982. (KLOOS et MC CULLOUGH, 1983)

A l'heure actuelle, de nombreuses plantes molluscicides s'étant révélées opérationnelles au cours d'études dans des conditions naturelles sont en cours de préparation pour une application à grande échelle dans le cadre d'un programme de lutte contre les mollusques transmettant la bilharziose, les plus importantes d'entre elles étant *Phytolacca dodecandra* L'Herit. (Phytolaccacées), *Ambrosia maritima* L. (Composées), *Swartzia madagascariensis* Desv. (Légumineuses),... Cependant aucun rapport concernant l'utilisation régulière de ces plantes n'est encore paru à ce jour.

Toutefois, KUO en 1983 a rapporté l'intégration de plusieurs plantes molluscicides dans un programme de lutte contre la bilharziose à *Schistosoma japonicum* en République de Chine. Utilisées régulièrement par les fermiers dans un plan de contrôle à long terme soutenu par une infrastructure, un support financier et technique appropriés, ces plantes maintiennent les populations du mollusque hôte intermédiaire *Oncomelania hubensis* à des niveaux très bas.

Les graines oléagineuses de *Camellia oleosa* Lour. (Ternstoemiacées) servent à la fabrication d'un « gâteau » ou « tea-cake » utilisé par les villageois comme engrais et comme savon pour laver les vêtements. D'une très faible toxicité pour les mammifères et d'un coût relativement réduit, ces « gâteaux » servent aussi au contrôle des mollusques.

Largement répandu en Chine, *Rhododendron molle* G. Don. (Ericacées) est utilisé comme insecticide. Ses fleurs ont également des propriétés molluscicides.

Les graines de *Croton tiglium* L. (Euphorbiacées) sont insecticides et molluscicides.

L'huile essentielle de *Belamcanda chinensis* Red. (Iridiées) est utilisée comme remède traditionnel contre les maux de gorge. Largement répandue dans tout le pays, ses tiges et ses racines sont également utilisées contre *Oncomelania hubensis*. (KUO, 1983)

CONCLUSION

La bilharziose est un véritable fléau qui sévit dans les pays tropicaux et subtropicaux, et qui s'étend dans plusieurs pays en voie de développement par manque de moyens humains et surtout financiers.

L'intérêt porté aux plantes molluscicides par suite de l'abandon des produits synthétiques pour le contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de cette maladie s'est traduit par une recherche active dans ce domaine ; les résultats obtenus sont assez encourageants et permettent de dire que les plantes molluscicides constituent un moyen de lutte réellement utilisable. C'est ainsi que les pays qui n'ont absolument pas les moyens de recourir aux techniques classiques pourraient utiliser ces plantes comme un moyen de lutte complémentaire dans le but de limiter la progression de la maladie dans une région donnée. En effet, ce moyen ne permet pas à lui seul de contrôler la transmission ; l'utilisation de plantes en tant que molluscicides doit être associée à un certain nombre d'autres mesures dans le cadre d'un programme de lutte intégrée, comprenant une éducation sanitaire de la population, une amélioration des conditions d'hygiène et si possible une chimiothérapie de masse.

L'emploi de plantes molluscicides dans des programmes de lutte contre les mollusques transmettant la bilharziose a fait apparaître une notion jusque-là inconnue avec les molluscicides synthétiques : la participation des communautés rurales locales à l'action molluscicide. Cette collaboration, lorsqu'elle intervient, présentera des intérêts tout particuliers : tout d'abord elle signifiera que la population a vraiment pris conscience de ce que représente réellement cette maladie, et les mesures accompagnant l'action molluscicide seront donc réalisées dans de bien meilleures conditions ; de plus en ce qui concerne l'action molluscicide en elle-même, elle permettra un coût réduit des campagnes de lutte puisqu'elle emploiera les ressources humaines locales, et donc des procédures très simplifiées pour les différentes étapes du programme.

Cependant la sélection de plantes utilisables dans un programme de contrôle des mollusques n'est pas toujours une tâche aisée. En effet, chaque plante candidate doit obligatoirement rentrer dans un cadre très étroit et remplir un certain nombre de conditions bien particulières, si bien que malgré le nombre important de nouvelles plantes expérimentées jusqu'à aujourd'hui, très peu offrent les critères de choix pour une application effective à grande échelle.

Mais de toute évidence, les résultats obtenus jusqu'à présent en Chine avec un certain nombre de plantes indigènes sur la transmission de la bilharziose à *Schistosoma japonicum* ne peuvent qu'encourager une utilisation plus universelle des plantes molluscicides, d'autant plus qu'un bon nombre d'entre elles se sont avérées plus que prometteuses (*Phytolacca dodecandra*, *Swartzia madagascariensis*...)

Parmi les classes de composés chimiques examinées, les saponines semblent les composés molluscicides les plus prometteurs, possédant un niveau d'activité égal à celui des agents synthétiques et présents en grande quantité dans les plantes.

Les tanins représentent par ailleurs une grande classe de composés molluscicides, malgré un niveau d'activité nettement inférieur par rapport aux saponines. En effet cette classe est digne d'intérêt en raison de sa grande abondance dans la nature.

Quoiqu'il en soit, de nombreuses classes de composés chimiques molluscicides restent à ce jour insuffisamment étudiées (comme les flavonoïdes par exemple), de même que de nombreuses plantes pourtant réputées pour contenir des principes actifs s'étant révélés molluscicides. Ainsi la conquête de nouvelles armes pour la lutte contre la bilharziose est loin d'être terminée ; cependant dans un proche avenir peut-on espérer remplacer totalement les molluscicides synthétiques par des produits végétaux au moins aussi efficaces et provoquant beaucoup moins de risques pour l'environnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ABDEL-ALIM, M., KAMEL, M.

Phytochemical and molluscicidal screening of three *Euphorbia* species.
Egypt. J. Bot., **24**, 231-233 (1984)

ABOU EL-HASSAN, A.A., SHOEB, H.A., RAFWAN, A.S., EMAM, M.A.,
EL-AMIM, S.W.

The molluscicidal properties of *Euphorbia lactea*.
In *Proceedings of the Tenth International Congress of Tropical Medicine and Malaria*, Abstract N° 586, Manila (1980)

ADESINA, S.K., ADEWUNMI, C.O., MARQUIS, V.O.

Phytochemical investigations of the molluscicidal properties of *Tetrapleura tetraptera* (Taub.).
J. Afr. Med. Plants, **3**, 7-15 (1980)

ADESINA, S.K., ADEWUNMI, C.O.

The isolation of molluscicidal agents from the root of *Clausena anisata* (Willd.) Oliv.
In Abstracts, *Fourth International Symposium on Medicinal Plants*, 44-45. Ile-Ife, Nigeria (1981)

ADJANOHOUN, E.J., AHYI, A.M.R., AKE ASSI, L., FLORET, J.J., GUINKO, S.,
KOUMARE, M., RAYNAL, J.

Médecine traditionnelle et pharmacopée, contribution aux études ethnobotaniques et floristiques au Mali.
Agence de coopération culturelle et technique, Paris (1981)

ADEWUNMI, C.O., SOFOWORA, E.A.

Preliminary screening of some plant extracts for molluscicidal activity.
Planta Med., **39**, 57-64 (1980a)

ADEWUNMI, C.O., MARQUIS, V.O.

Molluscicidal evaluation of some *Jatropha* species grown in Nigeria.
Q. J. Crude Drug Res., **18**, 141-145 (1980b)

ADEWUNMI, C.O., MARQUIS, V.O.

Laboratory and field trials of the molluscicidal property of *Calliandra portoricensis* (Jacq.) Benth.

Niger. J. Pharmacol., **12**, 305-306 (1981a)

ADEWUNMI, C.O., MARQUIS, V.O.

Laboratory evaluation of the molluscicidal properties of *Tetrapleura tetraptera* (Mimosaceae) of *Bulinus globosus*.

J. Parasitol., **67**, 713-716 (1981b)

ADEWUNMI, C.O., ADESINA, S.K., MARQUIS, V.O.

On the laboratory and field trials of *Tetrapleura tetraptera*.

Bull. Anim. Health Prod. Afr., **30**, 89-94 (1982)

ADEWUNMI, C.O., ADESOGAN, E.K.

Anthraquinones and oruwacin from *Morinda lucida* as possible agents in fascioliasis and schistosomiasis control.

Fitoterapia, **55**, 259-263 (1984)

ADEWUNMI, C.O., MARQUIS, V.O.

Comparative evaluation of the molluscicidal properties of Aridan (*Tetrapleura tetraptera*), Lapalapa pupa (*Jatropha gossypifolia*), Endod (*Phytolacca dodecandra*) and Bayluscide.

Fitoterapia, **58**, 325-328 (1987)

ADEWUNMI, C.O., BECKER, W., DÖRFLER, G.

Effect of a prolonged administration of sublethal concentrations of aridanin isolated from *Tetrapleura tetraptera* and bayluscide on the glycogen and protein content of *Biomphalaria glabrata*.

J. Ethnopharmacol., **24**, 107-114 (1988)

ADEWUNMI, C.O., APPELGREN, L.E.

The distribution of a potential molluscicide, 3H-aridanin in mice (*Mus musculus*) and snails (*Biomphalaria glabrata*).

Toxicol. Env. Chem., **191**, 199-216 (1989)

AGARWAL, R.A., SINGH, D.K.

Harmful gastropods and their control.

Acta. Hydrochim. Hydrobiol., **16**, 113-138 (1988)

- AHMED, E.H.M., BASHIR, A.K., EL-KHEIR, Y.M.
Investigations of molluscicidal activity of certain Sudanese plants used in folk medicine : 4.
Planta Med., **50**, 74-77 (1984)
- ALZERRECA, A., ARBOLETA, B., HART, G.
Molluscicidal activity of natural products : the effect of *Solanum* glycosidic alkaloids on *Lymnea cubensis* snails.
J. Agric. Univ. Puerto Rico, **57**, 69-72 (1981)
- ALZERRECA, A., HART, G.
Molluscicidal steroid glycoalkaloids processing stereoisomeric spirosolane structures.
Toxico. Lett., **12**, 151-155 (1982)
- AMORIN, J.P., PESSOA, S.B.
Experiencia de alguns vegetais como moluscicida.
Rev. Bras. Malariol. Doencas. Trop., **14**, 254-261 (1962)
- ANANTARAMAN, M.
Biological control of aquatic snails.
Indian J. Vet. Sci., **25**, 65-67 (1955)
- AYAD, N.
Snail control and some significant control projects, review.
Egypt. J. Bilh., **3**, 129-155 (1976)
- AZEVEDO, J.F., MEDEIROS, L.
L'action molluscicide d'une plante de l'Angola, la *Securidaca longipedunculata* Fresen., 1837.
Bull. Soc. Pathol. Exot., **56**, 68-76 (1963)
- BAALAWY, S.S.
Laboratory evaluation of the molluscicidal potency of a butanol extract of *Phytolacca dodecandra*.
Bull. W.H.O., **47**, 422-425 (1972)

BARBOSA, F.S., MELLO, D.A.

Molluscicidal activity of vegetal products.

Rev. Bras. Pesquisas Med. Biol., **2**, 264-266 (1969)

BARBOSA, F.S., COSTA, D.P.P.

A long-term schistosomiasis control project with molluscicides in a rural area of Brazil.

Ann. Trop. Med. Parasitol., **75**, 41-52 (1981)

BARRETT, P.O., ELLISON, P.R.

A continuous flow centrifuge for testing the presence of bilharzia cercariae in water.

Cent. Afr. J. Med., **11**, 338-340 (1965)

BARROS, D.A.D., LOPES, J.L.C., VICHNEWSKI, W., LOPES, J.N., KULANTHAIVEL, P., HERZ, W.

Sesquiterpene lactones in molluscicidal extracts of *Eremanthus glomerulatus*.

Planta Med., **1**, 38-39 (1985)

BERHAUT, J.

Flore illustrée du Sénégal, Tome 2.

Gouvernement du Sénégal. Ministère du développement rural. Direction des eaux et forêts, Dakar (1974)

BERRIOS-DURAN, L.A., RITCHIE, L.S., WESSAL, H.A.

Field tests on molluscicides against *Biomphalaria glabrata* in flowing water.

Bull. W.H.O., **39**, 316-320 (1968)

BOREL, C., GUPTA, M.F., HOSTETTMANN, K.

Molluscicidal saponins from *Swartzia simplex*.

Phytochemistry, **26**, 2685-2689 (1987)

BROBERG, G.

Molluscicidal effects of eucalyptus.

Vet. Rec., May **29**, 526 (1982)

BROOKER, R.M.

Chalepensisine, chalepin and chalepin acetate, three novel furocoumarins from *Ruta chalepensis*.

Lloydia, **30**, 73 (1967)

- BROSSAT, J.Y., CERF, P., COULANGES, P.
Etudes préliminaires des propriétés molluscicides d'extraits de *Polygonum*.
Arch. Inst. Pasteur Madagascar, **48**, 281-291 (1979)
- BRUMPT, L.
Les schistosomiasés.
Rev. Prat., **20**, 5-22 (1970)
- BRUNETON, J.
Eléments de phytochimie et de pharmacognosie.
Ed. Technique et Documentation Lavoisier, Paris (1987)
- CAPRON, A.
Perspectives vaccinales contre la bilharziose.
Bull. Acad. Natl. Med., **173**, 495-504 (1989)
- CARPANI, G., ORSINI, F., SISTI, M., VEROTTA, L.
Saponins from *Albizzia anthelmintica*.
Phytochemistry, **28**, 863-866 (1989)
- CHEN, S., SNYDER, J.K.
Diosgenin-bearing, molluscicidal saponins from *Allium vineale* : an NMR approach
for the structural assignment of oligosaccharide units.
J. Org. Chem., **54**, 3679-3689 (1989)
- CHENG, T.H.
Schistosomiasis in mainland China : a review of research and control programs
since 1949.
Am. J. Trop. Med. Hyg., **20**, 26-53 (1971)
- CHEUNG, C., DOUMENGE, J.P., GUERIN, B., VILLENAVE, D.
Intérêt et limites d'une cartographie des schistosomiasés humaines dans le monde.
Geo. Trop. **48**, 169-176 (1983)
- CHRISTENSEN, N.O., SIMONSEN, P.E., FURU, P.
Training elements at different levels in the strategies for control of schistosomiasis.
Trop. Med. Parasitol., **40**, 232-233 (1989)

CHU, K.Y., DAWOOD, I.K.

Cercarial transmission seasons of *Schistosoma mansoni* in the Nile Delta area.
Bull. W.H.O., **42**, 575-580 (1970)

CHU, K.Y., VANDERBURG, J.A., KLUMPP, R.K.

Transmission dynamics of miracidia of *Schistosoma haematobium* in the Volta Lake.

Bull. W.H.O., **59**, 555-560 (1981)

COWPER, S.G.

The effect of certain inorganic and vegetable substances on the English pond snail *Planorbis corneus* (Linné, 1758).

Ann. Trop. Med. Parasitol., **42**, 119-130 (1946)

DAFFALLA, A.A., AMIN, M.A.

Laboratory and field evaluation of the molluscicidal properties of habat-el-mollok (*Croton* spp.).

East Afr. J. Med. Res., **3**, 185-195 (1976)

DAHLGREN, R.M.

A revised classification of the angiosperms with comments on correlation between chemical and other characters.

In: *Phytochemistry and Angiosperm Phylogeny*, Ed. YOUNG, D.A. and SEIGLER, D.S., New-York : Praeger, 149-204 (1981)

DAVIS, A.

Epidemiology and control of schistosomiasis.

In : *Epidemiology and Community Health in Warm Climate Countries*, Ed. CRUICKSHANK, R., STANDARD, K.L. and RUSSELL, H.B.L., Churchill Livingstone, Edinburgh, 223-242 (1976)

DAZO, B.C., HAIRSTON, N.S., DAWOOD, I.K.

The ecology of *Bulinus truncatus* and *Biomphalaria alexandrina* and its implications for the control of bilharziasis in the Egypt-49 project.

Bull. W.H.O., **35**, 339-356 (1966)

DAZO, B.C.

Vector control of snail-mediated human trematode infections.

Drug Res., **34**, 1234-1236 (1984)

DE VASCONCELLOS, M.C., SCHALL, V.T.

Latex of « Coroa de Cristo » (*Euphorbia splendens*) : an effective molluscicide.

Mem. Inst. Oswaldo Cruz, **81**, 475-476 (1986)

DOMON, B., HOSTETTMANN, K.

Saponins with molluscicidal properties from *Lonicera nigra* L.

Helv. Chim. Acta., **66**, 422-428 (1983)

DORSAZ, A.C., HOSTETTMANN, M., HOSTETTMANN, K.

Molluscicidal saponins from *Sesbania sesban*.

Planta Med., **54**, 225-227 (1988)

DOSSAJI, S.F., KAIRU, M.G., GWONDE, A.T., OUMA, J.T.

On the evaluation of the molluscicidal properties of *Polygonum senegalense* forma *senegalense*.

Lloydia, **40**, 290-293 (1977)

DOS SANTOS FILHO, D., SARTI, S.J., VICHNEWSKI, W., BULHOES, M.S.,
DE FREITAS LEITAO FILHO, H.

Molluscicidal activity on *Biomphalaria glabrata* of a diterpene lactone and a flavone isolated from *Baccharis trimera* (Less.).

Rev. Fac. Farmacol. Odontol. Ribeirao Preto., **17**, 43-47 (1980)

DUNCAN, J., STURROCK, R.F.

Laboratory evaluation of potential plant molluscicides.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 251-265 (1983)

DUNCAN, J.

The toxicology of plant molluscicides.

Pharmacol. Ther., **27**, 243-264 (1985)

EL-EMAM, M.A., SHOEB, H.A.

Screening of some Egyptian herbs for molluscicidal activity.

Egypt. J. Bilh., **2**, 295-300 (1975)

EL-EMAM, M.A., MOHAMED, A.M., SHOEB, H.A., EL-SHAFIEE, M.F.

The effect of damsine and Bayluscide homologue on the oxygen consumption of *Biomphalaria alexandrina* and *Bulinus truncatus*.

Helminthologia, **18**, 125-130 (1981)

EL-EMAM, M.A., EL-EMAM, S.M., SHOEB, H.A.

The molluscicidal activity of Euphorbiaceae : I. *Euphorbia lactea* (Haw.).

Helminthologia, **19**, 227-236 (1982)

EL-EMAM, M.A., SHOEB, H.A., EBID, F.A., REFAI, L.A.

Snail control by *Calendula micrantha officinalis*.

J. Egypt. Soc. Parasitol., **16**, 563-571 (1986)

EL-KHEIR, Y.M., EL-TOHAMI, M.S.

Investigation of molluscicidal activity of certain Sudanese plants used in folk-medicine.

J. Trop. Med. Hyg., **82**, 237-247 (1979)

EL-SAWY, M.F., BASSIOUNY, H.K., EL MAGDOUB, A.I.

Biological combat of schistosomiasis, *Ambrosia maritima* (damsissa) for snail control.

J. Egypt. Soc. Parasitol., **11**, 99-117 (1981)

EL-SAWY, M.F., DUNCAN, J., MARSHALL, T.F.C., SHEHATA, M.A.R., BROWN, N.

The molluscicidal properties of *Ambrosia maritima* L. (Compositae). 2. Results from a field trial using dry plant material.

Tropenmed. Parasit., **35**, 100-104 (1984)

EL-SAWY, M.F., DUNCAN, J., AMER, S., EL-RUWEINI, H., BROWN, N., HILLS, M.

The molluscicidal properties of *Ambrosia maritima* L. (Compositae). 3. A comparative field trial using dry and freshly-harvested plant materiel.

Trop. Med. Parasitol., **38**, 101-105 (1987)

ENGLER, A., DRUDE, O.

Die Vegetation der Erde. Band 9 : Die Pflanzenwelt Afrikas.

Verlag Von Wilhelm ENGELMANN, Leipzig (1915)

ENGLER, A., HARMS, H.

Die Natürlichen Pflanzenfamilien, Band 16c.

Ed. DUNCKER & HUMBLOT, Berlin (1960)

EVANS, N.A., WHITFIELD, P.J., SQUIRE, B.J., FELLOWS, L.E., EVANS, S.V.,
MILLOTT, S.M.

Molluscicidal activity in the seeds of *Millettia thonningii* (Leguminosae :
Papilionoideae).

Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg., **80**, 451-453 (1986)

FANG, M.Y.

A plant highly effective for killing snails.

Shengwuxue Tongbao, **3**, 110 (1959)

FARNSWORTH, N.R., LOUB, W.D., QUINN, M.L., CORDELL, G.A.,
SOEJARTO, D.D.

A computerized natural products information system.

J. Nat. Prod., **42**, 689 (1979)

FARNSWORTH, N.R., HENDERSON, T.O., SOEJARTO, D.D.

Plants with potential molluscicidal activity.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York,
131-204 (1983)

FAROOQ, M., HAIRSTON, N.G.

The epidemiology of *Schistosoma haematobium* and *S. mansoni* infections in the
Egypt-49 project area : 4. Measurement of the incidence of bilharzia.

Bull. W.H.O., **35**, 331-338 (1966)

FERGUSON, F.K.

The role of biological agents in the control of Schistosome-bearing snails.

Centers for Disease Control, Atlanta, Georgia (1978)

FRISCHKORN, C.G.

Cercarial activity of some essential oils of plants from Brazil.

Naturwissenschaften, **65**, 480-483 (1978)

GAFNER, F., MSONTHI, J.D., HOSTETTMANN, K.

Phytochemistry of African plants : 3. Molluscicidal saponins from *Talinum tenuissimum* Dinter.

Helv. Chim. Acta, **68**, 555-558 (1985)

GAFNER, F., CHAPUIS, J.C., MSONTHI, J.D., HOSTETTMANN, K.

Cytotoxic naphthoquinones, molluscicidal saponins and flavonols from *Diospyros zombensis*.

Phytochemistry, **26**, 2501-2503 (1987)

GEVREY, K., MICHAEL, S., EUZEBY, J.

Mise en évidence de la toxicité d'un complexe algal sur la faune aquatique.

Vet. Med. Comp. Lyon, **74**, 191-194 (1976)

GOLSE, J.

Précis de matière médicale.

Ed. DOIN et C^{ie}, Paris (1955)

GOLVAN, Y.J.

Eléments de parasitologie médicale : schistosomiases.

Ed. FLAMMARION, 4ème édition, 160-188 (1983)

GUIGEMDE, T.R.

Education pour la santé, eau et assainissement dans la lutte contre les schistosomiases.

Trop. Med. Parasitol., **40**, 223-225 (1989)

GUNZINGER, J., MSONTHI, J.D., HOSTETTMANN, K.

Molluscicidal saponins from *Cussonia spicata*.

Phytochemistry, **25**, 2501-2503 (1986)

HAMBURGER, M., GUPTA, M., HOSTETTMANN, K.

Coumarins from *Polygala paniculata*.

Planta Med., **3**, 215-217 (1985)

HARANT, H., DELAGE, A.

Parasitologie médicale et pathologie exotique.

Ed. Librairie Maloine, 6ème édition, Paris, 184-193 (1971)

HARDMANN, R., SOFOWORA, E.A.

A reinvestigation of *Balanites aegyptiaca* as a source of steroidal sapogenins.

Econ. Bot., **26**, 169-173 (1972)

HENDERSON, T.O., FARNSWORTH, N.R., MYERS, T.C.

Biochemistry of recognized molluscicidal compounds of plant origin.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 109-130 (1983)

HIRSCHHORN, H.H.

Botanical remedies of South and Central America, and the Caribbean :an archival analysis, part. I.

J. Ethnopharm., **4**, 129-158 (1981)

HOLLER, C., LAPIERRE, J.

Notions épidémiologiques et cliniques de parasitologie, Tome IV.

Le Concours Medical, suppl. au n°12, 179-193 (1974)

HOPF, H.S.S., DUNCAN, J., BEESLEY, J.S.S., WEBLEY, D.J., STURROCK, R.F.

Molluscicidal properties of organotin and organolead compounds with particular reference to triphenyllead acetate.

Bull. W.H.O., **36**, 955-961 (1967)

HOSTETTMANN, K.

Saponins with molluscicidal activity from *Hedera helix* L.

Helv. Chim. Acta, **63**, 606-609 (1980)

HOSTETTMANN, K.

On the use of plants and plant-derived compounds for the control of schistosomiasis.

Naturwissenschaften, **71**, 247-251 (1984)

HOSTETTMANN, K., HOSTETTMANN-KALDAS, M., NAKANISHI, K.
Molluscicidal saponins from *Cornus florida* L.
Helv. Chim. Acta, **61**, 1990-1995 (1978)

HOSTETTMANN, K., KIZU, H., TOMIMORI, T.
Molluscicidal properties of various saponins.
Planta Med., **44**, 34-35 (1982)

HOSTETTMANN, K., MARSTON, A.
Plant molluscicide research - an update.
In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York,
299-320 (1983)

HOSTETTMANN, K., FISCHER, N.H., FRONCZEK, F.R., VARGAS, D.
The molecular structure of 7 α -hydroxy-3-desoxyzaluzanin C ; a molluscicidal
sesquiterpene lactone.
J. Nat. Prod., **47**, 1036-1039 (1984)

HUSSEIN AYOUB, S.M.
Molluscicidal properties of *Acacia nilotica*.
Planta Med., **46**, 181-183 (1982a)

HUSSEIN AYOUB, S.M.
Tan - a new molluscicide and algicide from the fruits of *Acacia nilotica*.
J. Chem. Technol. Biotechnol., **32**, 728-734 (1982b)

HUSSEIN AYOUB, S.M.
Molluscicidal properties of *Acacia nilotica* subspecies *tomentosa* and *astringens*.
Fitoterapia, **54**, 183-187 (1983)

HUSSEIN AYOUB, S.M.
Effect of the galloyl group on the molluscicidal activity of tannins.
Fitoterapia, **55**, 343-345 (1984a)

HUSSEIN AYOUB, S.M.
Polyphenolic molluscicides from *Acacia nilotica*.
Planta Med., **50**, 532 (1984b)

HUSSEIN AYOUB, S.M., YANKOV, L.K.

Molluscicidal properties of the Sudan Acacias.

Fitoterapia, **58**, 363-366 (1987)

HUTCHINSON, J.

The Families of Flowering Plants, Vol.1, Dicotylédones.

Ed. MACMILLAN & Co, LTD, 2d ed., St Martin's St., London (1959)

IAROTSKI, L.S., DAVIS, A.

The schistosomiasis problem in the world : results of a W.H.O. questionnaire survey.

Bull. W.H.O., **59**, 115-127 (1981)

INSTITUTE OF PARASITIC DISEASES.

Collection of the Studies on Schistosomiasis Japonica

Chinese Academy of Medical Sciences, 451-456 (1956)

JOHNS, T., GRAHAM, K., SWAIN, T., TOWERS, G.H.N.

Molluscicidal activity of affinin and other isobutylamides from the Asteraceae.

Phytochemistry, **21**, 2737-2738 (1982)

JOHNSON, A.L.

Structure elucidation and molluscicide evaluation of the major saponin from the berries of *Phytolacca americana*.

Diss. Abs., **35(b)**, 731-732 (1974)

JORDAN, P., WEBBE, G.

Human schistosomiasis.

Ed. HEINEMANN, London (1969)

JORDAN, P.

Schistosomiasis - Research to control.

Am. J. Trop. Med. Hyg., **26**, 877-886 (1977)

JORDAN, P., WEBBE, G.

Schistosomiasis : Epidemiology, Treatment and Control.

Ed. HEINEMANN, London (1982)

- JORDAN, P., BARTHOLOMEW, R.K., GRIST, E., AUGUSTE, E.
Evaluation of chemotherapy in the control of *Schistosoma mansoni* in Marquis Valley, Saint Lucia.
Am. J. Trop. Med. Hyg., **31**, 76-86 (1982)
- KHAND, M.A.J., QUADRI, M.A.H.
Determination of lethal doses of *Artemisia* and *Taramira* oils in comparison with DDT and lindane against full grown larvae of *Anopheles stephensi* Liston (Culicidae).
Agric. Pakistan., **25**, 21-33 (1974)
- KLOOS, H., MC CULLOUGH, F.S.
Plant molluscicides.
Planta Med., **46**, 195-209 (1982)
- KLOOS, H., MC CULLOUGH, F.S.
Plants with recognized molluscicidal activity.
In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 45-108 (1983)
- KLOOS, H., LIM, K.C., HEYNEMAN, D.
Preliminary screening of some Egyptian and Ethiopan plants for molluscicidal activity and observations on a possible method for natural snail control.
Unpublished Report (1982a)
- KLOOS, H., GARDINER, C.H., SELIM, A., HIGASHI, G.I.
Laboratory and field evaluation of a direct filtration technique for recovery of schistosome cercariae.
Am. J. Trop. Med. Hyg., **31**, 122-127 (1982b)
- KLOOS, H., WAITHAKA THIONGO, F., OUMA, J.H., BUTTERWORTH, A.E.
Preliminary evaluation of some wild and cultivated plants for snail control in Machakos District, Kenya.
J. Trop. Med. Hyg., **90** : in press (1987)
- KLUMPP, R.K., CHU, K.Y.
Focal mollusciciding : an effective way to augment chemotherapy of schistosomiasis.
Parasitology Today, **3**, 74-76 (1987)

KOEMAN, J.H.

Toxicologic screening of molluscicidal plant products.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 245-249 (1983)

KUBO, I., MATSUMOTO, T.

Deacetylisenenulin, a molluscicide from the desert plant *Psathyrotes ramosissima*.
Agric. Biol. Chem., **48**, 3147-3149 (1984a)

KUBO, I., MATSUMOTO, T., KOZUKA, M., CHAPYA, A., NAOKI, H.

Quinazoline alkaloids from the African medicinal plant *Calpurnia aurea* :
Molluscicidal activity and structural study by 2D-NMR.
Agric. Biol. Chem., **48**, 2839-2841 (1984b)

KUO, Y.H.

Plant molluscicide studies in the People's Republic of China.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 289-298 (1983)

LAURENS, A., BELOT, J., DELORME, C.

Activité molluscicide de l'*Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae).
Ann. Pharm. Fr., **45**, 471-473 (1987)

LEMMA, A.

A preliminary report on the molluscicidal property of endod (*Phytolacca dodecandra*).

Ethiop. Med. J., **3**, 187-190 (1965)

LEMMA, A.

Laboratory and field evaluation of the molluscicidal property of *Phytolacca dodecandra*.

Bull. W.H.O., **42**, 597-617 (1970)

LEMMA, A., BRODY, G., NEWELL, C.W., PARKHURST, R.M., SKINNER, W.A.

Endod (*Phytolacca dodecandra*), a natural product molluscicide, increased potency with butanol extraction.

J. Parasitol., **58**, 104-107 (1972)

LEMMA, A., YAU, P.

Studies on the molluscicidal properties of endod (*Phytolacca dodecandra*), III
Ethiop. Med. J., **12**, 109-114 (1974)

LEMMA, T., LEMMA, A.

New approaches to endod (*Phytolacca dodecandra*) extraction : a comparative study.

In : *Studies on the molluscicidal and other properties of the endod plant Phytolacca dodecandra*, Ed. LEMMA, A., HEYNEMAN, D., KLOOS, H.,

Unpublished Report, Department of Epidemiology and International Health, University of California, San Francisco, 216-219 (1979)

LITCHFIELD, J.T., WILCOXON, F.

A simplified method of evaluating dose-effect experiments.

J. Pharmacol. Exp. Ther., **96**, 99-113 (1949)

LOPES, J.N.C., LOPES, J.L.C., VICHNEWSKI, W., NASI, A.M.T.T., SOUZA, C.P.

Preliminary screening of Brazilian plant extracts for molluscicidal activity : part. II.
Planta Med., **55**, 388 (1989)

LUGT, C.B.

Phytolacca dodecandra berries as a mean of controlling Bilharzia-transmitting snails.

Ed. LITHO PRINTERS, Addis Ababa (1981)

LUGT, C.B.

Feasibility of growth and production of molluscicidal plants.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 231-244 (1983)

MAHASSEN, A.A., MOHSEN, K.

Phytochemical and molluscicidal screening of three *Euphorbia* species.

Egypt. J. Bot., **24**, 231-233 (1981)

MAHRAN, G.H., SALEH, M., EL-HOSSARY, G.M., MOTAWA, H.M.,
MOHAMED, A.M.

A contribution to the molluscicidal activity of *Canna indica* L. Family Cannaceae
as a method of control of *Schistosoma*.

Egypt. J. Bilharz., **1**, 279-286 (1974)

MAHRAN, G.H., EL-HOSSARY, E.A., SALEH, M., MOTAWA, H.M.

Isolation and identification of certain molluscicidal substances in *Canna indica* L.

J. Afr. Med. Plants, **1**, 107-119 (1977)

MAILLARD, M., ADEWUNMI, C.O., HOSTETTMANN, K.

New triterpenoid N-acetylglycosides with molluscicidal activity from *Tetrapleura
tetraptera* Taub.

Helv. Chim. Acta, **72**, 668-674 (1989)

MAKANGA, B., ODYEK, O.

Mollusc-killing agents from *Khaya grandifolia*.

Trop. Med. Parasitol., **40**, 117-118 (1989)

MANSON-BAHR, P.H.

Manson's Tropical Diseases.

Ed. WILLIAMS and WILKINS, 14th ed., 716, Baltimore (1954)

MAO, S.P., KUO, Y.H., TAN, H.Q., YU, S.Z., LU, T.Y., HU, S.L.

Studies on the eradication of Oncomelania snail.

Ed. Shanghai Science and Technology Publishing House, 2nd ed., 122-125, Shanghai
(1963)

MARSTON, A., MSONTHI, J.D., HOSTETTMANN, K.

Phytochemistry of African plants : 1. Naphtoquinones of *Diospyros usambarensis*
: their molluscicidal and fungicidal activities.

Planta Med., **50**, 279-280 (1984a)

MARSTON, A., MSONTHI, J.D., HOSTETTMANN, K.

On the reported molluscicidal activity from *Tephrosia vogelii* leaves.

Phytochemistry, **23**, 1824-1825 (1984b)

- MARSTON, A., HOSTETTMANN, K.
Plant molluscicides.
Phytochemistry, **24**, 639-652 (1985)
- MARSTON, A., GAFNER, F., DOSSAJI, S.F., HOSTETTMANN, K.
Fungicidal and molluscicidal saponins from *Dolichos kilimandscharicus*.
Phytochemistry, **27**, 1325-1326 (1988)
- MATOS, M.E.O., TOMASSINI, T.C.B.
Wedelin, a saponin from *Wedelia scaberrima*.
J. Nat. Prod., **46**, 836-840 (1983)
- MEDINA, F.R., WOODBURY, R.
Terrestrial plants molluscicidal to lymnaeïd hosts of *Fasciola hepatica* in Puerto Rico.
J. Agric. Univ. Puerto Rico, **63**, 366-376 (1979)
- MEDINA, F.R., RITCHIE, L.S.
Molluscicidal activity of the Puerto Rican weed, *Solanum nodiflorum* Jacquin., against snail hosts of *Fasciola hepatica*.
Econ. Bot., **34**, 368-375 (1980)
- MENDES, N.M., PEREIRA, J.P., SOUZA, C.P., OLIVEIRA, M.L.L.
Ensaïos preliminares em laborat6rio para verificar a aç6o moluscicida de algumas esp6cies da flora brasileira.
Rev. S6u de P6bl. S6o Paulo, **18**, 348-354 (1984)
- MKOJI, G.M., NJUNG'E, K., KIMANI, G., KOFI-TSEKPO, W., MUNGAI, B.N., KAMAU, T., MUTHAURA, G., KIBAYA, R.M., WAMBAYI, E.
Molluscicidal activity of *Solanum aculeatum* (Family : Solanaceae) berries against *Biomphalaria pfeifferi*, *Bulinus globosus* and *Lymnea natalensis*.
Trop. Med. Parasitol., **40**, 119-120 (1989)
- MOTT, K.E.
Schistosomiase : nouveaux objectifs.
Sant6 du monde, **D6c.**, 3-4 (1984)

MOYSE, H., PARIS, R.R.

Précis de matière médicale.

Ed. MASSON, Paris, Tome I, 2^{ème} éd. (1976) ; Tome II, 2^{ème} éd. (1981) ; Tome III (1971).

MOZLEY, A.

Freshwater mollusca of the Tanganyika Territory and the Zanzibar Protectorate, and their relation to human schistosomiasis.

Trans. R. Soc. Edinburgh, **59**, 687-730 (1939)

MOZLEY, A.

The control of Bilharzia in Southern Rhodesia.

Ed. Rhodesian Printing and Publishing Co., Salisbury (1944)

MSANGI, A.S., ZELLER, C.

Investigations in the molluscicidal effects of *Sapindus saponaria* on the bilharzia vector snail, *Bulinus (Physopsis) africanus*.

Proc. East Afr. Acad., **3**, 52-57 (1965)

MUDDATHIR, A.K., BALANSARD, G., TIMON-DAVID, P., BABADJAMIAN, A., YAGOUB, A.K., JULIEN, J.

Anthelmintic properties of *Polygonum glabrum*.

J. Pharm. Pharmacol., **39**, 296-300 (1987)

MULEY, E.B.

Biological and chemical control of snail vector *Melania scabra* (Gastropoda : Prosobranchia).

Bull. Zool. Surv. India, **1**, 1-5 (1978)

NAKANISHI, K., KUBO, I.

Studies on warburganal, muzigadial and related compounds.

Isr. J. Chem., **16**, 28-31 (1977)

NAKANISHI, K.

Recent studies on bioactive compounds from plants.

J. Nat. Prod., **45**, 15-26 (1982)

NDAMBA, J., CHANDIWANA, S.K., MAKAZA, N.

The use of *Phytolacca dodecandra* berries in the control of trematode-transmitting snails in Zimbabwe.

Acta. Tropica, **46**, 303-309 (1989)

OTIENO, L.H.

Observations on the action of sisal waste on freshwater pulmonate snails.

East Afr. Agric. Forest. J., **32**, 68-71 (1966)

PANT, G., SATI, O.P.

Search for molluscicidal agents : saponins from *Agave cantala* leaves.

Int. J. Crude Drug Res., **25**, 35-38 (1987)

PARIS, M., HURABIELLE, M.

Abrégé de matière médicale.

Ed. MASSON, Paris, Tome I et II (1981)

PARKHURST, R.M., THOMAS, D.W., SKINNER, W.A., CARY, L.W.

Molluscicidal saponins of *Phytolacca dodecandra* : oleanoglycotoxin A.

Phytochemistry, **12**, 1437-1442 (1973a)

PARKHURST, R.M., THOMAS, D.W., SKINNER, W.A., CARY, L.W.

Molluscicidal saponins of *Phytolacca dodecandra* : lemmatoxin C.

Indian J. Chem., **11**, 1192-1195 (1973b)

PARKHURST, R.M., THOMAS, D.W., SKINNER, W.A., CARY, L.W.

Molluscicidal saponins of *Phytolacca dodecandra* : lemmatoxin.

Can. J. Chem., **52**, 702-705 (1974)

PARKHURST, R.M.

The chemotaxonomy of *Phytolacca* species.

Ind. J. Chem., **13**, 757-758 (1975)

PEREIRA, J.P., DE SOUZA, C.P.

Ensaio preliminares com *Anacardium occidentale* como moluscicida.

Cienc. Cult., **26**, 1054-1057 (1974)

- PEREIRA, J.P., DE SOUZA, C.P., MENDES, M.M.
Molluscicidal properties of the *Euphorbia cotinifolia* L.
Rev. Bras. Pesquisas Med. Biol., **11**, 345 (1978)
- PEREIRA, J.P., DE SOUZA, C.P., MENDES, M.M.
Molluscicidal properties of the *Euphorbia cotinifolia* L.
Rev. Bras. Pesquisas Med. Biol., **18**, 135-143 (1980)
- PESIGAN, T.P., HAIRSTON, N.G., JAUREGUI, J.J., GARCIA, E.G., SANTOS, A.T., SANTOS, B.C., BESA, A.A.
Studies on *Schistosoma japonicum* infection in the Philippines : 2. The molluscan host.
Bull. W.H.O., **18**, 481-578 (1958)
- PITCHFORD, R., VISSER, P.S.
The role of naturally infected rodents in the epidemiology of schistosomiasis in the Eastern Transvaal.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., **56**, 126-135 (1962)
- PLANK, H.K.
All parts of the desert date toxic to snails.
Annual Report of the U.S. Department of Agriculture, AES Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico, 24 (1945)
- PURCHIO, A., CAMPOS, R.
Molluscicidal activity of aflatoxin.
Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo, **13**, 236-238 (1970)
- RANSFORD, O.N.
Schistosomiasis in the Kota Kota District of Nyasaland.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., **41**, 617-625 (1948)
- RAO, V.P., CHOWDARY, V.D., NARAYANA, R.
Effect of aqueous tobacco extract on the bioenergetic parameters of the host snail *Lymnaea luteala*.
In Proceedings of the Tenth International Congress of Tropical Medicine and Malaria, Abstract N°578, Manila (1980)

RAVELONJATO, B., KUNESCH, N., POISSON, J.E.

Neoflavonoids from the stem bark of *Calophyllum verticillatum*.

Phytochemistry, **26**, 2973-2976 (1987)

RENNO, R.

Contribuição ao estudo das Characeae para a combate a esquistossome.

An. R. Acad. Farm. (Madrid), **38**, 688-699 (1972)

RITCHIE, L.S., HILLYER, G.V., CUSHING, E.C.

Molluscicidal and cercaricidal activities of substances contained in tissues of certain plants.

Milit. Med., **8**, 795-798 (1963)

ROUQUAYROL, M.Z., SOUSA, M.P., MATOS, F.J.A.

Actividade moluscicida de *Pithecellobium multiflorum*.

Rev. Soc. Bras. Med. Trop., **7**, 11-19 (1973)

ROUQUAYROL, M.Z., FONTELES, M.C., ALENCAR, J.E., MATOS, F.J.A., CRAVEIRO, A.A.

Molluscicidal activity of essential oils from the Brazilian northeast plants.

Rev. Bras. Pesquisas Med. Biol., **13**, 135-143 (1980)

ROWAN, W.B.

A simple device for determining population density of *Schistosoma mansoni* cercariae in infected waters.

J. Parasitol., **43**, 696-697 (1957)

ROWAN, W.B.

The ecology of schistosome transmission foci.

Bull. W.H.O., **33**, 63-71 (1965)

RUFFINO, L.

Estudio sobre las propiedades molusquisidas de algunas plantas Venezolanas.

Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Departamento Investigaciones Aplicadas, Servicio Investigaciones en Molusquisidas, Maracay, Venezuela (1975)

SALEH, M.M., SHABANA, M., TORKI, M.A.

Phytochemical and molluscicidal studies on *Hedychium gardnerianum* and its possible use in control of bilharzia.

Planta Med., **45**, 138-139 (1982)

SALITERNIK, Z., WITENBERG, G.

Investigations on the control of bilharziasis vectors in Israel.

Bull. W.H.O., **21**, 161-177 (1959)

SANDT, D.G.

Evaluation of an overlay technique for the recovery of *Schistosoma mansoni* cercariae.

Bull. W.H.O., **47**, 125-127 (1972)

SANDT, D.G.

Direct filtration for recovery of *Schistosoma mansoni* cercariae in the field.

Bull. W.H.O., **48**, 27-34 (1973)

SATI, O.P., PAUL, G., HOSTETTMANN, K.

Potent molluscicides from *Asparagus*.

Pharmazie, **39**, 581 (1984)

SATI, O.P., RANA, U., CHAUKIYAL, D.C., MADHUSUDANAN, K.P., BHAKUNI, D.S.

Molluscicidal triterpenoidal glycosides of *Xeromphis spinosa*.

Planta Med., **53**, 530-532 (1987)

SCOTT, D., SENKER, K., ENGLAND, E.C.

Epidemiology of human *Schistosoma haematobium* infection around Lake Volta, Ghana.

Bull. W.H.O., **60**, 89-100 (1982)

SHERIF, A.P., EL-SAWY, M.F.

Molluscicidal action of Egyptian herbs : I. Laboratory experimentation.

Alexandria Med. J., **8**, 139-148 (1962)

SHOEB, H.A., EL-EMAM, M.A.

The molluscicidal properties of natural products from *Ambrosia maritima*.

Egypt. J. Bilharziasis, **3**, 157-167 (1976)

- SHOEB, H.A., EL-EMAM, M.A., EL-SAYED, M.M.
The molluscicidal activity of Primulaceae and Chenopodiaceae.
J. Egypt. Soc. Parasitol., **16**, 607-616 (1986)
- SHOEB, H.A., EL-EMAM, M.A., SAAD, A.M., MOHAMED, M.A.
Molluscicidal activity of *Fagonia cretica* and *Atriplex leucoclada*.
J. Egypt. Soc. Parasitol., **17**, 539-546 (1987)
- SILVA, M.J.M., SOUSA, M.P., ROUQUAYROL, M.Z.
Atividade moluscicida de plantas do nordeste Brasileiro.
Rev. Bras. Farm., **52**, 117-123 (1971)
- SINGH, D.K., AGARWAL, R.A.
Correlation of the anticholinesterase and molluscicidal activity of the latex of
Euphorbia royleana on the snail *Lymnea acuminata*.
J. Nat. Prod., **47**, 702-705 (1984)
- SOINE, T.O., ABU-SHADY, H.
The chemistry of *Ambrosia maritima* L. I. The isolation and preliminary
characterization of Ambrosin and Damsin.
J. Am. Pharm. Ass., **47**, 387-395 (1953)
- SOINE, T.O.
Naturally occurring coumarins and related physiological activities.
J. Pharm. Sci., **53**, 231-260 (1964)
- SOUSA, M.P., ROUQUAYROL, M.Z., SILVA, M.J.M.
Atividade moluscicida de plantas do nordeste Brasileiro.
Rev. Bras. Farm., **51**, 1-9 (1970)
- SOUSA, M.P., ROUQUAYROL, M.Z.
Molluscicidal activity of plants from northeast Brazil.
Rev. Bras. Pesquisas Med. Biol., **7**, 389-393 (1974)
- STURROCK, R.F.
Field studies on the population dynamics of *Biomphalaria glabrata* (Say),
intermediate host of *Schistosoma mansoni* on Saint Lucia, West Indies.
Int. J. Parasitol., **3**, 169-174 (1973a)

STURROCK, R.F.

Field studies on the transmission of *Schistosoma mansoni* and on the bionomics of its intermediate host *Biomphalaria glabrata* on Saint Lucia, West Indies.
Int. J. Parasitol., **3**, 175-194 (1973b)

STURROCK, R.F., KARAMSADKAR, S.J., OUMA, J.

Schistosome infection rates in field snails : *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria pfeifferi* from Kenya.
Ann. Trop. Med. Parasitol., **73**, 369-375 (1979)

STURROCK, R.F., DUNCAN, J.

Field evaluation of plant molluscicides.

In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 267-288 (1983)

SULLIVAN, J.T., RICHARDS, C.S., LLOYD, H.A., KRISHNA, G.

Anacardic acid : molluscicide in cashew nut shell liquid.
Planta Med., **44**, 175-177 (1982)

SUTER, R., TANNER, M., BOREL, C., HOSTETTMANN, K., FREYVOGEL, T.A.

Laboratory and field trials at Ifakara (Kilombero District, Tanzania) on the plant molluscicide *Swartzia madagascariensis*.
Acta Tropica, **43**, 69-83 (1986)

TEESDALE, C.

Freshwater molluscs in the Coast Province of Kenya with notes on an indigenous plant and possible use in the control of bilharzia.
East Afr. Med. J., **31**, 351-365 (1954)

TESFAIGZI, N.

Comparative screening of some molluscicidal suspected plants.
B. Sc. Thesis, Addis Ababa University (1978)

TEKLE, A.

Molluscicidal property of *Sesbania sesban*.
Ethiop. Med. J., **15**, 131-132 (1977)

- THERON, A.
A differential filtration technique for the measurement of schistosome cercarial densities in standing water.
Bull. W.H.O., **57**, 971-975 (1979)
- TOMASSINI, T.C.B., MATOS, M.E.O.
On the natural occurrence of 15 α -tiglinoyl-oxy-kaur-16-en-19-oic acid.
Phytochemistry, **18**, 663-664 (1979)
- TORREALBA, J.F., SCORZA, J.Y., SANABRIA, M.S., VASQUEZ, A.D., RAMOS, B.I., RICCARDI, B., JORDAN, L.S.
Nota preliminar sobre la accion malaquisita del fruto de paraparo (*Sapindus saponaria*).
Gac. Med. Caracas, **61**, 299-307 (1953)
- TRINGALI, C., PIATTELLI, M., NICOLOSI, G., HOSTETTMANN, K.
Molluscicidal and antifungal activity of diterpenoids from Brown Algae of the Family Dictyotaceae.
Planta Med., **5**, 404-406 (1986)
- UPATHAM, E.S.
Exposure of caged *Biomphalaria glabrata* (Say) to investigate dispersion of miracidia of *Schistosoma mansoni* Sambon in out door habitats in Saint Lucia.
J. Helminthol., **46**, 297-306 (1972)
- UPATHAM, E.S.
Field studies on the bionomics of the free-living stages of Saint Lucian *Schistosoma mansoni*.
Int. J. Parasitol., **6**, 239-245 (1976)
- VASSILIADES, G., DIAW, O.T.
Action molluscicide d'une souche sénégalaise d'*Ambrosia maritima* : 1. Essais en laboratoire.
Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., **33**, 401-406 (1980)
- VASSILIADES, G., DIAW, O.T., DIOUF, V., SARR, Y.
Action molluscicide d'une souche sénégalaise d'*Ambrosia maritima* : 2. Essais dans les conditions naturelles.
Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop., **35**, 179-189 (1982)

WAGNER, V.A.

The possibility of eradicating bilharzia by extensive planting of the tree *Balanites*.
South Afr. Med. J., **10**, 10-11 (1936)

WARREN, K.S.

Schistosomiasis : past, present and future.
Mem. Inst. Oswaldo Cruz, **82**, 25-29 (1987)

WEBBE, G.

Transmission of bilharziasis : 1. Some essential aspects of snail population dynamics and their study.
Bull. W.H.O., **33**, 147-153 (1965a)

WEBBE, G.

Transmission of bilharziasis : 2. Production of cercariae.
Bull. W.H.O., **33**, 155-162 (1965b)

WEBBE, G.

The effect of water velocities on the infection of animals exposed to *Schistosoma mansoni* cercariae.
Ann. Trop. Med. Parasitol., **60**, 78-84 (1966)

WEBBE, G.

Molluscicides in the control of schistosomiasis.
In : *Plant Molluscicides*, Ed. MOTT, K.E., John WILEY & Sons LTD, New-York, 1-26 (1983)

WEBBE, G.

Treatment of schistosomiasis.
Eur. J. Clin. Pharmacol., **32**, 433-436 (1987)

W.H.O.

Molluscicide screening and evaluation.
Bull. W.H.O., **33**, 567-581 (1965)

W.H.O.

Lutte contre les mollusques et prévention de la bilharziose.
W.H.O. Série des Monographies, **50**, 1-181 (1967)

W.H.O.

La lutte contre la schistosomiase.

W.H.O. Série Rapp. Techniques, **515**, 1-51 (1973)

W.H.O.

Immunology of schistosomiasis.

Bull. W.H.O., **51**, 533-595 (1974)

W.H.O.

Epidémiologie de la schistosomiase et lutte antischistosomiase.

W.H.O. Série Rapp. Techniques, **643**, 1-69 (1980)

W.H.O.

Reports of the Scientific Working Group on Plant Molluscicides.

T.D.R. (SCH - SWG), **4**, 83 (1983)

YASURAOKA, K.

Laboratory evaluation of the molluscicidal properties of triterpenoid saponin, a molluscicidal fraction from endod (*Phytolacca dodecandra*), against *Oncomelania nosophora*.

Unpublished W.H.O. Document, *W.H.O. / SCHISTO*, 71-78 (1971)

YASURAOKA, J., IRIE, Y., TAKAMURA, H., HASHIGUCHI, J., SANTOS, M.J., SANTOS, A.T.

Laboratory and field assessment of the molluscicidal activity of « gogo » (*Entada phaseoloides*) against the amphibious intermediate host of *Schistosoma japonicum*.

Japn. J. Exp. Med., **47**, 483-487 (1977)

YASURAOKA, J., HASHIGUCHI, J., BANEZ, E.A.

Laboratory assessment of the molluscicidal activity of the plant *Croton tiglium* against *Oncomelania* snails.

In *Proceedings of the Philippine-Japan Joint Conference on Schistosomiasis Research and Control*, Abstract N° **106**, Manila : Japan International Cooperation Agency (1979a)

YASURAOKA, J., HASHIGUCHI, J., BLAS, B.S.

Laboratory assessment of the molluscicidal activity of the *Jatropha curcas* against *Oncomelania* snails.

In *Proceedings of the Philippine-Japan International Cooperation Agency* (1979b)

YOHANNES, L.W., LEMMA, T., LEMMA, A.

New approaches to endod (*Phytolacca dodecandra*) extraction.

Sinet (Ethiop. J. Sci.), 2, 121-127 (1979)

YOKE MARCHANT, Y., ABEYSEKERA, B.F., BALZA, F., TOWERS, G.H.N.

Molluscicidal activity of sesquiterpene lactones.

Biochem. Syst. Ecol., 12, 285-286 (1984)

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	13
CHAPITRE 1 - RAPPELS SUR LA BILHARZIOSE.....	15
A/ GÉNÉRALITÉS.....	15
B/ HISTORIQUE.....	16
C/ LES PARASITES RESPONSABLES.....	17
D/ CYCLE DE DÉVELOPPEMENT.....	19
1. Début du cycle dans le milieu extérieur.....	19
2. Poursuite du cycle chez l'homme.....	20
E/ ÉPIDÉMIOLOGIE.....	25
1. Mode de contamination.....	25
2. Etude épidémiologique en fonction des différentes espèces de schistosomes	26
F/ PATHOGÉNIE.....	31
1. Phase d'invasion.....	31
2. Incubation.....	31
3. Phase toxémique.....	31
4. Phase de localisation.....	32
G/ DIAGNOSTIC.....	33
H/ LUTTE CONTRE LA BILHARZIOSE.....	33
1. Définition des programmes de lutte.....	33
1.1. Objectifs.....	33
1.2. Stratégie de lutte.....	34
2. Les méthodes de lutte.....	35

2.1. Lutte au niveau de la population humaine.....	36
2.2. Lutte au niveau de la population mollusque hôte intermédiaire.....	41
CHAPITRE 2 - PLANTES A VISÉE MOLLUSCICIDE.....	44
A/ GÉNÉRALITÉS SUR LES MOLLUSCICIDES.....	44
B/ HISTORIQUE DE L'UTILISATION DES PLANTES MOLLUSCICIDES.....	45
C/ CONDITIONS A REMPLIR PAR UNE PLANTE POUR ÊTRE UTILISÉE COMME MOLLUSCICIDE.....	47
D/ ÉTAPES DE L'ÉVALUATION DE L'ACTIVITÉ MOLLUSCICIDE D'UNE PLANTE.....	49
1. Sélection des plantes molluscicides.....	49
2. Évaluation de l'activité molluscicide en laboratoire.....	50
3. Évaluation de l'activité molluscicide dans des conditions naturelles.....	55
4. Étude toxicologique.....	62
E/ CLASSIFICATION DES PLANTES MOLLUSCICIDES.....	63
1. Présentation des plantes molluscicides.....	63
2. Différentes classes chimiques de principes molluscicides	
2.1. Composés terpéniques et stéroïdiques.....	106
2.1.1. Monoterpènes.....	106
2.1.2. Diterpènes.....	108
2.1.3. Sesquiterpènes.....	116
2.1.4. Saponosides stéroïdiques.....	126
2.1.5. Saponosides triterpéniques.....	139
2.2. Alcaloïdes.....	157
2.2.1. Alcaloïdes proprement dits.....	157
2.2.2. Gluco-alcaloïdes.....	158
2.3. Composés phénoliques.....	166
2.3.1. Quinones.....	166
2.3.2. Acides-Phénols.....	168
2.3.3. Chalcones et flavonoïdes.....	178
2.3.4. Roténoïdes.....	185
2.3.5. Tanins.....	186

2.3.6. Coumarines et furocoumarines.....	195
2.4. Iridoïdes.....	200
2.5. Isobutylamides.....	203
F/ EFFET DE DIFFÉRENTS FACTEURS SUR LE POUVOIR MOLLUSCICIDE.....	206
1. Facteurs liés aux mollusques.....	206
2. Facteurs liés à la plante molluscicide.....	207
3. Facteurs environnementaux.....	210
CHAPITRE 3 - LUTTE CONTRE LES MOLLUSQUES VECTEURS DE LA BILHARZIOSE PAR LES PLANTES MOLLUSCICIDES : DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UN PROGRAMME DE CONTRÔLE....	212
1. Préparation du matériel végétal molluscicide.....	212
2. Application du matériel végétal molluscicide.....	217
3. Participation des communautés rurales locales.....	220
4. Exemples de programmes d'action molluscicide employant des plantes...	222
CONCLUSION.....	224
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	226

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1. Morphologie des œufs de schistosomes.....	18
Figure 2. Cycle de développement de <i>Schistosoma mansoni</i>	22
Figure 3. Cycle de développement de <i>Schistosoma haematobium</i>	23
Figure 4. Cycle de développement de <i>Schistosoma japonicum</i>	24
Figure 5. Principaux mollusques hôtes intermédiaires des schistosomes.....	29
Figure 6. Distribution géographique des trois principaux agents de bilharziose humaine.....	30
Figure 7. Schéma de l'évaluation de l'activité molluscicide d'une plante en laboratoire.....	54
Figure 8. Schéma de l'évaluation de l'activité molluscicide d'une plante dans des conditions naturelles.....	61
Figure 9. <i>Ambrosia maritima</i> L. (Composées).....	123
Figure 10. <i>Balanites aegyptiaca</i> Del. (Zygophyllacées).....	134
Figure 11. <i>Phytolacca dodecandra</i> L'Herit. (Phytolaccacées).....	149
Figure 12. <i>Anacardium occidentale</i> L. (Anacardiacées).....	174
Figure 13. <i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. (Légumineuses Mimosacées).....	193

TAURISSON (Catherine). — Plantes molluscicides et bilharziose. — 258 f. ; ill. ; tabl. ; 30 cm (Thèse : Pharm. ; Limoges ; 1991).

RESUME

La bilharziose est une maladie parasitaire très répandue dans le monde, touchant plus particulièrement les pays en voie de développement.

Pour lutter contre cette maladie, l'association de plusieurs méthodes doit être envisagée : une action sanitaire (amélioration des conditions d'hygiène et éducation sanitaire de la population exposée) ; une chimiothérapie de masse et une lutte contre les hôtes intermédiaires mollusques par l'emploi de produits molluscicides, tout ceci avec la participation volontaire et consciente de la communauté.

Les molluscicides de synthèse restent les plus efficaces (niclosamide), mais les plantes à propriétés molluscicides sont aussi intéressantes dans la mesure où elles montrent une certaine efficacité tout en ayant moins d'inconvénients que les produits synthétiques.

Au cours de ce travail, une mise à jour bibliographique a été réalisée, répertoriant les principales plantes ayant fait l'objet d'une expérimentation molluscicide ; dans une deuxième étape, les différents groupes chimiques auxquels appartiennent les principales plantes molluscicides sont exposés.

Enfin, les différentes étapes de la réalisation d'un programme de lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires de la bilharziose sont décrites.

MOTS CLES :

- Bilharziose.
- Molluscicides.
- Schistosomes.
- *Ambrosia maritima*.
- *Phytolacca dodecandra*.
- *Anacardium occidentale*.
- *Acacia nilotica*.
- *Balanites aegyptiaca*.

JURY : Président : Monsieur le Professeur CHULIA.
Juges : Monsieur DREYFUSS, Maître de Conférences.
Monsieur BONNIN, Pharmacien.