



HAL
open science

A propos des plantes carnivores : les Drosera

Bouvier Isabelle

► **To cite this version:**

Bouvier Isabelle. A propos des plantes carnivores : les Drosera. Sciences pharmaceutiques. 1993.
dumas-02273068

HAL Id: dumas-02273068

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02273068v1>

Submitted on 28 Aug 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

<http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur>

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



115 015161 0

2e examen

UNIVERSITE Joseph FOURIER
Grenoble I. Sciences technologie médecine.

U.F.R. DE PHARMACIE.
Domaine de la pharmacie. La Tronche.

Année 1993

N° D'ORDRE **7044**

A PROPOS DES PLANTES CARNIVORES : LES *DROSER*.

Thèse

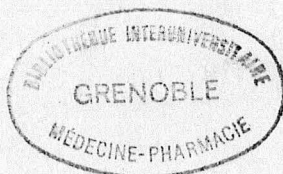
présentée à l'Université Joseph FOURIER Grenoble I pour obtenir le grade de :
DOCTEUR EN PHARMACIE.

Par Isabelle BOUVIER
[Données à caractère personnel]

Cette thèse sera soutenue publiquement le 26 octobre 1993

Devant :

Mme MARIOTTE A.M.	Professeur, Président du Jury
M. ROCHAT J.	Professeur
Mme BOUCHET C.	Pharmacien



UNIVERSITE Joseph FOURIER
Grenoble I. Sciences technologie médecine.

U.F.R. DE PHARMACIE.
Domaine de la pharmacie. La Tronche.

Année 1993

N° D'ORDRE :

A PROPOS DES PLANTES CARNIVORES : LES *DROSE*RA.

Thèse

présentée à l'Université Joseph FOURIER Grenoble I pour obtenir le grade de :
DOCTEUR EN PHARMACIE.

Par Isabelle BOUVIER
[Données à caractère personnel]

Cette thèse sera soutenue publiquement le 26 octobre 1993

Devant :

Mme MARIOTTE A.M.	Professeur, Président du Jury
M. ROCHAT J.	Professeur
Mme BOUCHET C.	Pharmacien



à mon père, à ma mère.

TABLE DES MATIERES

PLANTES CARNIVORES

Première partie

INTRODUCTION

A - <u>HISTORIQUE</u>	4
I - Connaissance des plantes	4
II - Découverte du carnivorisme végétal	5
B - <u>BOTANIQUE</u>	8
I - Place des plantes carnivores dans le monde végétal	8
II - Pourquoi une carnivorité végétale ?	12
C - <u>ALIMENTATION CHEZ LES PLANTES CARNIVORES</u>	
1 - La photosynthèse	13
2 - La nutrition azotée	13
D - <u>DE LA CAPTURE A L'ABSORPTION DES PROIES</u>	16
1 - <u>L'ATTRACTION</u>	16
2 - <u>LA CAPTURE</u>	17
a) <u>Les pièges passifs :</u>	18
a1) Piège trou	
a2) Piège glu	
a3) Genlisea	
b) <u>Les pièges actifs :</u>	21
b1) Pièges par fermeture de la feuille	
b2) Pièges par aspiration	
c) <u>Pièges semi-actifs</u>	23

	d) <u>Principe de fonctionnement des pièges :</u>	27
3 -	<u>La DIGESTION</u>	31
	a) <u>Les glandes digestives</u>	31
	b) <u>Fonctionnement des glandes digestives</u>	32
<u>digestives</u>	c) <u>Stimulation chimique des glandes</u>	34
	d) <u>Enzymes digestives</u>	35
<u>digestives</u>	e) <u>Physiologie des cellules des glandes</u>	37
	f) <u>Cycle digestif</u>	40
4 -	<u>L'ABSORPTION</u>	42

Deuxième Partie

A - BOTANIQUE :

1 -	Famille Droseraceae	46
2 -	Genre : <i>Drosera</i>	46
3 -	Les <i>Drosera</i> officinaux	46

B - CHIMIE :

1 -	Quinones :	52
	- Présentation	52
	- Tableau récapitulatif	53
	- Méthodes d'extraction	54
	- Méthodes de séparation	55
	- Méthodes d'identification	56
	- Méthodes de dosage	60
	- Application à la teinture allopathique	62

- Application à la teinture homéopathique.	64
2 - Flavonoïdes	66
3 - Anthocyanes	69
4 - Polysaccharide	70
5 - Enzymes	73
6 - Constituants divers	75
C - <u>ETUDE PHARMACOLOGIQUE :</u>	76
1 - Action antibactérienne	76
2 - Action antispasmodique	79
3 - Propriétés diverses	81
D - <u>UTILISATION :</u>	
D1) Phytothérapie	83
D2) Homéopathie	85
1 - Matière médicale	
A - Action générale	85
B - Pathogénésie	86
C - Type sensible	87
D - Modalités	87
2 - Principales indications	
A - Appareil trachéobronchique	87
B - Système lymphatique	88
C - Système ostéo-articulaire	89
E - <u>CONCLUSION</u>	91

INTRODUCTION : LES PLANTES CARNIVORES

"Un promeneur peut voir, parfois, dans des marécages ou tourbières, d'innocents insectes attirés par des plantes aux couleurs vives et au nectar délicieux brutalement happés, emprisonnés dans des pièges inexorables, mangés tout crus en somme.

Quelques jours plus tard, quand les pièges s'ouvrent à nouveau, il ne reste de la mouche ou de la fourmi que quelques débris non digestibles.

Ces petits animaux ont été victimes d'une plante carnivore. (46).

Il existe donc des plantes qui utilisent les insectes pour deux fonctions bien différentes :

- la première, commune, est la pollinisation ;
- la seconde, soupçonnée dès le 18e siècle, est une source d'alimentation (6, 7).

Les plantes insectivores attirent, capturent et digèrent leurs proies : sublime "revanche" du monde végétal sur le monde animal.

Cette singularité a réellement scandalisé les botanistes de l'époque : elle défiait tout ce que l'on savait de la structure des plantes, par définition passives, immobiles, vivant de la lumière, du soleil, de l'air du temps et des sels de la terre" (14).

Le phénomène du carnivorisme adopté, tout devenait possible : puisque les plantes carnivores dévorent des insectes, elles peuvent également s'attaquer aux humains.

Ainsi voit-on apparaître, au XIXe siècle, et dans des revues scientifiques sérieuses, des descriptions détaillées d'êtres humains offerts à des arbres anthropophages en guise de sacrifice (6, 7).

On soupçonnait même certaines plantes de tuer par vice et non pour s'alimenter.

Aujourd'hui, le mystère du carnivorisme est en grande partie élucidée.

Il existe peu d'espèces carnivores. Leur particularité leur permet de vivre dans des milieux dépourvus ou déficients en azote assimilable, par exemple les sites marécageux aux sols acides (14).

Les cinq cent trente espèces de plantes carnivores sont représentées sur tous les continents (44) mais certaines ne vivent que dans des zones écologiques très limitées : le genre *Heliophora*, chez les Sarracéniacées, vit en altitude, dans les montagnes séparant la Guyane du Brésil.

D'autres espèces, inversement, peuvent s'adapter à des climats très différents, telle *Sarracenia purpurea* (38) de la famille des Sarracéniacées qui vit aussi bien à Terre-Neuve qu'en Floride.

Les dispositifs de capture développés par les plantes carnivores se divisent en trois : les pièges actifs, semi-actifs et passifs. Le type de piège va conditionner le cycle digestif et tous ces thèmes seront développés dans une première partie consacrée aux généralités sur les plantes carnivores.

Dans une deuxième partie, nous allons nous intéresser plus particulièrement au genre *Drosera*.

On lui attribue, dès le XVII^e siècle, de multiples vertus médicinales : il est actif contre les cors, verrues, brûlures (14, 44) ; il guérit de la syphilis, a des propriétés tranquillisantes, diurétiques et aphrodisiaques. Mais surtout, le *Drosera* était utilisé comme antitussif, de façon empirique.

Cette activité a été confirmée par de multiples expériences portant sur la chimie du *Drosera*. Elle est liée à la présence de naphtoquinones dont les taux varient selon les espèces.

La Pharmacopée Française, dès 1818, autorise l'emploi de trois espèces : *Drosera rotundifolia* L., *Drosera intermedia* Hayne et *Drosera longifolia* L, aujourd'hui en voie de disparition.

Le marché a donc été envahi par les *Drosera* exotiques, dont les teneurs en molécules actives n'étaient pas connues.

Il a fallu perfectionner les méthodes d'identification et de dosage des substances chimiques, ce qui a ouvert plusieurs voies : une connaissance approfondie de la composition chimique, la découverte de nouvelles activités thérapeutiques.

Tels sont les points qui composent la deuxième partie de ce travail.

A - H I S T O R I Q U E

I - CONNAISSANCE DES PLANTES :

La plupart des espèces de Plantes Carnivores a été repérée et observée, en France, avant le XVIIIe siècle.

Certaines d'entre elles, de par leur situation écologique, connaissent des histoires particulières :

Il s'agit d'*Utricularia*, d'*Aldrovanda*, qui sont des plantes aquatiques immergées, et sont donc à l'abri des regards (5).

Aldrovanda vesiculosa est observée en Inde dès le XVIe siècle mais ne reçoit son appellation actuelle qu'en 1747 grâce au botaniste italien Monti (5, 44). Sa méconnaissance serait due à son extrême rareté.

D'autres espèces, *Drosera* et *Pinguicula*, ont été décrites, sous des noms très divers, depuis le XVIIIe (7).

Si les représentations de ces plantes sont relativement fidèles, on peut noter l'absence totale de leur particularité : le carnivorisme (5).

II - DECOUVERTE DU CARNIVORISME VEGETAL :

L'expression "Plante carnivore" est utilisée pour la première fois, vers 1760, par le gouverneur de la Caroline du Sud (Etats-Unis) DOBBS (5, 6, 7).

Ce terme s'applique à la dionée (Genre *Dionaea*) dont les pièges actifs sont très visibles. D'ailleurs, dans son Encyclopédie Diderot écrira :

"Plante de la Caroline, appelée Muscipula Dionaea, a ses feuilles étendues à terre, par paire et à charnières, ces feuilles sont couvertes de papilles. Si une mouche se pose sur la feuille, cette feuille et sa compagne, se ferme comme l'huître, sent et garde sa proie, la suce, et ne la rejette que quand elle est épuisée de sucs. Voilà une plante presque carnivore.

Il y a dans les plantes un endroit particulier dont l'attouchement cause de l'érection et l'effusion de la semence, et cet endroit n'est pas le même pour toutes. Je ne doute point que la Muscipula ne donnât à l'analyse de l'alcali volatil, produit caractéristique du règne végétal". (5)

C'est en 1865 que le carnivorisme est considéré comme un phénomène établi, grâce aux expériences de Darwin. Il publie "Insectivorous plants" en 1875 (Edition Française en 1877) dans lequel il réunit tous ses travaux et observations et qui demeure, aujourd'hui encore, une référence. (5).

Il donne, dans son livre, une conclusion en trois points

"- Les pièges de ces plantes sont conçus pour capturer :
"Le *Drosera* est tout particulièrement adapté à un but spécial, celui de saisir les insectes..."

"- Les feuilles sont aptes à une digestion véritable".
Drosera et *Pinguicula* notamment possèdent des glandes sécrétrices capables de dissoudre des substances organiques.

- La digestion est utile à la plante : "Les plantes se procurent la plus grande partie de leur alimentation par ce moyen". Les substances azotées sont absorbées et favorisent leur croissance et leur développement.

Si la plupart des conclusions darwiniennes restent valables aujourd'hui, certaines méritent d'être complétées et approfondies il s'agit des passages sur la digestion et sur les phénomènes d'assimilation (5). Ce fut chose faite grâce aux travaux de marquage des proies au phosphore radio-actif P32 ou grâce à l'utilisation de proies nourries à la levure avec un isotope azote 15 (5, 38).

Pour appartenir au monde des Plantes Carnivores, il faut donc la succession des trois phases suivantes :

- capture,
- digestion enzymatique des proies,
- assimilation.

Si l'une des trois phases est inexistante, on ne peut parler de carnivorisme. Témoins ces deux espèces, *Roridula dentata* et *Roridula gorgonias* (semi insectivores) d'Afrique du Sud, qui constituent à elles deux une (très) petite famille : ces deux espèces possèdent des poils glanduleux leur permettant la capture de petites proies. Elles ne possèdent pas, en revanche, de glandes digestives permettant l'assimilation de ces proies. Les glandes présentes ne sécrètent qu'une résine collante (pas un mucilage). Elles se contentent donc de "chasser pour autrui" en l'occurrence des araignées (7, 44).

B - B O T A N I Q U E

I - PLACE DES PLANTES CARNIVORES DANS LE MONDE VEGETAL (5, 14, 44)

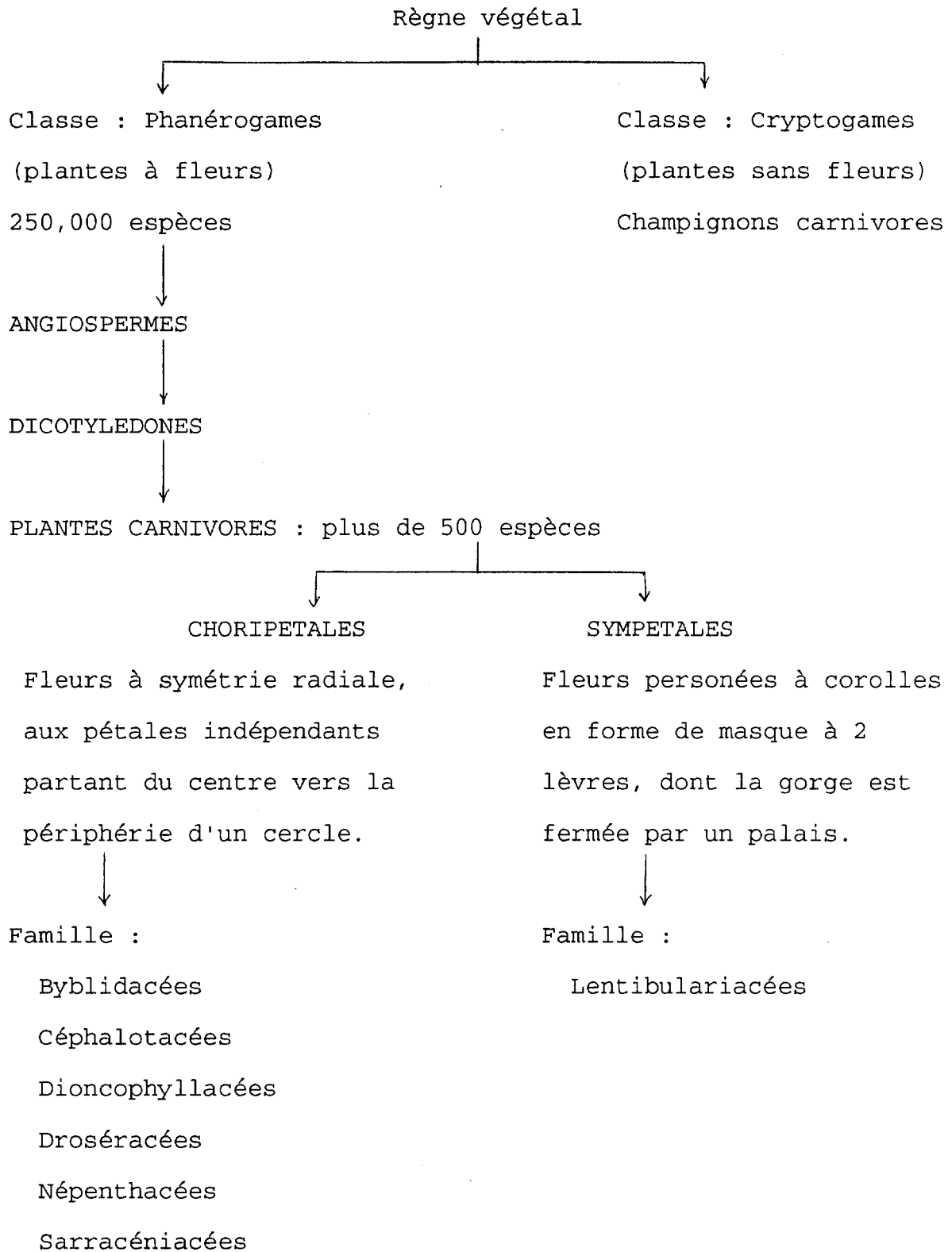


Tableau des familles et des genres (7)

FAMILLES	GENRES	NOMBRE D'ESPECES	REPARTITION GEOGRAPHIQUE
BROMELIACEAE	BROCCHINIA	1	Nord de l'Amérique du Sud (Vénézuéla, Guyana)
BYBLIDACEAE	BYBLIS	2	Australie (Nord et Sud-ouest) Nouvelle Guinée
CEPHALOTACEAE	CEPHALOTUS	1	Australie (extrême Sud-Ouest)
DIONCOPHYLACEAE	TRIPHYOPHYLLUM	1	Afrique de l'Ouest (Sierra Leone, Libéria, Côte d'Ivoire)
DROSERACEAE	ALDROVANDA	1	Europe, C.E.I, Inde, Japon, Australie, Afrique
	DIONAEA	1	Etats-Unis d'Amérique (Carolines)
	DROSERA	130 environ	Sur tous les continents
	DROSOPHYLLUM	1	Sud du Portugal Sud-Ouest de l'Espagne
LENTIBULARIACEAE	GENLISEA	15 environ	Iles Caraïbes, Nord-Est de l'Amérique du Sud, Afrique tropicale et australe, Madagascar
	PINGUICULA	50 environ	Hémisphère Nord, Cordillère des Andes
	POLYPOMPHOLYX	2	Australie (Sud et Sud-Ouest)
	UTRICULARIA	300 environ	Sur tous les continents
NEPENTHACEAE	NEPENTHES	75	Seychelles, Madagascar, Inde, Sri-Lanka, Sud de la Chine, Indochine, Insulinde, Palaos, Nouvelle-Guinée, Nouvelle-Calédonie, Australie (Nord-Est)
SARRACENIACEAE	DARLINGTONIA	1	Etats-Unis d'Amérique (Californie, Oregon)
	HELIAMPHORA	5	Nord de l'Amérique du Sud (Vénézuéla, Brésil, Guyana)
	SARRACENIA	8	Est de l'Amérique du Nord

Les Plantes carnivores sont réparties en 530 espèces, elles-mêmes regroupées en sept familles, sans aucun lien botanique entre elles.

Il existe un très grand polymorphisme parmi les différentes espèces de Plantes Carnivores, voire au sein d'une même espèce.

Toutes ont néanmoins un point commun essentiel : les fleurs des Plantes Carnivores ne constituent jamais le piège.

Les fleurs jouent un rôle unique : la reproduction (la pollinisation) (6, 44).

Un piège ne dérivera jamais d'une modification ou d'une adaptation d'une fleur.

Le piège, c'est la spécialisation des feuilles ou d'autres organes : les unes des *Nepenthes*, les autres des *Utricularia*.

II POURQUOI UNE CARNIVORITE VEGETALE ? (44, 50)

La diversité des espèces de Plantes Carnivores permet de penser que le passage à la carnivorité s'est produit plusieurs fois, au cours de l'évolution pour être transmis ensuite à la descendance d'une plante.

On a constaté que l'ensemble des habitats des Plantes Carnivores correspond à des milieux pauvres en nutriments, en sels minéraux, eau...

Grâce à la carnivorité, ces plantes peuvent s'adapter aux carences du milieu, et s'installent dans des zones où la concurrence est réduite.

C) ALIMENTATION CHEZ LES PLANTES CARNIVORES

1° LA PHOTOSYNTHESE : (46)

Les plantes fabriquent leurs matières organiques à partir de substances simples (le gaz carbonique, l'eau, les substances minérales -dont l'azote- extraites du sol) grâce à l'énergie lumineuse (38).

Les plantes carnivores, comme toutes les plantes supérieures, possèdent des chloroplastes, riches en chlorophylle, qui captent cette énergie lumineuse.(14)

La combinaison gaz carbonique atmosphérique - eau est à la base de la photosynthèse : elle transforme le minéral en organique, en utilisant comme source d'énergie la lumière solaire elle-même (38)

La photosynthèse procure donc le carbone nécessaire à la fabrication des différents glucides et glucose, comme chez toutes les plantes supérieures.

2° LA NUTRITION AZOTEE :

En revanche, la nutrition azotée se fait différemment.

Chez un végétal non carnivore, l'azote minéral est absorbé, au niveau des racines, à partir du sol, et ceci, d'autant plus facilement, s'il est sous forme de nitrate ou d'ammonium.

Les débris organiques (d'origine animale ou végétale) sont dégradés par les bactéries et les champignons du sol.

Ils forment l'humus riche en azote non assimilable par la plante (c'est l'humification)

L'humus est ensuite minéralisé par d'autres bactéries, d'abord en ammoniac ("ammonisation") puis en nitrites par oxydation, puis en nitrates ("par nitrification"). Ce sont les composés ammoniacaux et les nitrates qui sont les plus facilement assimilés par les racines (63).

Cette minéralisation est lente mais peut s'accélérer quand la température du sol augmente (par exemple, au printemps).

Les ions nitrique et ammonium produits sont utilisés pour la synthèse des acides aminés, qui donneront les protéines, nécessaires à la croissance du végétal.

C'est la raison pour laquelle, en période de croissance, on peut utiliser des engrais minéraux riches en azote. (63, 65)

Chez les plantes carnivores, la nutrition azotée est la plus complexe. Il existe deux sources d'azote :

- azote minéral (voir le mécanisme ci-dessus décrit)
- azote organique.

Des études ont prouvé l'existence d'un équilibre entre la nutrition azotée grâce aux racines et les apports obtenus par la nutrition des insectes ; cet équilibre peut d'ailleurs varier selon l'espèce considérée. (46).

En 1976, G.E. CHANDLER et ANDERSON étudient l'effet d'une alimentation exclusivement insectivore sur des *Drosera* (18). L'équipe de J. ARDENIUS fait de même avec des *Pinguicula*

En comparant ces deux études exécutées dans des conditions lumineuses optimales (donc permettant une photosynthèse normale), on obtient des résultats intéressants, basés sur l'évolution du poids de matière sèche :

- Chez *Drosera binata*, l'alimentation par des proies est plus efficace seule qu'associée à une "nutrition minérale par les racines" (cette dernière étant peu efficace).

- Chez *Pinguicula*, par contre, c'est l'inverse.

Quoi qu'il en soit, toutes les plantes carnivores tirent profit de leur particularité et puisent les sels minéraux nécessaires dans leurs proies, puisque leurs habitats en sont déficients (38. 46).

Rappelons enfin leur capacité à assimiler les protéines animales directement grâce à leurs enzymes digestives.

D) DE LA CAPTURE A L'ABSORPTION DES PROIES

(38, 44, 46)

Le carnivorisme est divisé en trois étapes successives :

- l'attraction,
- la capture,
- la digestion.

1° L'ATTRACTION :

La capture des insectes ne se fait pas par hasard. Il existe tout un éventail de leurres pour attirer les insectes.

Il peut s'agir d'odeurs émises, de production de nectar, couleurs brillantes ou surfaces transparentes etc.. Chez certaines espèces plusieurs leurres coexistent.

- Chez les espèces des genres *Darlingtonia* et *Nepenthes*.

les pièges ont des couleurs très vives qui tranchent avec le reste de la plante et la végétation. Ils constituent un attrait quasiment irrésistible pour les insectes..

- Chez les *Drosera*, l'extrémité de leurs petits tentacules est recouverte d'une gouttelette de liquide blanc ou rouge très gluant, très brillant à la lumière. Il a donc un double rôle : celui d'attirer et de retenir ses proies.

- Chez les *Byblis*, toute la plante est recouverte de cils imprégnés d'un mucilage abondant et lorsque l'on regarde à contre-jour, la lumière est décomposée comme dans un arc-en-ciel, à travers ces petits points brillants.

- Dernier exemple chez les *Drosophyllum* dont le leurre est constitué par l'odeur de miel (très appréciée par les insectes) du mucilage.

2° LA CAPTURE

La capture est la phase qui succède à l'attraction et constitue certainement la plus spectaculaire du phénomène du carnivorisme.

Il existe une très grande variété de pièges mais dans tous les cas, il ne s'agit jamais des fleurs. Les pièges sont des feuilles dont les modifications sont plus ou moins importantes.

Chez le *Drosera*, par exemple, la modification est minime: les pièges sont des feuilles couvertes de tentacules gluants qui emprisonnent l'insecte en se repliant sur eux-mêmes, avant que la feuille piège s'enroule, se refermant sur la proie.

Chez d'autres, la modification peut être radicale : telle la plante-cobra de Californie et d'Oregon ou bien les petites outres aux parois extrêmement glissantes, ou les valves qui claquent telles des coquilles St Jacques alertées par la présence d'un prédateur.

On constate donc que les mécanismes de fonctionnement des pièges diffèrent selon les espèces de Plantes Carnivores.

On distingue trois grandes classes de pièges :

a - Les pièges actifs :

- piège trou,
- piège glu,
- *Genlisea*.

b - Les pièges passifs :

- par fermeture de la feuille,
- par aspiration.

c - Les pièges semi-actifs : (porteurs de tentacules)

- piège glu (*Drosera*, *Pinguicula*)

C'est la vitesse du mouvement qui différencie les pièges actifs (mouvement rapide) des pièges semi-actifs (mouvement lent). Les pièges passifs sont immobiles (5, 48).

a) PIEGES PASSIFS :

On peut former différents groupes :

- Plantes ayant des pièges à urnes ou ascidies,
- Plantes sécrétant un mucilage visqueux sur les feuilles grâce à des glandes. Il s'agit des pièges-glu,
- *Genlisea* qui présente un procédé à part
(5, 44, 48)

a1 - PIEGE TROU :

Les urnes ou ascidies des genres *Nepenthes*, *Cephalotus*, *Sarracenia*, *Heliamphora* et *Darlingtonia* sont "des pièges sans mouvement".

Chez tous ces genres, le principe de fonctionnement du piège est quasiment le même. Il existe deux systèmes d'attraction, les glandes nectarifères qui tapissent le "pourtour de l'ouverture" et de vives colorations très attractives pour l'insecte (6, 7).

- Nepenthes :

Ce sont des arbrisseaux des forêts tropicales d'Inde, Bornéo et Madagascar.

Les feuilles de *Nepenthes* se terminent par des urnes (=ascidies) dont le sommet est surmonté d'un opercule. Les insectes, attirés par les glandes à nectar, tombent dans l'urne dont les parois glissantes empêchent la remontée et se noient dans le liquide qui baigne le fond de l'urne.

- Cephalotus :

Elle peuple les marais du Sud-Ouest de l'Australie.

Le principe de fonctionnement du piège est identique à celui de *Nepenthes*.

- Sarracenia ; Heliamphora ; Darlingtonia :

Leurs feuilles sont transformées en cornets tubulaires.

Là encore, l'insecte est attiré par les organes nectarifères. Les bords du cornet sont recouverts de cire qui s'effrite au contact de la proie. Celle-ci est entraînée au fond de l'urne où elle meurt, noyée.

a2) PIEGE GLU :

Chez ces deux espèces, le piège fonctionne comme un papier "tue mouches".

- Drosophyllum :

C'est une petite droseracée d'Europe méridionale. Ses feuilles sont recouvertes de mucilage gluant, sur lequel les insectes restent collés.

- Byblis :

Elle appartient à une petite famille d'Australie et possède un système de piège quasiment identique à celui du *Drosophyllum*. (6, 7).

a3) GENLISEA :

Genlisea est une plante aquatique dont le piège, très original, était appelé par Darwin "piège anguille"

(44)

"Il est constitué d'un bulbe ovoïde creux, prolongé d'une sorte de tube cylindrique qui porte à son extrémité une ouverture en fente, celle-là se prolonge le long de deux bras spiralés formant une fourche". Les proies qui pénètrent dans l'orifice sont irréversiblement retenues par de petits poils. Elles sont, peu à peu, entraînées vers le bulbe, sorte d'estomac végétal, car tapissé de glandes assimilatrices (6, 7).

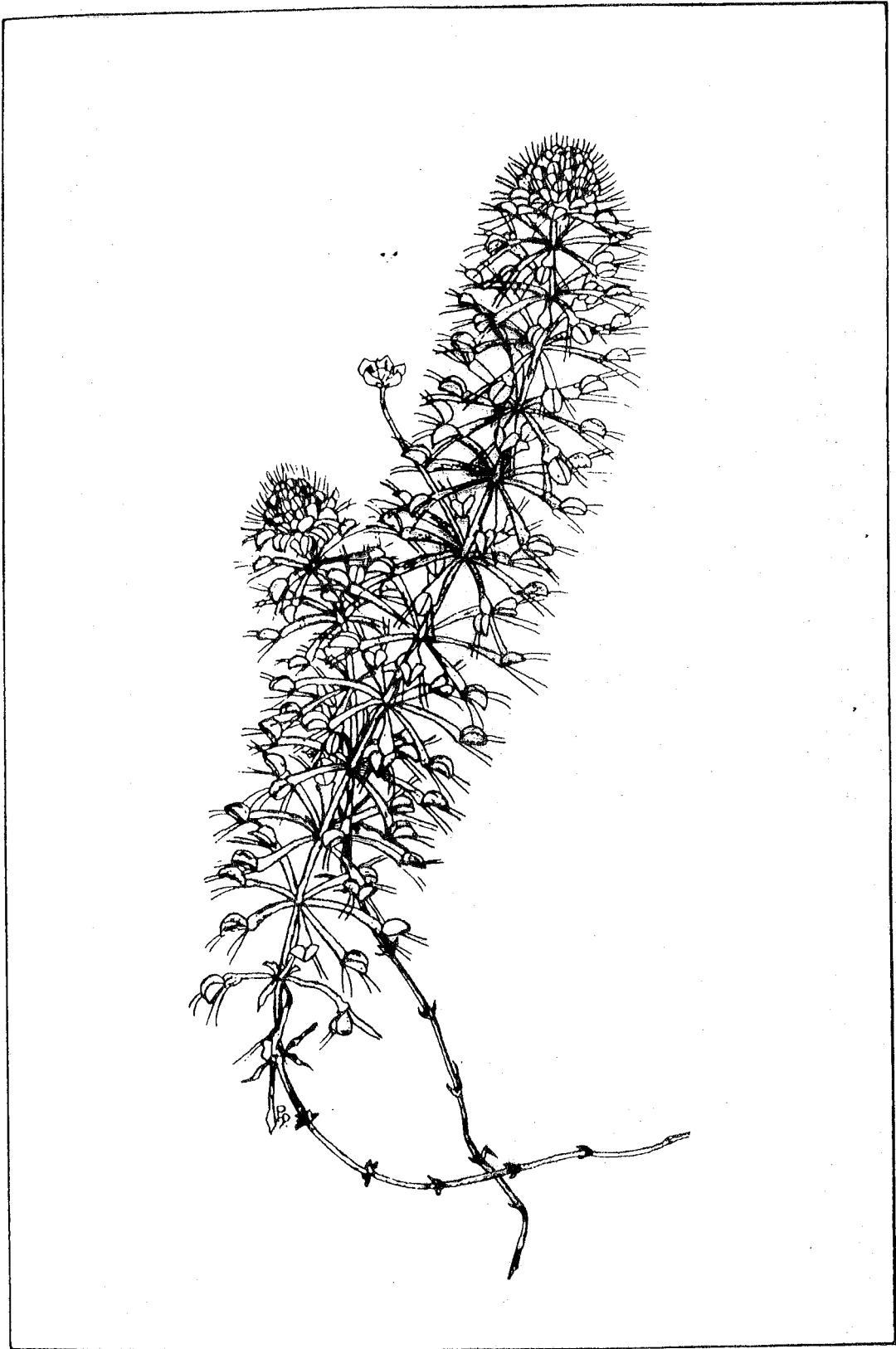
b) PIEGES ACTIFS : (5, 6, 48)

b1 - Pièges par fermeture de la feuille ou pièges à mâchoire

- *Dionaea* :

Elle se trouve dans les marais de la Caroline du Nord. Sa feuille est constituée de deux lobes dont les bords externes sont recouverts d'"épines" qui s'imbriquent lors de la fermeture. Celle-ci se produit quand il y a contact entre une proie et des poils situés perpendiculairement à la surface des lobes et qui sont très sensibles aux chocs

Le mouvement de fermeture des lobes est l'un des plus rapides jamais observé chez les plantes : il s'exécute en environ 1/30e de seconde.



Aldrovanda vesiculosa L.

- Aldrovanda :

Aldrovanda vesiculosa est une herbe aquatique de France et d'Europe méridionale.

Son piège, quoique plus petit, ressemble à celui de *Dionaea*. Quand les parties tactiles sont touchées par un insecte, il y a fermeture rapide des deux lobes (en 1/500 à 1/1000 seconde chez *Aldrovanda*) qui vont former une vésicule.

b2) PIEGES PAR ASPIRATION :

On les appelle également "pièges à succion", ils ne peuvent fonctionner qu'en milieu aquatique.

Utricularia est une plante commune des étangs de France

Ses pièges sont de petits sacs (ou utricules) plus ou moins transparents, qui possèdent une ouverture cernée d'appendices tactiles qui ont deux rôles :

1° Ils orientent la proie jusqu'à l'orifice de l'utricule,

2° Ils bloquent le passage aux animaux trop gros.

Lorsqu'une proie effleure ces appendices, l'outre enfle très rapidement (1/500e seconde) aspirant l'eau et la proie. Elle ne reprend sa forme initiale qu'au bout de demi heure, une fois la proie digérée.

c) PIEGES SEMI-ACTIFS (ou pièges à tentacules)_(5, 44, 46)

- Pinguicula :

Ces feuilles sont charnues et paraissent humides et grasses, d'où le nom de "grassette" donné au genre. Cet aspect est dû à la présence de glandes qui secrètent un mucilage gluant.

Ce piège fonctionne donc en deux temps : tout d'abord comme un piège glu et ensuite comme un piège actif, ensuite le bord de la feuille va s'enrouler par un mouvement lent. Cette action a davantage pour but d'augmenter la surface de contact entre la proie et les glandes enzymatiques, pour faciliter la digestion.



Pinguicula grandiflora Lam.

- *Drosera* : (6, 7)

Il s'agit d'une plante terrestre, poussant dans les tourbières et dont les feuilles sont garnies de poils glanduleux, mobiles, de couleur pourpre.

Les insectes attirés par ces sécrétions colorées se posent sur la feuille et s'y engluent.

Les cils se courbent doucement vers la proie, et la feuille elle-même se replie.

La courbure des cils a pour but de diriger la proie vers les glandes digestives, au centre de la feuille.

Cette action peut durer d'une minute à plusieurs heures. Par contre, le retour à la position initiale peut prendre une à deux semaines.

(64, 65)



d - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES PIEGES : (44, 46)

Les scientifiques se sont longuement posé des questions sur les mécanismes physiologiques expliquant les mouvements chez les plantes carnivores.

La dionée a certainement été l'espèce la plus étudiée.

Ces mouvements sont en fait des réponses à deux sortes de stimuli externes : un stimulus mécanique suivi d'un stimulus chimique.

La feuille de la dionée est formée de deux lobes bordés de dents qui s'imbriquent lors de la fermeture.

Chaque lobe supporte en son centre trois "poils" perpendiculaires, très sensibles aux chocs.

La transmission du signal entre les poils excités au contact d'une proie et le système de fermeture (qui est l'un des plus rapides observés chez les plantes : les deux lobes se referment l'un sur l'autre en 80 m/s environ) se fait grâce à une variation d'un potentiel électrique dans les cellules supportant les poils.

"Le mouvement lui-même est dû à des changements rapides de la quantité d'eau présente dans les vacuoles.

La cellule a ses vacuoles remplies d'eau quand elle est en équilibre. C'est la turgescence cellulaire.

Suite à un contact, chaque cellule se vide de son eau par un phénomène d'osmose (grâce aux parois poreuses). Cette perte d'eau entraîne une contraction d'où mobilité des cellules périphériques (7).

Ces changements provoquent une croissance différentielle entre les cellules de la surface externe et celles du lobe.

Lors de la fermeture du piège, les cellules de la surface externe des lobes croissent et lors de l'ouverture, c'est le mécanisme inverse (Ce principe ne s'applique pas uniquement aux plantes carnivores) (7).

Le signal électrique se transmet donc à l'ensemble de la feuille provoquant la fermeture du piège.

Cette fermeture ne se fait que s'il y a eu deux attouchements consécutifs de l'un des cils excitables ou de deux cils de la même feuille, dans un intervalle maximum de trente secondes.

Ce système de déclenchement en deux temps serait un système de sécurité pour éviter les "fausses alertes", comme par exemple un choc dû au contact avec des poussières ou des débris végétaux.

Ce stimulus mécanique est couplé à un stimulus chimique car s'il était appliqué seul, le piège se réouvrirait une douzaine d'heures plus tard.

Avec une stimulation chimique, la fermeture est assurée pendant toute la durée de la digestion, soit une à deux semaines. Ce sont les sécrétions de la proie qui constituent le stimulus chimique.

La réouverture se fait grâce au rééquilibrage des cellules contractées et à leur croissance.

Chez le *Drosera*, il faut également une excitation mécanique suivie d'une excitation chimique (constituée des excréments de la proie) pour activer les tentacules qui ensèrent la proie.

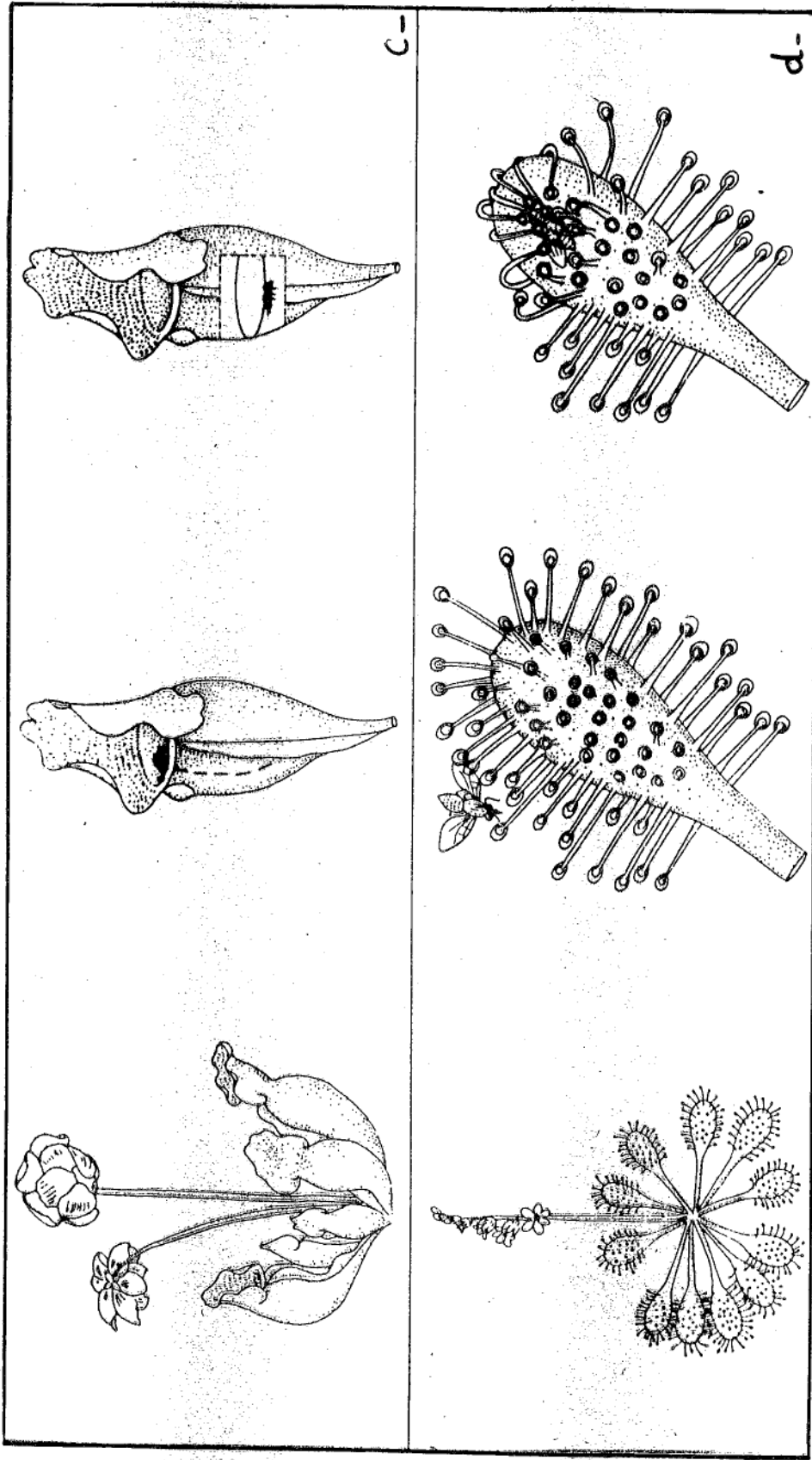
Chez certaines espèces de *Drosera*, ce sont d'abord les tentacules du centre de la feuille qui se recourbent, sans direction précise, au contact d'un insecte. Avec un petit décalage, ce seront les tentacules périphériques qui vont s'incliner dans une seule direction, "celle de la région touchée par l'insecte".

Ces deux mouvements ont des origines différentes :

- chez les tentacules de la partie centrale, il y a variation du potentiel électrique et propagation le long du tentacule vers les autres parties de la feuille.
- chez les tentacules périphériques, il s'agit d'un chimiotropisme dû aux sécrétions produites par l'insecte.

Il s'agit là encore d'éviter les "fausses alertes" : si un insecte touche les tentacules, il y a stimulation chimique grâce aux protéines animales, qui se prolonge pendant un minimum d'une semaine.

Par contre, si l'excitation est due à un objet non digérable, les tentacules reprennent leurs positions initiales en moins de 24 heures. (38)



AUTRES TYPES DE PIÈGES

(38)

Piège passif : c- *Saccacenia purpurea*
 Piège semi-actif : d- *Droua intermedia*

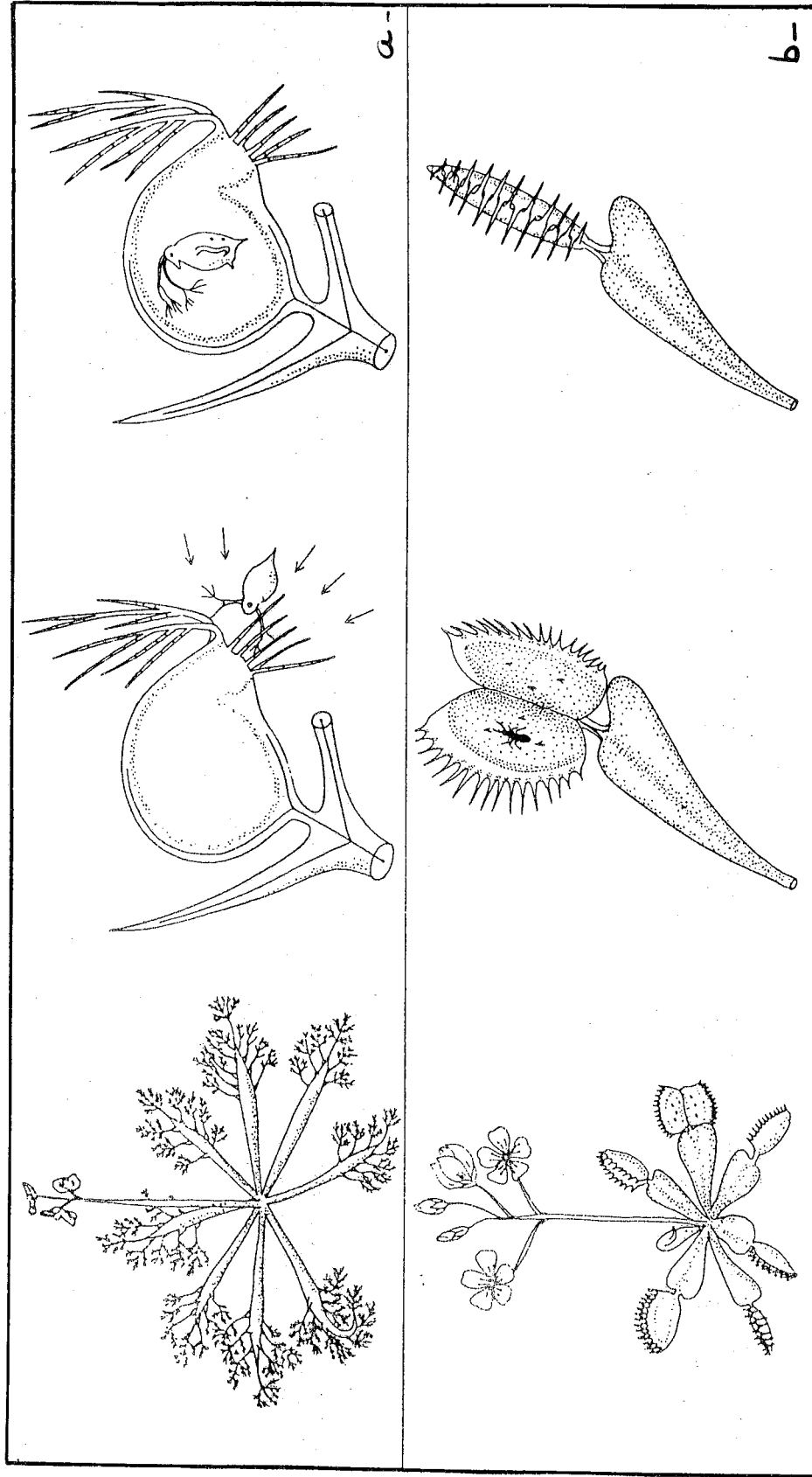
LES PLANTES

LES PIEGES

Familles	Genres	Nombre d'espèces	Charnière	Aspiration	Glu	Urne	Nasse	Avec mouvements de Capture
DROSERACEAE	Aldrovanda	1	X					X
BROMELIACEAE	Brocchinia	1				X		
BYBLIDACEAE	Byblis	2			X			
CEPHALOTACEAE	Cephalotus	1				X		
SARRACENIACEAE	Darlingtonia	1				X		
DROSERACEAE	Dionaea	1	X					X
DROSERACEAE	Drosera	ap.130			X			X
DROSERACEAE	Drosophyllum	1			X			
LENTIBULARIACEAE	Genlisea	ap.15					X	
SARRACENIACEAE	Heliamphora	5				X		
NEPENTHACEAE	Nepenthes	75				X		
LENTIBULARIACEAE	Pinguicula	ap.50			X			X
SARRACENIACEAE	Sarracenia	8				X		
DIONCOPHYLLACEAE	Triphyophyllum	1			X			
LENTIBULARIACEAE	Utricularia	214		X				X

ap.: approximativement

PLANTES CARNIVORES: DIFFERENTS TYPES DE PIEGES



PIÉGEURS ACTIFS (38)

- a - *Utricularia inflata*
- b - *Dionaea muscipula*

3° LA DIGESTION (38, 44, 46, 52)

La phase digestive, selon les espèces a une durée variable.

Le mécanisme général de la digestion est comparable à celui observé chez les animaux, puisque les proies sont transformées en matière assimilable. Les processus de digestion et d'assimilation sont à peu près identiques, mis à part la position des glandes et leur mode d'action parfois différents.

Le suc digestif englobe la proie.

Les enzymes attaquent les protéines des parties molles. On obtient ainsi des acides aminés assimilables.

La solution obtenue est absorbée par des glandes digestives pour être acheminée jusqu'aux zones de croissance.

Les parties chitineuses de la proie, par contre, ne sont pas attaquées par les enzymes des plantes et seront évacuées par l'eau ou le vent.

a) Les glandes digestives :

Il existe chez les Plantes Carnivores, deux grandes sortes de glandes superficielles aux rôles différents :

- Rôle de capture, de digestion,
- Rôles variés/production de nectar..

Chez la grassette, les glandes productrices d'un mucus visqueux à la surface de la feuille n'ont pas d'autres fonctions.

Inversement, chez le *Drosera*, les glandes pédonculées ont deux fonctions : sécrétion d'une substance adhésive, sécrétion des enzymes digestives.

Le *Drosera* porte également de petites glandes sessibles mises en évidence au microscope, éparpillées à la surface supérieure des feuilles et sur les pédoncules des glandes décrites ci-dessus. Leur fonction supposée serait de participer au

Ces mêmes glandes se retrouvent chez les grassettes et chez les utriculaires.

b) Fonctionnement des glandes digestives : (38, 46)

Il est différent selon les genres et selon le type de piège.

- Prenons le cas des *Nepenthes* : il y a sécrétion d'une très grande quantité de suc par les glandes digestives. Cette sécrétion, qui avoisine le litre chez les grandes espèces, immerge toutes les glandes du tiers inférieur de l'ascidie. Elle est indépendante de la capture d'une proie car elle est continue.

Chez les quatre autres genres de Sarracéniacées, on retrouve cette sécrétion de suc qui ne nécessite pas la présence d'une proie pour être stimulée. Par contre, la quantité sécrétée est bien plus faible.

- Chez la dionée, le phénomène est différent : c'est la capture d'un insecte qui déclenche la sécrétion enzymatique. Une expérience fort simple montre que la stimulation est chimique est non uniquement mécanique. Si l'on touche le piège d'une dionée avec un crayon ou une baguette de verre, il n'y a pas de sécrétion ; les glandes restent sèches.

Par contre, si c'est une proie qui entre en contact avec le piège, il y a immédiatement sécrétion. Cette activité sécrétrice se traduit par une flaque qui se répand entre les lobes.

- La sécrétion, chez les *Drosera*, se fait en continu. Quand la feuille est mature, il y a une accumulation des gouttelettes au sommet des glandes. Dès qu'une proie touche ces glandes, il y a une nouvelle sécrétion.

Enfin, chez les grassettes et le *Drosophyllum*, il y a combinaison des caractères de la dionée et de le *drosera* : ces Plantes Carnivores possèdent deux sortes de glandes :

- les unes, pédonculées, sécrètent en permanence un suc qui sert à la capture des proies (ceci lorsqu'elles sont matures).

- les autres, sessiles et sèches sécrètent un liquide digestif, après stimulation.

c) Stimulation chimique des glandes digestives :

- Chez les plantes Carnivores dont les pièges sont fermés, comme les *Nepenthes*, il ne faut pas de stimulation chimique pour produire des enzymes puisque cette production est continue.

- Par contre, chez les plantes dont les pièges sont ouverts, telles les pinguicules, les *drosera*, les dionées, il faut qu'il y ait stimulation chimique pour provoquer une sécrétion enzymatique.

Il semblerait que les composés chimiques qui provoquent cette sécrétion seraient les mêmes que ceux qui déclenchent les mouvements de fermeture des pièges.

Darwin avait montré l'effet stimulant des composés azotés, chez les *drosera* et chez les grassettes, et l'absence d'effets de produits tels que le sucre, le carbonate de sodium.

En 1976, Richard Robbins (38) de l'Université d'Oxford, a obtenu des résultats plus précis sur la dionée gobe-mouches (*Dionaea muscipula*) et sur les substances plus moins stimulantes.

L'effet type, égal à 100 % est pour lui obtenu avec l'ensemble des substances azotées d'une "mouche entière vivante"

A partir de là, il calcule le pourcentage de stimulation exercée par une substance par rapport à cet effet-type : l'acide urique, par exemple, provoque une sécrétion enzymatique égale à 63 % de l'effet-type.

La sécrétion chute à 44 % avec l'ammoniaque NH_4^+ , voire à 20 % avec la glutamine.

d) Les enzymes digestives :

De nombreuses questions ont été posées sur la digestion chez les plantes carnivores :

- Les enzymes contenues dans le suc digestif sont-elles les seules responsables de la digestion ?
- Agissent-elles de concert avec des micro-organismes vivants
- La digestion n'est-elle pas le résultat de ces seuls micro-organismes ?

Le problème de la contamination par des micro-organismes, tels les bactéries, les moisissures, se pose, non seulement chez des espèces comme les *Drosera* dont les glandes sont entièrement à découvert (et donc sujettes à la contamination), mais également chez d'autres espèces, comme les *Nepenthes* dont les urnes vont s'ouvrir à un certain moment pour attaquer leurs proies.

Pour répondre à toutes ces questions, il a donc fallu prouver la présence d'enzymes dans les sécrétions digestives, par exemple, chez les *Nepenthes*, on a constaté une forte activité d'hydrolyse des protéines, et ceci, avant l'ouverture de l'opercule du piège : à ce stade, le liquide sécrété par les urnes est forcément stérile. Il y a également d'autres hydrolases (les lipases) et des transaminases.

Chez les plantes dont les pièges sont ouverts, les expériences se sont faites en milieu aseptique ou axénique. Et là encore, il y a sécrétion d'enzymes hydrolytiques (phosphatases, ADNase).

Il existe parfois une véritable coopération entre les plantes carnivores et les micro-organismes : ceci a été constaté lorsque la plante est cultivée dans des conditions non aseptiques. On note un éventail beaucoup plus large d'hydrolases.

Cette participation des micro-organismes jouerait un rôle important dans la digestion des proies. Elle permettrait un gain de poids (ou de biomasse) chez la plante carnivore.

(38, 44, 46).

e) Physiologie des cellules des glandes digestives :

(38, 44, 46)

La morphologie des glandes digestives des plantes carnivores varie selon les espèces. Il est néanmoins possible de donner une structure générale commune, qui se retrouve d'ailleurs chez d'autres types de glandes végétales :

- Une première assise constituée d'une ou plusieurs cellules sécrétrices,
- En-dessous, une seule cellule spécialisée ou une assise de plusieurs de ces cellules,
- Quelques cellules "réservoir" éventuellement,
- Les vaisseaux conducteurs du tissu vasculaire.

Les cellules sécrétrices de la glande possèdent des caractères anatomiques et physiologiques particuliers qui leur permettent de sécréter de grosses molécules, les enzymes, dont le Poids moléculaire est compris entre 20 000 et 60 000 daltons.

Il existe, au niveau de la paroi des cellules glandulaires des protubérances dirigées vers l'intérieur de la cellule. En fait, elles forment des labyrinthes de cytoplasme limités par la membrane cytoplasmique.

Ces labyrinthes permettent ainsi d'augmenter la surface membranaire des cellules, d'où une augmentation du nombre de molécules d'enzymes excrétées.

Par exemple, la surface membranaire chez les grassettes est augmentée d'un facteur 10 grâce aux labyrinthes.

Il y a aussi un autre système membranaire : le reticulum endoplasmique constitué de petits sacs aplatis appelés "sacculés" qui peut fusionner avec la membrane cellulaire.

Or, la membrane externe de ces sacculés supporte les ribosomes qui assurent la synthèse des protéines (donc des enzymes).

Lorsqu'il y a accolement de la membrane de la cellule avec celle des sacculés, il y a excrétion des enzymes qui vont alors se concentrer dans le liquide digestif des pièges.

Enfin, il existe un dernier système membranaire, l'Appareil de Golgi constitué de petites vésicules remplies de mucilage. La synthèse de cette substance visqueuse se fait dans les sacculés aplatis de l'Appareil de Golgi. Des vésicules s'en détachent par bourgeonnement et vont s'accoler à la membrane cellulaire pour fusionner. Le mucilage est ainsi déversé hors des cellules.

Cette fonction de sécrétion de mucilage se retrouve chez certaines espèces de plantes carnivores, uniquement, telles les *Drosera*, les grassettes.

f) Cycle digestif : (36)

Comme les glandes des divers genres de plantes carnivores fonctionnent dans des conditions différentes, il existe des phénomènes de sécrétion ou de résorption variables.

Par exemple, chez les grassettes, on peut suivre l'activité enzymatique grâce à l'épanchement de suc qui se produit lorsqu'il y a stimulation.

Cet épanchement se forme à la surface de la feuille, englobe la proie et ne se résorbe que lorsque la digestion est achevée.

En général, cette flaque de sécrétion est proportionnelle à la taille de la proie. Un petit insecte provoque un faible écoulement qui sera terminé en une heure environ. Chez une proie plus importante, la sécrétion, également plus importante, peut durer plusieurs heures.

Il peut même arriver que le suc digestif sécrété en excès déborde de la feuille, la résorption ne peut se faire et la plante meurt, "victime d'une indigestion".

Ceci n'est heureusement pas habituel et normalement la durée de la résorption est à peine supérieure à celle de la sécrétion.

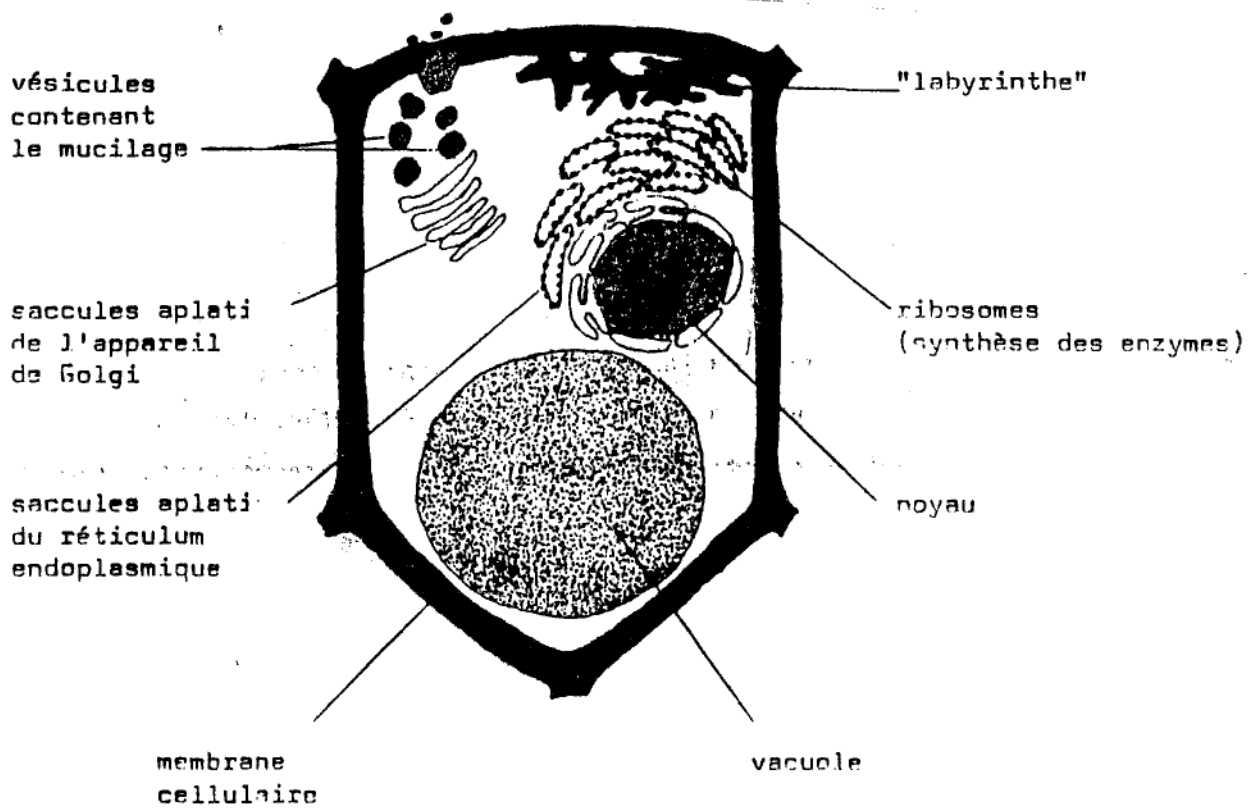
Chez les grassettes et chez les autres Plantes Carnivores fonctionnant de la même manière (c'est-à-dire, déplacements de sucs respectivement vers l'extérieur puis vers l'intérieur de la glande), les produits digérés pénètrent dans la feuille par les mêmes glandes que celles qui ont servi à l'excrétion du suc.

En fin de parcours, ils arrivent dans le système vasculaire de la feuille.

Ceci a été démontré grâce aux expériences de KNOX et de HESLOP-HARRISON avec des produits marqués.

HESLOP-HARRISON suggère aussi que l'écoulement de suc qui succède à la capture est contrôlé par osmose : "En supposant que le stimulus de la capture déclenche une rapide décomposition des polysaccharides de la paroi cellulaire, celle-ci pourrait être la source de sucres solubles qui favoriseraient un rapide transfert par osmose de suc dans les cellules glandulaires. On peut imaginer l'inversion de l'écoulement à la fin de la phase de sécrétion.

La résorption à partir de la surface de la feuille serait alors une question d'inversion de courant à travers la glande et dans le système vasculaire, en réponse aux gradients de diffusion qui s'établissent ailleurs dans la plante".



Cellule glandulaire d'une plante carnivore

4° L'ABSORPTION : (46)

Divers travaux ont montré que les glandes des pièges des Plantes Carnivores ont un double rôle :

- elles permettent la digestion des proies (digestion partielle),
- elles permettent l'absorption de petites molécules issues de la digestion, tout particulièrement les acides aminés.

En 1960, LUTTGE montre que pour qu'il y ait absorption des acides aminés, il faut avoir stimulé les glandes au préalable.

En 1983, REA, chercheur à l'Université d'Oxford, confirme cette théorie. Il va même plus loin et démontre que chez la dionée, les substances chimiques qui activent les mouvements du piège sont celles qui provoquent la sécrétion enzymatique et qui permettent l'absorption des produits digérés.

Le mécanisme très complexe de l'absorption de petites molécules est représenté par le schéma ci-joint :

- Quand la glande est stimulée, les protons sortent massivement des cellules glandulaires,
- Dans chaque cellule, il se forme un gradient électrochimique de protons,
- Ce gradient est le résultat de deux variables :
 - 1° Une concentration différente de protons entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule,
 - 2° Une ddp au niveau de la membrane cellulaire.

- Pour que les protons puissent sortir de la cellule, il faut de l'énergie. Cette énergie provient de l'hydrolyse d'une molécule d'ATP, dégradée en ADP par perte d'un ion phosphate.
- Cette hydrolyse est catalysée par une ATPase membranaire.
- Le cytoplasme de la cellule devient donc négatif (car défaut de protons) d'où l'existence de ce gradient électrique.
- De même, il se crée un gradient de concentration de protons au niveau de la membrane cellulaire ; le cytoplasme devient basique.

Ensuite, les protons pénètrent dans la cellule, grâce à ce gradient électrochimique, par fixation sur des transporteurs membranaires. Ces transporteurs seraient des molécules protéiques situées au niveau de la membrane et sur lesquelles peuvent se fixer les petites molécules digérées (exemple : un acide aminé).

Ces transports couplés en "co-transport" des ions H^+ et des petites molécules du soluté vers le cytoplasme se font grâce à une ATP-ase- H^+ .

Des expériences pour prouver son existence dans les cellules glandulaires ont été faites par REA : il a utilisé certaines substances connues qui inhibent ou qui stimulent cette ATP-ase- H^+ .

Ainsi, il a obtenu des variations dans le taux de protons excrétés et a trouvé une relation linéaire entre "l'intensité des mouvements actifs des ions H^+ hors de la cellule et l'absorption par les cellules glandulaires d'un acide aminé, la D-Alanine, préalablement marqué au carbone radio-actif".

Il a ainsi prouvé que l'acidité des sucs digestifs chez les plantes carnivores avait deux rôles :

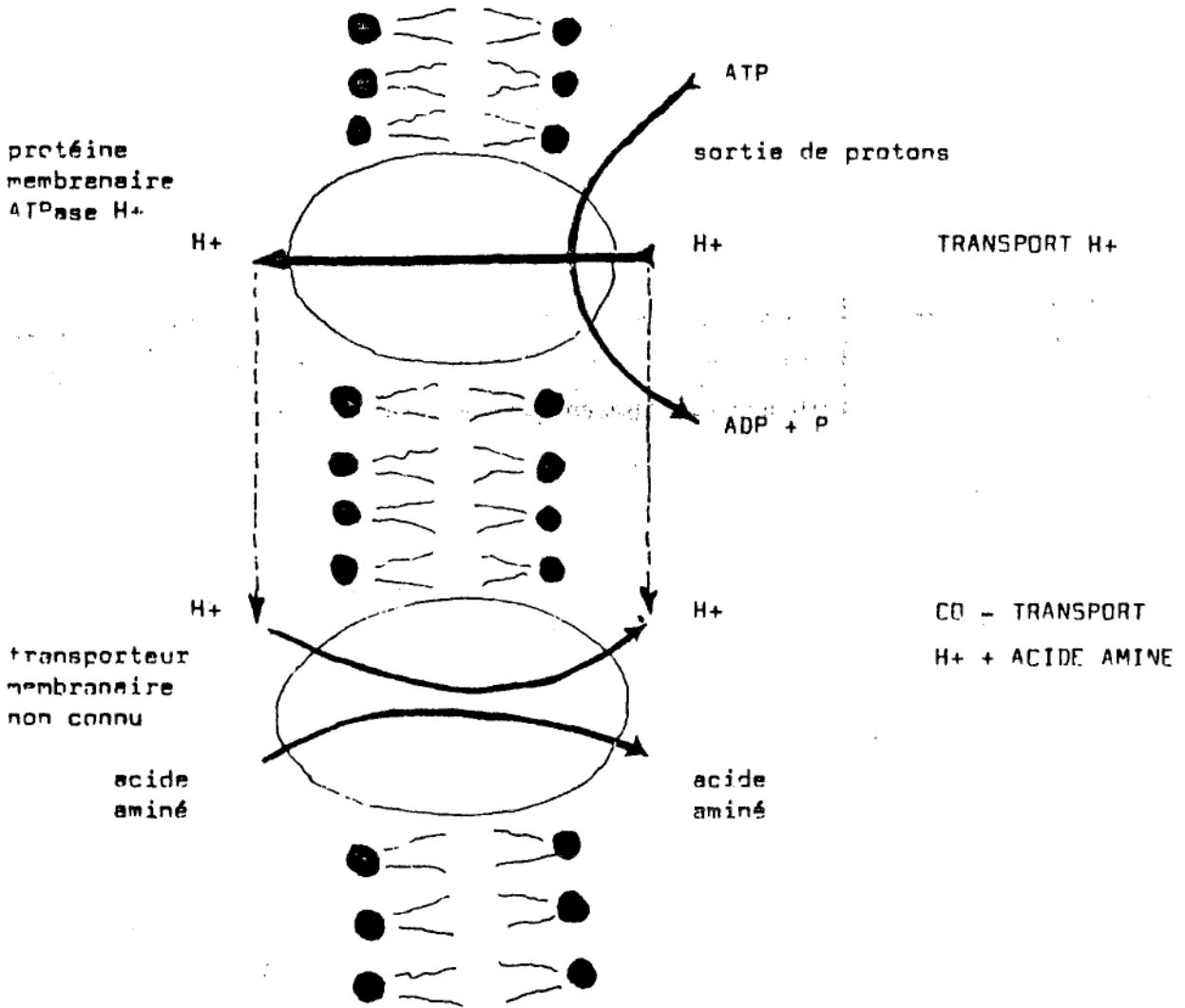
- 1° Elle favorise la digestion puisque le pH obtenu est optimal pour les enzymes digestives,
- 2° Elle participe au phénomène de l'absorption lié au co-transport proton-petites molécules, vers l'intérieur de la cellule.

Ceci nous révèle une fonction primordiale du labyrinthe qui, en assurant l'augmentation de la surface membranaire cellulaire, permet la présence d'un grand nombre d'ATP-ases et de transporteurs membranaires.

extérieur
de la cellule
acide,
électriquement
positif

membrane
cellulaire

intérieur
de la cellule
alcalin,
électriquement
négatif



Mécanisme de l'absorption des acides aminés
au niveau des cellules glandulaires des pièges

D E U X I E M E P A R T I E : L E S D R O S E R A

A - BOTANIQUE

1° FAMILLE : DROSERACEES (44, 46)

Les plantes appartenant à cette famille sont des "herbes vivaces à cycle annuel" : elles vivent donc plusieurs années sous forme de bulbes en hiver et réapparaissent au printemps.

Souvent les feuilles sont en rosette.

Le piège, mobile, porte des cils dont l'extrémité est recouverte d'un mucilage brillant à la lumière.

Tous les représentants de cette famille qui comporte quatre genres principaux (*Aldrovanda*, *Dionaea*, *Drosera*, *Drosophyllum*), sont carnivores. Ils sont présents dans le monde entier, sauf dans les zones arctiques (36, 54).

2° GENRE : DROSEREA (22, 66)

Ce genre comporte une centaine d'espèces.

Ce chiffre est relativement flou car on peut découvrir aujourd'hui encore de nouvelles espèces telle *Drosera slackii* découverte en 1987 en Afrique du Sud.

3° LES DROSEREA OFFICINAUX (10, 43, 44, 66)

Les trois espèces officinales inscrites à la Pharmacopée française VIIIe édition (1965) : *Drosera rotundifolia* L., *D. longifolia* L., *D. intermedia* Hayne sont réparties dans les marais bourbeux des plaines ou des montagnes (jusqu'à 2 000 m).

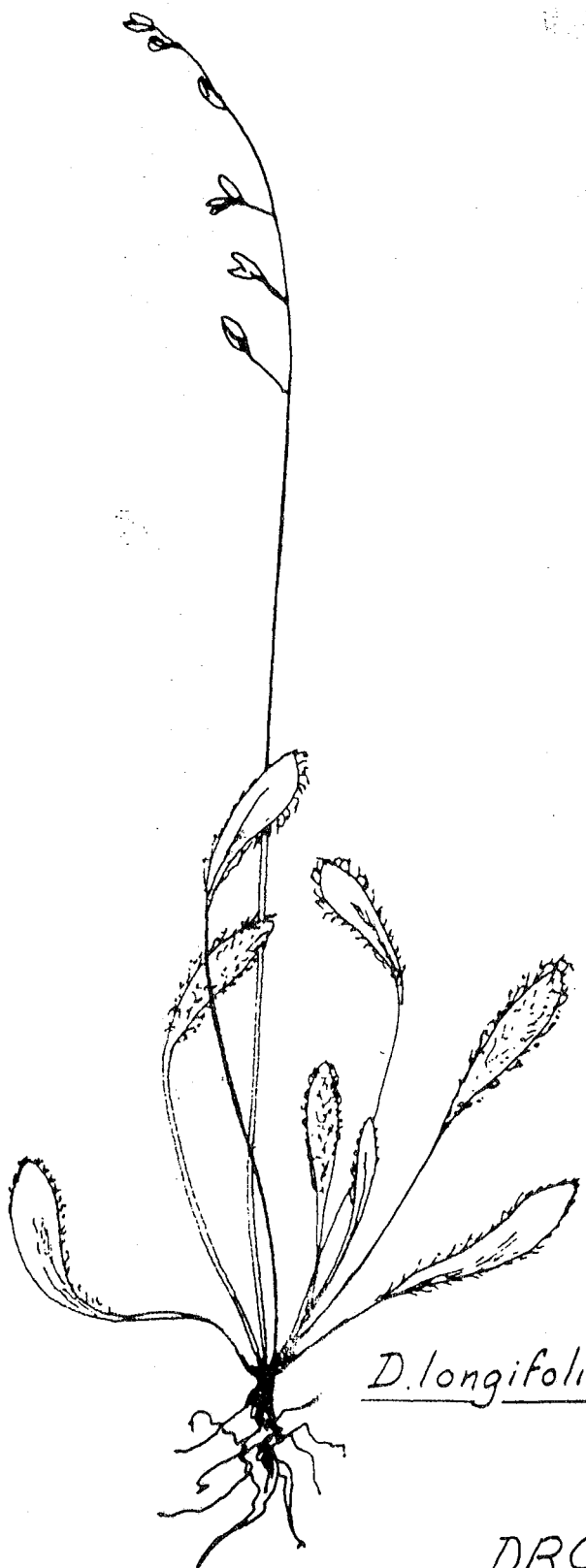


Drosera rotundifolia L.

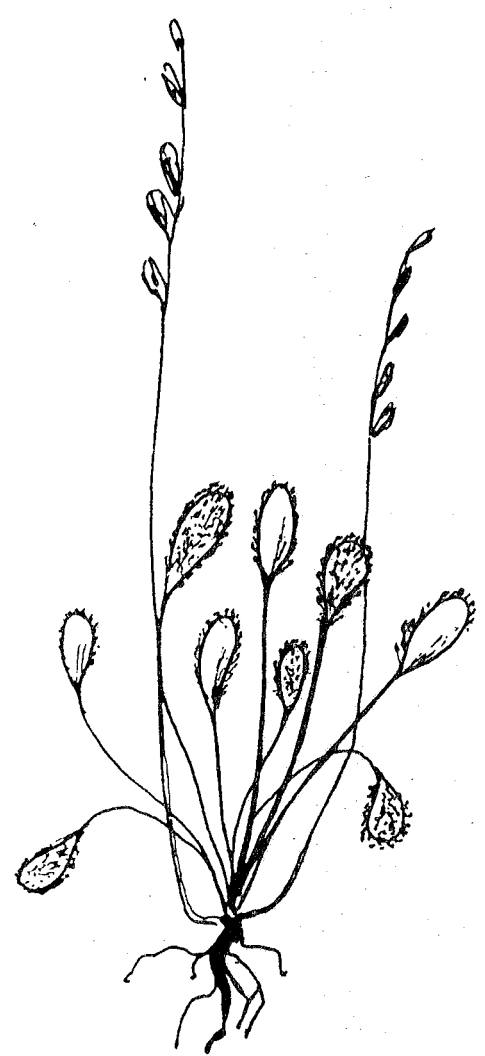
Elles poussent presque partout en Europe sauf dans les régions méditerranéennes. C'est néanmoins en Australie que l'on trouve le plus d'espèces de *Drosera* (54 environ).

Elles apprécient tout particulièrement les milieux humides qui favorisent le développement de multitudes d'insectes

- a) Tableau comparatif des trois espèces officinales
françaises



D. longifolia



D. intermedia

DROSERAS OFFICINAUX

Tableau comparatif des trois espèces officinales

	HAUTEUR	FEUILLES PETIOLES	HAMPES FLORALES	CAPSULES	FLORAISON
<i>Drosera rotundifolia</i> L.	5 _ 30	- étalées sur le sol - limbe orbiculaire - 3 à 4 fois plus longues que les feuilles	- droites - naissent du centre de la rosette? - 3 à 4 fois plus longues que les feuilles	lisses	juin à septembre
<i>Drosera longifolia</i> L.	10 _ 20	- dressées - limbe allongé, étroit - pétiole peu ou pas velu	- droites - naissent du centre de la rosette? - 2 fois plus longues que les feuilles	lisses	juillet à août
<i>Drosera intermedia</i> Hayne	3 _ 10	- dressées - limbe obovale - pétiole glabre	- horizontales à la base puis verticales - moins de deux fois plus longues que les feuilles	striées longitudinalement	juillet à août

Ces trois espèces diffèrent les unes des autres par leur taille et surtout par la forme de leur feuille. Elles appartiennent aux espèces à feuilles basillaires sans feuilles caulinaires.

b) La drogue

b1 - Nature

La drogue *Drosera* est constituée par la plante entière séchée de diverses espèces de *Drosera* principalement de *Drosera rotundifolia* L., *Drosera intermedia* Hayne et *Drosera anglica* Hudson (*D. longifolia* L.).

b2 - Description de la drogue

Drosera rotundifolia L. est une petite plante herbacée, vivace par une tige souterraine grêle et de petites racines adventives. La partie aérienne se compose d'une rosette de six à dix feuilles appliquées sur le sol ; du centre de la rosette s'élèvent 1 à 3 tiges florifères dressées, minces, de 5 cm à 30 cm de haut. Chaque feuille est munie d'un très long pétiole velu ; le limbe, orbiculaire, blanchâtre ou rougeâtre, mesure environ 15 mm de diamètre. Sa surface et ses bords sont garnis de longs poils translucides, rougeâtres, terminés par une glande visqueuse et humide.

Les tiges florifères, rarement ramifiées, se terminent par une grappe simple de petites fleurs régulières, blanches ou rose pâle, tournées du même côté et de type 5. Les carpelles soudés, au nombre de 3 à 5, sont surmontés chacun par un style et 2 stigmates blanchâtres.

Drosera intermedia Hayne se distingue de l'espèce précédente par une rosette dressée au-dessus du sol, composée de feuilles ovales allongées, à long pétiole glabre peu distinct et d'un limbe de 1 cm de long. Les tiges florifères, genouillées à la base, s'élèvent par un côté de la rosette. Les fleurs présentent des stigmates plats et rougeâtres.

Drosera anglica Hudson ressemble à *Drosera intermedia* Hayne mais le limbe des feuilles, linéaire, atteint 2 à 4 cm de long ; le pétiole est un peu velu. Les tiges florifères, une à deux fois plus longues que la rosette de feuilles, partent du centre de celle-ci. Les fleurs présentent des stigmates blanchâtres, en massue.

b3 - La récolte (10, 66)

A l'origine, seule *Drosera rotundifolia* L. était utilisée en tant qu'espèce officinale, mais celle-ci est devenue si rare que deux autres espèces peuvent être utilisées : *D. intermedia* Hayne, *D. longifolia* L.

La récolte de la plante sauvage se fait lors de la floraison, de juin à septembre, selon l'espèce, ceci essentiellement en Europe centrale.

Aujourd'hui, du fait d'une exploitation industrielle intense, ces trois espèces deviennent de plus en plus rares.

Sont donc apparues sur le marché un *Drosera* exotique : le *Drosera ramentacea* BURCH (de Madagascar et d'Afrique orientale). Il est apparu sur le marché occidental dans les années 1950 mais son utilisation est déconseillée par une équipe belge, LECLERCQ et ANGENOT (43) en raison de sa concentration trop faible en naphtoquinones.

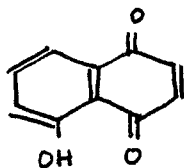
Ces mêmes auteurs semblent, par contre, favorables à la récolte et l'utilisation d'une espèce venue d'Asie Orientale et d'Australie : *Drosera peltata* (43).

B - CHIMIE

1° QUINONES

PRESENTATION : (8, 16, 43, 72)

Les *Drosera* possèdent de nombreuses naphthoquinones. Il est nécessaire de savoir les extraire, les séparer pour les identifier et les doser. Des méthodes chromatographiques et spectroscopiques (UV, IR, visible, de masse) sont utilisées. Toutes les naphthoquinones dérivent de la juglone :



Deux d'entre elles se retrouvent dans tout le genre *Drosera* : la plumbagine et la ramentacéone (ou 7 méthyljuglone).

TABLEAU RECAPITULATIF

(Page suivante)

NAPHTOQUINONES ESPECES	Plumbagine	Ramentaceone	3 Hydroxy plumbagine = drosérone	chloro-3- plumbagine	oxydrosérone	biramentacéone	Hydroxy- drosérone (3,8 dihydroxy- plumbagine)
D.rotundifolia (9,16,43)	+	+					
D.longifolia (42)	+	+					
D.anglica (8,9,42)	+	+		+			
D.intermédia (8,9,42)	+	+		+			
D.whittakeri (21)	+	+			+		
D.peltata (43,57)	+	+	+				+
D.ramentacea (42,43)	+	+				+	

TABLEAU RECAPITULATIF DES NAPHTOQUINONES
CHEZ CERTAINES ESPECES DE DROSERA

METHODES D'EXTRACTION

1 - Extraction par l'éther et entraînement à la vapeur d'eau :

méthode A :

En 1968, BENDZ et LINDBERG (8) de l'Université d'Uppsala (Suède) extraient les naphtoquinones de *Drosera intermedia* et *D. anglica* par de l'éther contenant 1% d'H₂SO₄ concentré : le résidu obtenu subit un entraînement à la vapeur d'eau.

Les naphtoquinones volatiles sont extraites par l'éther.

2 - Par le chloroforme : Méthode B :

KRISHNAMOORTHY et THOMSON, en 1969 (42) vont extraire les naphtoquinones de *Drosera ramentacea* par le chloroforme.

3 - Par le toluène : Méthode C :

BONNET et COUMANS (12), en 1984, utilisent le toluène pour l'extraction, chez *Drosera rotundifolia* L. et *D. intermedia* H

4 - Par l'éther éthylique : Méthode D :

Finalement, en 1989, CANIATO et FILIPPINI (16) pratiquent une extraction par l'éther éthylique.

En définitive, ces naphtoquinones sont volatiles et plutôt apolaires. Elles sont donc extraites par distillation et/ou par des solvants apolaires.

METHODES DE SEPARATION :

1 - Chromatographie sur couches minces préparative : Méthode A

La séparation se fait par une CCM préparative, avec, comme phase stationnaire, du gel de silice G.

Le solvant utilisé est un mélange benzène-chloroforme (2:3 v/v). Quatre naphtoquinones sont ainsi séparées.

2 - Chromatographie sur colonne : Méthode B : (42)

Le support utilisé est un gel de silice.

L'éluant est de l'éther de pétrole contenant des quantités croissantes de benzène.

3 - CCM préparative et CPG : Méthode C (12)

Premièrement, les auteurs font une CCM préparative sur gel de silice, avec le mélange Cyclohexane-Et₂O (4:1).

Ils font ensuite une chromatographie en phase gazeuse sur colonne de polydiméthyl aloxane (t° :55 à 150°C 4°/mn). Ces deux méthodes permettent, chacune, une séparation très satisfaisante des 5 naphtoquinones.

4 - Chromatographie sur colonne : Méthode D : (16)

Le support est le même que celui de la méthode B (gel de silice). L'éluant est un mélange hexane-acétate d'éthyle (9:1).

METHODES D'IDENTIFICATION :

1 - Réactions de coloration :

Elles permettent l'identification des quinones. Elles ne sont pas spécifiques et ne permettent pas de différencier la plumbagine des autres quinones.

- le sulfate de cuivre, en présence de quinones, donne une coloration rougeâtre.
- le chlorure ferrique donne une couleur rouge terne.
- Réaction de BORNTRAEGER (10, 21) :

Les dérivés quinoniques acidifiés prennent une coloration rouge plus ou moins intense, en milieu alcalin (KOH)

2 - Méthodes chromatographiques :

2.1 - Spectre UV : Méthode A et B (8, 42) :

La méthode d'identification utilisée est la spectrométrie UV. BENZ et LINDBERG (8) identifient 4 naphtoquinones chez *Drosera intermedia* et *D. anglica* :

3-chloroplumbagine

plumbagine

7- méthyljuglone (ramentacéone)

2- méthylnaphtazarine

KRISHNAMOORTHY et THOMSON (42) ont identifié, chez *D. ramentacea* une nouvelle quinone (en 1969) : la biramentacéone.

2.2 - Spectrométrie de masse et chromatographie en phase gazeuse Méthode C (12)

La spectrométrie de masse a permis l'identification des naphthoquinones suivantes, chez *D. intermedia* et *D. rotundifolia* : plumbagine, ramentacéone.

La CPG permet la séparation et la quantification des naphthoquinones.

2.3 - Spectre UV et Spectrométrie de masse : Méthode D (16)

Par ces deux méthodes la plumbagine et la 7-méthyljuglone ont été identifiées avec certitude chez *Drosera binata*, *D. binata* var. *dichotoma* et *D. capensis*.

RESULTATS DE CCM ET DE SPECTRE UV CHEZ CERTAINES NAPHTOQUINONES

	Formule	CCM: Solvant	CCM: Référence	Spectre UV: max.
Plumbagine	5-hydroxy- 2-méthyl- 1,4-Naphtoquinone	Cyclohexane-Et ₂ O (12) (4:1) Benzene-CHCl ₃ (2:3) (8) Benzene-CHCl ₃ (95:5) (43) Ether pétrole-Ether(75:25) (43)	0,4 (12) 0,7 (8) 0,57 (43) 0,69 (43)	250-426 (CHCl ₃) (16) 212-266-410-423 (EtOH) (36)
Ramentacéone	5-hydroxy- 7-méthyl- 1,4-Naphtoquinone	Benzène-CHCl ₃ (2:3) (8,9) Benzène-CHCl ₃ (95:5) (43) Cyclohexane-Et ₂ O (4:1) (12) Ether de pétrole-Ether (75:25) (43)	0,45-0,50 (8,9) 0,46 (43) 0,3 (12) 0,61 (43)	250-431 (CHCl ₃) (16) 218-253-424 (EtOH) (21) 252-425 (MeOH) (72)
Chloro-3-plumbagine	3-chloro- 5-hydroxy- 2-méthyl- 1,4-Naphtoquinone	Benzène-CHCl ₃ (2:3) (8)	0,80-0,85	216-249-280-424 (EtOH) (8)

METHODES DE DOSAGE

1 - Spectrométrie UV :

Elle permet la détermination quantitative des quinones présentes dans un échantillon, en prenant ces quinones pures comme référence (16).

LECLERCQ et ANGENOT (43) font subir un entraînement à la vapeur des naphtoquinones volatiles puis une solubilisation dans le chloroforme. Ils font un dosage spectrométrique à une longueur d'onde de 425 nm.

Ils évaluent ainsi le taux des différentes quinones présentes chez les espèces suivantes :

- *Drosera rotundifolia* : 0,7 à 1 % des naphtoquinones volatiles
- *Drosera intermedia* : 1 à 2 %
- *Drosera peltata* : 4 %

Chez le *Drosera ramentacea*, le minimum accepté par la Pharmacopée de l'Allemagne de l'Est est de 0,1 % (de ramentacéone essentiellement). Or ce taux n'est parfois pas atteint chez des échantillons mis sur le marché. D'où l'importance d'une standardisation des *drosera* et de leurs teintures.

"Une même dose pourrait renfermer, selon les cas, de une à quarante fois plus de principe actif, ce qui est, avouons-le peu compatible avec une thérapeutique rigoureuse".

Les limites proposées sont :

- . plante entière de Drosera : Supérieur ou égal à 0,6 %
de naphtoquinones volatiles (calcul en plumbagine)
- . Teinture : 0,1 à 0,2 %

2 - Chromatographie en phase gazeuse (12)

Elle est développée par l'équipe de BONNET et COUMANS et permet une analyse quantitative des naphtoquinones présentes dans un échantillon.

APPLICATION A LA TEINTURE ALLOPATHIQUE

TEINTURE DE DROSERA (droserae tinctura)

Droseradeux cents grammes 200
Alcool à 60 pour cent v/v..... Q.S.

Préparez 1000 g de teinture par lixiviation de la plante convenablement pulvérisée.

Caractères. - Liquide brunâtre, donnant un trouble par addition de 4 ou de 9 volumes d'eau.

Identification. - A - Acidifiée par l'acide phosphorique (R) et soumise à la distillation, la teinture de drosera donne un distillat dont les dernières fractions, colorées en jaune, virent au rouge par addition d'ammoniaque diluée (R2) ou de solution diluée d'hydroxyde de sodium (R).

B - Opérez par chromatographie sur couches minces, page II-314, en utilisant une plaque recouverte de gel de silice G (R). Déposez en plusieurs fois 10 μ l de teinture. Développez sur un parcours de 10 cm environ en utilisant comme solvant la phase supérieure d' un mélange de 40 volumes de butanol (R), de 10 volumes d'acide acétique (R) et de 50 volumes d' eau. Séchez et pulvérisez de l' ammoniaque (R) : le chromatogramme présente deux taches colorées de Rf voisins de 0.85 (rose) et 0.65 (jaune).

Essai. - titre en éthanol. - Déterminé, comme il est indiqué page II-265 a, le titre en éthanol devra être compris entre 54 pour cent v/v et 58 pour cent v/v.

DROSERA POUR PRÉPARATIONS HOMÉOPATHIQUES

Résidu sec. Le résidu sec (voir la monographie PRÉPARATIONS HOMÉOPATHIQUES) est supérieur ou égal à 0,30 pour cent.

Chromatographie. Opérez par chromatographie sur couche mince (V.6.20.2) en utilisant une plaque recouverte de gel de silice G R.

Solution à examiner. Acidifiez 50 ml de la teinture mère par l'acide chlorhydrique R1. Extrayez avec trois fois 10 ml de chloroforme R. Réunissez les phases chloroformiques et séchez-les sur du sulfate de sodium anhydre R. Evaporez le chloroforme. Reprenez le résidu par 1 ml d'alcool à 60 pour cent V/V.

Déposez sur la plaque, en bande de 10 mm, 20 µl de la solution à examiner. Développez avec un mélange de 50 volumes de toluène R, de 40 volumes d'acétate d'éthyle R et de 10 volumes d'acide formique anhydre R sur un parcours de 10 cm. Laissez sécher la plaque à l'air.

Examiné en lumière ultraviolette à 365 nm, le chromatogramme présente généralement une bande bleutée de R_f voisin de 0,40, une bande bleu vif de R_f voisin de 0,75 et une bande vert vif de R_f voisin de 0,85. Selon les espèces de Drosera utilisées, il peut également apparaître une bande rose à rouge vif de R_f voisin de 0,90.

Pulvérisez sur le chromatogramme l'ammoniaque concentrée R. Examiné à la lumière du jour, le chromatogramme présente une bande jaune de R_f voisin de 0,60. Selon les espèces utilisées, il peut également apparaître une bande violacée plus ou moins intense de R_f voisin de 0,90.

SOUCHE

La teinture mère de *Drosera* est préparée à la teneur en éthanol de 45 pour cent V/V, à partir de la plante entière séchée *Drosera rotundifolia* L., *Drosera intermedia* Hayne ou *Drosera anglica* Hudson, selon la technique générale de préparation des teintures mères (voir la monographie PRÉPARATIONS HOMÉOPATHIQUES).

CARACTÈRES

Liquide de couleur brune, d'odeur aromatique et de saveur fade.

IDENTIFICATION

- A. Ajoutez à 1 ml de teinture mère, 10 ml d'eau. Agitez énergiquement. Il se forme une mousse abondante et stable.
- B. Ajoutez à 2 ml de teinture mère, quelques gouttes de solution de chlorure ferrique R1. Il apparaît une coloration vert foncé.
- C. Ajoutez à 5 ml de teinture mère, 10 ml d'eau et 0,5 ml d'acide phosphorique R. Distillez et recueillez les dernières fractions du distillat. Ajoutez à ce distillat, quelques gouttes de solution diluée d'hydroxyde de sodium R. Il apparaît une coloration rosée à rouge. Reprenez le résidu de distillation par quelques millilitres d'éther R. La phase étherée est jaune. Examinée en lumière ultraviolette à 365 nm, elle présente une fluorescence rouge violacé. Déposez 1 ml de cet extrait étheré sur 1 ml d'acide sulfurique R. Il apparaît un anneau jaune à l'interphase.

ESSAI

Teneur en éthanol (V.5.3.A). La teneur en éthanol est comprise entre 40 pour cent V/V et 50 pour cent V/V.

2° FLAVONOIDES (4, 15)

Peu d' études ont été faites sur les flavonoides contenus chez les *Drosera*. En 1985, une équipe de chercheurs espagnols, AYUGA, CARRETERO et BERMEJO (4) identifient les flavonoides de *Drosera rotundifolia*.

2.1 - Extraction :

Plusieurs solvants sont testés pour obtenir une extraction optimale : éther de pétrole, éther éthylique et alcool à 96°.

Sur les extraits obtenus, les auteurs ont pratiqué des réactions de coloration et de fluorescence caractéristiques des flavonoides

- Réaction au $FeCl_3$: il doit apparaitre une coloration vert-vert brun.
- Test de Shinoda.
- Test à la cyanidine : "Les hétérosides flavoniques, en solution alcoolique, mis en présence d' hydrogène naissant, donnent des dérivés diversement colorés, selon la nature

chimique des flavonoides."

Les résultats les plus satisfaisants sont obtenus avec l'extrait alcoolique .

2.2 - Séparation :

Cette séparation est faite par chromatographie. Les auteurs utilisent d'abord une chromatographie sur papier puis, pour l'identification, une CCM bidimensionnelle.

- CHROMATOGRAPHIE SUR PAPIER :

Le solvant utilisé est un mélange (mélange de Partridge) d'acide acétique 60 % (1), de butanol (4), d'eau (5).

L'extrait utilisé est l'extrait alcoolique.

On obtient trois bandes qui seront éluées par de l'éthanol.

- CCM BIDIMENSIONNELLE SUR CELLULOSE :

Deux solvants sont essayés : BAW et l'acide acétique 60% Ici encore trois bandes sont obtenues, la troisième étant composée de deux substances de nature flavonoïque.

2.3 - Identification :

Pour caractériser les flavonoïdes, il est possible de pratiquer une hydrolyse acide sur les hétérosides présents, d'extraire les génines et de faire une analyse en CCM des aglycones d'une part et des sucres d'autre part.

L'identification se fait sur le chromatogramme par un examen en UV et après révélation par divers réactifs.

Les 2 premières substances trouvées ne s'hydrolysent pas. Ce sont des composés flavonoïques non hétérosidiques qui existent sous forme libre.

Les 2 suivantes sont des hétérosides.

En dehors de ces 4 substances majoritaires dans l' extrait alcoolique totalement hydrolysé, il a été trouvé une autre génine.

- substance 1 = quercétine
- substance 2 = myricétine
- génine 3' = myricétine (3' est donc un glycoside de myricétine)
- génine 3" = quercétine (3" est donc un glycoside de quercétine)
- substance 4 = 4',5 dihydroxyflavonoide

Subst. flavonoique	U.V.	U.V/NH3	Rf (acet.15)	Rf (acet.60)	Rf (TWA)
1	jaune	jaune	0	0,16	0,28
2	jaune	jaune	0,001	0,34	0,56
3'	----	jaune	0,28	0,50	----
3"	----	jaune	0,33	0,58	----
4	jaune	jaune	0,005	0,46	0,59

Plus récemment, en 1990, une équipe de Pondicherry (Inde) (57) trouve dans les feuilles séchées de *Drosera peltata* des naphtoquinones et les flavonoides suivants à la teneur de 0.05% : quercétine, gossypétine, gossypine (8-O-Glucoside de la gossypétine), isogossypitrine (7-O- α -D-Glucoside de la gossypétine).

3° ANTHOCYANES

En 1968, BENDZ et LINDBERG (8,15) recherchent les anthocyanes chez *Drosera intermedia* et *D. anglica*.

Après une extraction par l' éther, en milieu acide, ils pratiquent une CCM sur gel de silice G afin d' identifier les composés extraits.

Le solvant utilisé est un mélange benzène-chloroforme (2:3 v/v). Grâce à la CCM et aux données spectrales (UV et Visible), ces composés sont identifiés : il s' agit de glycosides de la cyanidine et de la pelargonidine.

En 1970, la même équipe (9) refait des essais analogues sur *Drosera rotundifolia* et retrouve les mêmes anthocyanes que chez *D. intermedia* et *D. anglica*.

4° POLYSACCHARIDE

Les feuilles des plantes carnivores de la famille des droséracées sécrètent un mucus visqueux sur lequel s'engluent les insectes. En 1977, ROST et SCHAUER (59) tentent de définir les propriétés physiques et chimiques du mucus sécrété par *Drosera capensis*.

4.1 - Propriétés physiques :

- . pH acide (5)
- . il s'agit d'une solution aqueuse à 4% de polysaccharide acide.
- . sa dissolution dans l'eau est très lente.
- . la viscosité d'une solution à 0.2% est 6 fois supérieure à celle de l'eau à 20°.
- . la viscosité est proportionnelle à la concentration de polysaccharide.
- . l'homogénéité du mucus a été démontré par des filtrations sur gel (SEPHADEX G-200, SEPHAROSE 4B), mais également après électrophorèse et après ultracentrifugation.

4.2 - Propriétés chimiques :

- . une analyse du mucus et de son hydrolat acide par colorimétrie, CCM, chromatographie gaz-liquide, a démontré la présence de xylose, mannose, galactose et acide glucuronique (1:6:6:6) et d'un reste sulfate(1)

. Dans la sécrétion d' origine, des éléments ioniques en faible quantité ont été identifiés :

Ca 2+	22	mM
Mg 2+	19	mM
K+	0.9	mm
Na+	0.2	mM

En 1982-83, une équipe allemande, GOWDA, REUTER, SCHAUER (34,35) approfondit les recherches sur les caractéristiques structurales du polysaccharide acide composant le mucus de *Drosera binata* et de *Drosera capensis*.

Chez ces deux espèces, le polysaccharide constitue la seule macromolécule présente dans le mucus. Son homogénéité est confirmée par les mêmes méthodes que celles utilisées par ROST et SCHAUER.
(59)

Après hydrolyse acide (acide sulfurique) du polysaccharide, 5 sucres sont obtenus : arabinose, xylose, galactose, mannose (sucres neutres) et un sucre acide, l'acide glucuronique.

Chez *Drosera binata* et *D. capensis*, le pouvoir rotatoire des différents oses a été étudié : seul l' arabinose a une configuration en L (les autres sont en D)

Les proportions de chaque sucre sont regroupées dans le tableau suivant :

	<i>Drosera capensis</i> (35)	<i>Drosera binata</i> (34)
L-arabinose	3.6	8.4
D-xylose	1.0	1.0
D-galactose	4.9	9.6
D-mannose	8.4	18.3
ac.D-glucuronique	8.2	17.1

Chez les 2 espèces, l'hydrolyse partielle du polysaccharide, en plus des sucres mentionnés ci-dessus, donne 3 oligosaccharides acides : un disaccharide, un tétrasaccharide, un hexasaccharide.

Leurs structures ont pu être connues après diverses méthodes physiques et enzymatiques.

5° ENZYMES

Ces enzymes ont pour rôle principal la dégradation des protéines en acides aminés. Elles permettent ainsi l'absorption des substances azotées. (46)

HESLOP-HARRISSON (38) en 1978, publie un tableau récapitulatif des diverses enzymes mises en évidence chez les *Drosera* : il y aurait des peroxydases, des estérases, des phosphatases acides et des protéases. Il n'y aurait pas de lipases.

CLANCY et COFFEY (23) en 1977, constatent la production d'enzymes hydrolytiques extracellulaires chez *Drosera rotundifolia* après l'absorption de nourriture.

Cette production est apparue un à deux jours après la prise de nourriture, est maximale le quatrième jour et diminue ensuite. Deux enzymes sont identifiées : une phosphatase (phosphorylase monoester orthophosphorique) et une protéase. Toutes deux ont des activités optimales à pH acide.

Il peut exister plusieurs pH optima chez les protéases de *D. whittakeri*, *D. binata* et *D. auriculata* mais il n'en existe qu'un seul (pH 2.6) chez *D. binata*.

Les phosphatases acides de *D. rotundifolia* attaquent les substrats phosphorylés avec une prédilection pour les p-nitrophénylphosphates et ribonucléoside-triphosphates.

Son activité phosphomonoestérasique est peu importante, par contre. AMAGASE (1) de l'Université d'OSAKA, recueille quelques caractéristiques sur les protéases acides de *Drosera peltata*

Le pH optimum pour l'activité de cette enzyme est 3. A 40°C, l'enzyme est stable dans des valeurs de pH comprises entre 3.0 et 9.0.

A 60°, la stabilité la plus importante est obtenue à pH5. L'auteur constate la grande similitude existant entre les protéases du genre *Nepenthes* et de *Drosera peltata*.

Chez *Drosera capensis*, en 1978, DEXHEIMER (26) prouve la présence d'autres phosphatases (ATPases, phosphatases neutres).

6° CONSTITUANTS DIVERS

- Substances minérales :

dans les cendres, soit 5 % de la plante (taux variant selon l'espèce de *Drosera*), il y a du Fer, de la Silice et, en faibles quantités les éléments suivants : Mn, Ca, Na, Mg, Cl, P et S.

- Acides organiques :

Acides ferrique, propionique, benzoïque, butyrique, malique, citrique, gallique et ascorbique (jusqu'à 450 mg pour cent).

- Tanins :

Ils sont présents dans les tiges et les capsules immatures.

- Caroténoides :

Des chercheurs roumains (51) ont isolé du Béta-carotène de *Drosera rotundifolia*, après extraction dans un mélange éther de pétrole-Me₂CO-MeOH (6:2:2), puis séparation par chromatographie sur colonne.

La mise en évidence du bêta carotène a été faite par CCM.

C) ETUDE PHARMACOLOGIQUE

Le *Drosera* entre dans la matière médicale dès le XVIII^e siècle (5). Il est utilisé sous forme d'extrait sec, de teinture, d'infusion et est intégré à certaines spécialités.

Dans certains pays, comme l'Inde, il est utilisé pour ses "propriétés" (soupçonnées) sudorifiques, diurétiques et cholérétiques et une action stimulante du système nerveux central (43). Certaines de ces vertus sont aujourd'hui reniées, faute d'expérimentations probantes. D'autres par contre, sont confirmées (5).

1° ACTION ANTIBACTERIENNE :

Cette action, connue depuis longtemps est liée à la présence de certaines naphtoquinones, et par conséquent aux végétaux qui en contiennent (5, 29).

Ces naphtoquinones sont essentiellement, la plumbagine (8, 16, 57), la juglone (ou hydroxy-5-naphtoquinone), ainsi que la lawsone (hydroxy-2-naphtoquinone).

En 1984, LECLERCQ et ANGENOT de l'Université de Liège (43) affirment l'activité de la plumbagine sur les Cocci Gram+ tels que les Staphylocoques, les Streptocoques, les Pneumocoques. Cette activité touche également certains "champignons pathogènes, des protozoaires parasites (à des concentrations de 1/50 000)".

En 1985, DIDRY, PINKAS et DUBREUIL (29) reprennent des expériences sur cette activité antibactérienne des naphthoquinones d'origine végétale. Les espèces utilisées sont *Drosera longifolia* L. et *Drosera peltata*.

Ils confirment les espèces sensibles nommées par l'équipe belge, en élargissant le spectre ; toutefois, la plumbagine, active sur le staphylocoque, l'entérocoque, le pneumocoque l'est également sur l'*Acinetobacter*.

Cette activité est d'une importance majeure quand on connaît la résistance très fréquente de l'*Acinetobacter* aux antibiotiques et la gravité des infections qu'il provoque en milieu hospitalier (29)

En deuxième partie de cette étude, les auteurs testent l'activité de la plumbagine sur diverses bactéries anaérobies strictes : sont sensibles des bactéries telles que :

- *Propionibacterium* qui sont des streptocoques anaérobies et qui provoquent des sinusites chroniques,
- *Clostridium*, anaérobies sporulés largement mis en cause lors d'infections digestives ou gynécologiques, ainsi que
- *Bacteroides fragilis* (BGN : bacille Gram Négatif)
- *Fusobacterium* (BGN) responsables de septicémies graves, à porte d'entrée bucco-pharyngée.

La conclusion à cette étude est que "le *Drosera* est actif sur certaines bactéries anaérobies à condition de contenir de la plumbagine" (29, 36, 70).

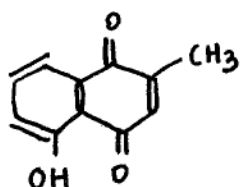
Sensibilité des bactéries anaérobies strictes étudiées

	Plumbagine
COCCI GRAM + Streptococcus intermedius Peptococcus anaerobius Peptostreptococcus productus	(+) (+) (+)
COCCI GRAM - Veillonella parvula	(+-)
BACILLES GRAM + Bifidobacterium bifidum Eubacterium lentum Eubacterium limosum Propionibacterium acnes Propionibacterium intermedium	(+) (+) (+) (+) (+)
BACILLES GRAM - Bacteroides fragilis Bacteroides vulgatus Clostridium perfringens Fusobacterium nucleatum	(+) (+) (+) (+)

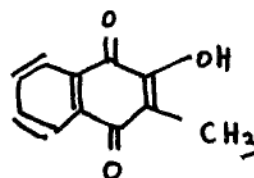
Bien que des chercheurs, en 1954, aient démontré la faible activité de la plumbagine sur *Haemophilus pertussis* (agent de la coqueluche), on prescrit encore des médications à base de *Drosera* pour les toux quinteuses lors de la coqueluche. Ceci s'explique par l'activité antispasmodique et non l'activité antibactérienne (43).

La plumbagine est un isomère du phtiocol (pigment du bacille tuberculeux) : la différence réside en la position du groupement hydroxyle.

PLUMBAGINE



PHTIOL



Or, il a été remarqué une certaine activité antituberculeuse de la part de la plumbagine. On suppose donc que cette activité est due à un mécanisme de substitution (10, 66),

2° ACTION ANTISPASMODIQUE :

Dès 1903, le Docteur HECKEL (5) note l'action du *Drosera* contre la toux de la coqueluche et autres toux spasmodiques (Catalogue Alphabétique des Plantes Médicinales et Toxiques de Madagascar). Cette action antitussive est en fait due à une activité spasmodolytique (5, 43, 56).

Cette activité spasmodolytique a été rattachée à la présence de certaines naphthoquinones :

- la plumbagine (2-méthyl-5-hydroxy-7-1,4-naphthoquinone)
- et la ramentacéone ou 7-méthyljuglone

Telle est la conclusion d'une étude menée par des chercheurs italiens, RAGAZZI et DE BIASI, à l'Université de Padova (56) en 1993. Ils ont recherché l'activité pharmacologique (in vitro) de la plumbagine et de la 7- méthyljuglone sur le tonus de base des trachée et coeur des rongeurs.

Les résultats sont les suivants :

A de faibles concentrations (0,1 à 5 microM), la plumbagine provoque une contraction suivie d'une relaxation de la trachée isolée d'un cochon d'Inde.

La 7-méthyljuglone, par contre, ne provoque qu'une contraction (à partir de 0,1 microM).

Cette différence d'effet s'explique, peut-être, par la position du groupement méthyle qui diffère selon la molécule .

L'addition au préalable d'un antagoniste des récepteurs H1 (la pyrilamine à une concentration de 3 μ M) provoque un blocage total des effets de la plumbagine et un blocage partiel de la contraction chez la 7-méthyljuglone.

Ces naphtoquinones ont donc une activité histamine-like ou provoquent la libération d'histamine endogène.

L'étude se poursuit avec l'indométacine (0,5 μ M).

L'indométacine a un effet inhibiteur sur les contractions induites par la plumbagine. Les naphtoquinones peuvent donc moduler la synthèse de dérivés de l'acide arachidonique qui libèrent ensuite l'histamine. Cette étude mentionne l'importance du choix de l'animal, selon l'espèce utilisée (lapin, cochon d'Inde...), il peut y avoir une différence d'activité, relaxation ou contraction, sur le muscle trachéal.

- L'action spasmolytique de certaines quinones ne s'applique pas uniquement au système bronchique. Elle opère également au niveau de l'intestin (expériences faites sur l'intestin isolé). Dès 1972, BEZANGER-BEAUQUESNE et PERRIN concluent à l'activité de la plumbagine ("et à celle d'une teinture riche en quinone") sur un intestin isolé (10).

La constatation est reprise et appuyée en 1984 par LECLERCQ et ANGENOT (ceux-ci ne parlent néanmoins que de la plumbagine) (43, 58).

Aujourd'hui, il s'agit d'une action reconnue et attribuée à la plumbagine, mentionnée dans le "Compendium de Phytothérapie" de VAN HELLEMONT (68).

3° PROPRIETES DIVERSES

a) La plumbagine aurait une action anti-coagulante, à faibles doses (0,5 à 1 mg/100 g) ce qui s'expliquerait par la similitude entre cette molécule et celle de la vitamine K.

Le résultat ne serait perceptible qu'après un traitement de fond (66, 70)

b) Lors d'une étude systématique faite par WAGNER, KREHER et JURCIC (68) de l'Université de Munich, ces chercheurs ont tenté de savoir si les effets cytotoxiques exercés par certaines naphtoquinones étaient dus à :

- soit une inhibition directe du métabolisme cellulaire,
- soit à une cytotoxicité immuno-induite.

Ils ont constaté après divers tests avec la plumbagine sur des lymphocytes et granulocytes humains le phénomène suivant :

- aux fortes concentrations (1-0,01 mg/ml il y a une activité immunosuppressive ou cyclotoxique,
- aux basses concentrations par contre, la plumbagine possède des propriétés immunostimulantes.

Ce même effet contraire s'observe avec certains produits synthétiques cytostatiques ou avec la vincristine. Cet effet cytotoxique est causé par une induction de facteurs immuns cellulaires et humoraux. (36, 68).

D - UTILISATIONS

D1 - PHYTOTHERAPIE

1° Les préparations phytothérapeutiques

Les phytothérapeutes actuels préconisent l'utilisation du *Drosera* dans les affections broncho-pulmonaires suivantes (58, 69):

- Bronchite chronique (avec toux sèche ou aigüe) :
la plumbagine prévient les spasmes bronchiques
provoqués par l'acétyl-choline.
- Coqueluche (en association avec du thym).
- Toux d'irritation, asthme bronchique,
- Enrouement : le *Drosera rotundifolia* est alors
utilisé en interne, en Teinture-Mère, à
raison de 10 à 20 gouttes, quatre à cinq
fois par jour dans un peu d'eau sucrée
(33)
- Toux quinteuses des enfants : les auteurs du "Guide
Pratique de phytothérapie" recommandent la préparation
suivante (33)
"Drosera TM..... 5 g
Sirop de capillaire... qsp 125 ml
avec la posologie suivante (variant avec l'âge) : 1 à 6
cuillères à café par jour."

En 1986, VAN HELLEMONT expose les différentes formes pharmaceutiques et posologies relatives au *Drosera* :

"Herba *Droserae* : 1 g de plante/tasse d'eau
préparer un infusé chaud
en boire 2 à 3 tasses/jour.
Droserae extractum fluidum : 500 mg 2 à 3 fois/jour
Droserae tinctura (1 : 5) : adulte : 1 à 3 g/jour
enfant : X à XX gouttes/jour
Drosera TM : XXX gouttes 3 fois /jour.
Gouttes contre la toux d'irritation et la bronchite :
R/Extr. *Droserae fluid.* 5 g
Tinct. *pimpinellae* 15 g
S/ V à XX gouttes, 3 fois par jour.

2° Spécialités à base de *Drosera* (11)

<i>Camphopneumine sp enf.</i>	Merrell
<i>Coquelusédal ad.</i>	Elerté
<i>Dinacode sp</i>	Picot
<i>Glottyl</i>	Merrell
<i>Humex sp enf.</i>	Fournier
<i>Myrtalyl</i>	Sauba
<i>Néo-Codion sp enf.</i>	Bouchara
<i>Pâtes des Vosges</i>	Cazé-Beecham
<i>Sirop Desbly</i>	Cooper
<i>Sirop Niver</i>	Cooper
<i>Sirop pectoral Oberlin</i>	Oberlin
<i>Sirop des Vosges</i>	Cazé-Beecham
<i>Tieucaly sp nourr.</i>	Goupil
<i>Tussipax gttes et cp</i>	Thérica

D2 - HOMEOPATHIE

L'espèce utilisée est *Drosera rotundifolia*. La Teinture-mère est préparée par macération de toute la plante (avec un titre en éthanol de 45° v/v) (17), cueillie au moment de la floraison.

1° MATIERE MEDICALE

A - Action générale (17, 20, 39, 69)

1.1 Système respiratoire_ :

Le *Drosera* agit principalement au niveau du larynx, de la trachée, des grosses bronches. Il provoque une irritation associée à des spasmes (d'où les toux spasmodiques et quinteuses).

Une intoxication par le *Drosera* provoque des lésions du parenchyme pulmonaire semblables à celles causées par la tuberculose.

1.2 Système lymphatique :

Il y a des adénopathies. Les adénites sont cervicales ou mésentériques.

1.3 Système ostéo-articulaire :

Les douleurs osseuses sont fréquentes, aggravées par le toucher ; les os concernés principalement sont les os longs et les vertèbres.

Il y a aussi des douleurs articulaires accompagnées de raideur voire d'impotence fonctionnelle.

1.4 Système digestif :

Drosera a une certaine action sur l'estomac et sur l'intestin.

Il provoque d'une part des troubles type nausées, gastralgies, vomissements, et, d'autre part, des troubles entéritiques, tels que de la diarrhée, des coliques.

1.5 Système nerveux :

Il peut se développer une parésie des membres inférieurs, avec tremblements des genoux, et contraction spasmodique des fléchisseurs de la main.

B - Pathogénésie (17, 69)

Elle peut se diviser en deux grands systèmes :

- le premier englobe les affections bronchopulmonaires dont les symptômes sont proches de ceux rencontrés lors d'une coqueluche,
- le deuxième regroupe des symptômes évoquant une tuberculose
 - . adénopathies,
 - . ostéites et ostéarthrites.

Outre ces deux syndromes principaux, on retrouve une altération de l'état général, psychique et physique (39)

C - Type sensible (17, 39, 69)

- la personne a une tendance tuberculeuse,
- elle a des idées de persécution, est triste et a des impulsions de suicide (par noyade),
- son anxiété augmente si elle est seule mais aussi le soir, la nuit et au réveil,
- l'état général est médiocre.

D - Modalités (17) :

Aggravations : la nuit (essentiellement après minuit)
en position couchée,
en buvant, en chantant, en riant (20, 39)

Améliorations : par le mouvement,
par la pression

2° PRINCIPALES INDICATIONS :

A - Appareil trachéo-bronchique : (17, 55)

Coqueluche :

Drosera est utilisé dans la phase d'état (ou phase des quintes). Ces quintes sont évocatrices : elles se succèdent rapidement, aboutissant à une apnée.

L'inspiration qui s'ensuit est profonde et bruyante (39, 69).

Le traitement consiste en la prise unique d'une dose de Drosera 30 CH.

Toux spasmodiques, quinteuses, voire coquelucheuses, dyspnéisantes :

Ici, deux posologies sont possibles :

- Granules : 7 ou 15 CH plusieurs fois par jour,
- Doses : 30 CH une fois par jour à renouveler

Trachéobronchite :

- La toux est quinteuse, sèche,
- 1 dose 30 ch (55).

Bronchospasme : (17, 55)

- On retrouve ici une des actions sur la crise d'asthme, puisque le *Drosera* lève le bronchospasme.
- Il se donne en granules, à 9 ou 15 CH après chaque quinte.

Laryngites aiguës accompagnées de toux quinteuses :

- 2 fois par jour des granules en 9 ou 15 CH (39)

B - Système lymphatique :

On peut conseiller *Drosera* lors de "toux de compression par des adénopathies trachéo-bronchiques".

C - Système osteo-articulaire (17)

Drosera peut être indiqué lors d'élançements, de contusions dans les membres ou le dos.

3° FORMES DU REMEDE HOMEOPATHIQUE :

- TM
- Granules aux différentes dilutions
- Doses

Drosera peut également se rencontrer, en formule composée

DROSERA COMPOSE

Il existe sous forme de gouttes, granules et comprimés et est composé de :

- | | |
|-------------------------------------|------|
| - <i>Drosera rotundifolia</i> | 3 CH |
| - <i>Arnica montana</i> | 3 CH |
| - <i>Belladonna</i> | 3 CH |
| - <i>Artemesia cina</i> | 3 CH |
| - <i>Corallium rubrum</i> | 3 CH |
| - <i>Cuprum</i> | 3 CH |
| - <i>Ferrosi phosphas</i> | 3 CH |
| - <i>Uragoga ipecacuanha</i> | 3 CH |
| - <i>Solidago virga aurea</i> | 1 CH |

Les posologies recommandées pour les toux spasmodiques sont :

- Gouttes.... 10 gouttes dans un peu d'eau, 3 f/jour
- Granules... 3 granules à sucer, 3 f/jour
- Comprimés.. 2 comprimés à sucer, 3 f/jour.

4° SPECIALITES HOMEOPATHIQUES

<i>Arum composé</i>	Boiron
<i>Arum composé</i>	Dolisos
<i>Arum composé</i>	L.H.F.
<i>Drosera composé</i>	Boiron
<i>Drosera composé</i>	Dolisos
<i>Drosera composé</i>	L.H.F.
<i>Drosétux</i>	Dolisos
<i>Elixir Weleda</i>	Weleda
<i>Granules Boribel n° 11</i>	Monal
<i>Homéogène n° 14</i>	Boiron
<i>Ipeca composé</i>	Boiron
<i>Ipeca composé</i>	L.H.F.
<i>Pâte pectorale Baudry</i>	Boiron
<i>Pâte Réglisse</i>	Boiron
<i>Pertudoron</i>	Weleda
<i>Stodal</i>	Stodal

C O N C L U S I O N

L'histoire des plantes carnivores n'a guère plus de cent ans. Leur mode de vie, plus particulièrement leur mode de nutrition, a longtemps été considéré comme hérétique.

Il a été à l'origine de multiples légendes, toutes aussi terrifiantes les unes que les autres.

La science, aujourd'hui, a permis de les aborder de manière plus sereine et plus juste.

Les plantes carnivores se répartissent en environ 530 espèces, regroupées en 7 familles. C'est cette grande disparité qui prouve que le passage au carnivorisme s'est produit de nombreuses fois, "engendrant plusieurs lignées évolutives coexistant actuellement et parfaitement étrangères entre elles".

Le carnivorisme leur a permis de s'adapter à des milieux pauvres en nutriments, sans grande concurrence.

Pour être carnivores, ces plantes ont dû subir des modifications morphologiques et biologiques : elles peuvent attirer, capturer, digérer et absorber leurs proies.

Pour attirer leurs victimes, elles ont recours à des leurres visuels (prenons l'exemple des couleurs vives des pièges de *Nepenthes*), olfactifs (odeur de miel du mucilage de *Drosophyllum* et/ou gustatifs (nectar sécrété par la *Dionaea*).

Il existe aussi une très grande diversité de pièges que l'on peut classer en trois grands types :

- piège actif (doué de mouvement rapide)
- piège semi-actif (doué de mouvement lent)
- piège passif (pas de mobilité).

Le mouvement, qu'il soit rapide ou lent, s'explique par une croissance différentielle des cellules de la surface interne ou externe des feuilles, selon qu'il s'agisse de l'ouverture ou de la fermeture du piège.

Vient ensuite la digestion dont le mécanisme est finalement proche de celui des animaux : les proies sont transformées en matière assimilable, sous l'action d'enzymes digestives.

Certaines espèces de plantes carnivores bénéficient en plus de l'action de bactéries présentes dans le suc et qui participent à la décomposition des insectes (les *Nepenthes*).

En deuxième partie, nous nous sommes attardés sur les *Drosera* qui, dès le XVII^e siècle, ont retenu l'attention pour leurs vertus médicinales.

L'analyse chimique des composés a permis d'associer l'activité thérapeutique aux naphthoquinones (plus particulièrement à la plumbagine) présentes en quantité variable selon les espèces.

Elle a également permis de connaître la composition du mucus produit en permanence chez les *Drosera*, la nature des enzymes sécrétées lors de la phase digestive.

On notera d'ailleurs que la grande majorité des travaux faits sur les enzymes visent à mieux les connaître, et non à relier leur présence au rôle qu'elles jouent chez les plantes carnivores.

Des méthodes d'extraction (par des solvants apolaires ou par chromatographies), des méthodes d'identification et de dosage ont été mises au point pour connaître la composition exacte des naphthoquinones présentes dans les extraits, les teintures de *Drosera*.

De ces concentrations dépendent les actions physiologiques du *Drosera* : action spasmolytique et action antibactérienne.

Grâce à ces actions, l'intérêt médical pour le *Drosera* s'est accru : les préparations à base de *Drosera* sont largement utilisées pour les affections trachéobronchiques comme la bronchite ou la toux d'irritation.

Des utilisations thérapeutiques potentielles sont à envisager : la plumbagine semble, en effet, avoir des propriétés immunostimulantes à faible concentration.

Elle aurait aussi une action anticoagulante qui lui permettrait de constituer un traitement de fond contre l'athéromatose.

Il existe néanmoins un problème majeur : aujourd'hui, alors que l'utilisation du *Drosera* est importante, on assiste à une disparition quasi totale des espèces officinales.

Peut-être, faudrait-il approfondir deux voies de recherche :

- la mise en culture des *Drosera*
- la recherche de plantes à plumbagine susceptibles de remplacer ces *Drosera*

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - AMAGASE, S.
Digestive enzymes in insectivorous plants.
III Acid proteases in the genus *Nepenthes* and *Drosera peltata*.
J.Biochem., 1972, 72, 73-81

- 2 - AMAGASE, S.; MORI, M.; NAKAYAMA, S.
Digestive enzymes in insectivorous plants.
IV Enzymatic digestion of insects by *Nepenthes* secretion and *Drosera peltata* extract: proteolytic and chitinolytic activities.
J.Biochem., 1972, 72(3), 765-767

- 3 - ASPINALL, G.; PUVANESARAJAH.
Selective cleavage of -D-glucopyranosiduronic acid linkages in methylated polysaccharide acids from *Drosera* species.
Carbohydr.Res., 1984, 131(1), 53-60

- 4 - AYUGA, C.; CARRETERO, E.; BERMEJO, P.
Contribucion al estudio de flavonoides en *D.rotundifolia* L.
An.Real.Acad.Farm., 1985, 51, 321-326

- 5 - BAFFRAY, M.; BRICE, Fr.; DANTON, Ph.
Les plantes carnivores de France.
SEQUENCES, Paris, 1985

- 6 - BAFFRAY, M.; BRICE, F.; DANTON, Ph.
Les plantes carnivores.Des pièges au détour de l'image.
Ed. NATHAN, Paris, 1992

- 7 - BAFFRAY, M.; BRICE, F.; DANTON, Ph.; TOURNIER, J.P.
Nature et culture des plantes carnivores.
EDISUD, Aix-en-Provence, 1989

- 8 - BENDZ, G.; LINDBERG, G.
Naphthoquinones and anthocyanins from two *Drosera* species.
Acta Chem. Scand., 1968, 22(8), 2722-3
- 9 - BENDZ, G.; LINDBERG, G.
Note on the pigments of some *Drosera* species.
Acta Chem. Scand., 1970, 24(3), 1082-3
- 10 - BEZANGER-BEAUQUESNE, L.; PERRIN, E.
A propos du *Drosera*.
Plantes médicinales et phytothérapie, 1972, 6(3), 183-93
- 11 - BEZANGER-BEAUQUESNE, L. ; PINKAS, M. ; TORCK, M.
Les plantes dans la thérapeutique moderne.
Ed. MALOINE, Paris, 1986
- 12 - BONNET, M.; COUMANS, M.; HOFINGER, M.; RAMAUT, J.L.; GASPAR, Th.
High performance Gas Chromatography of 1,4-naphthoquinones from *Droseraceae*.
Chromatographia, 1984, 18(11), 621-2
- 13 - BRIAND, Marc
Les plantes carnivores
Thèse de pharmacie, Nantes, 1985
- 14 - BROSSE, J.
La magie des plantes.
"Espaces libres "
ALBIN MICHEL, Paris, 1990
- 15 - BRUNETON, J.
Eléments de phytochimie et de pharmacognosie.
Technique et documentation (Lavoisier), Paris, 1987
- 16 - CANIATO, R.; FILLIPINI, R. and CAPPELLETTI, E.M.
Naphthoquinones contents of cultivated *Drosera* species
D. binata, *D. binata* var. *dichotoma* and *D. capensis*.
Int.J.Crude Drug Res., 1989, 27(3), 129-136

- 17 - CEDH
Cours d'homéopathie, Paris, 111-13
- 18 - CHANDLER, G.E.; ANDERSON, J.W.
Studies on the nutrition and growth of *Drosera* species with reference to the carnivorous habit.
New phytol., 1976, 76(1), 129-141
- 19 - CHANDLER, G.E. ; ANDERSON, J.W.
Studies on the origin of some hydrolytic enzymes associated with the leaves and tentacles of *Drosera* species and their role in heterotrophic nutrition.
New phytol., 1967, 77, 51-62
- 20 - CHARETTE, G.
Precis d'homéopathie.
La Matière Médicale Pratique.
BALTHAZAR Publications, Paris, 1980
- 21 - CHAUMELLE, C.
Les droseras en pharmacognosie.
Thèse de pharmacie, Paris V, 1985
- 22 - CHEEK, M.R.
Kew Bulletin, 1987, 42(3), 738
- 23 - CLANCY, F.; COFFEY, M.
Acid phosphatase and protease release by the insectivorous plant *Drosera rotundifolia*.
Can. J. Bot., 1977, 55(4), 480-8
- 24 - CROUCH, I.J. ; FINNIE, J.F. ; VAN STADEN, J.
Studies on the isolation of plumbagin from in vitro and in vivo grown *Drosera* species.
Plant Cell. tissue and Organ Culture, 1990, 21, 79-82
- 25 - DEBUIGNE, G.
Dictionnaire des plantes qui guérissent.
Librairie LAROUSSE, Paris, 1972

- 26 - DEXHEIMER, J.
 Etude de la secretion de mucilage par les cellules des glandes digestives de *Drosera capensis* L.
 Localisation ultrastructurale des phosphatases neutres et de l'ATPase.
 Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie, 1978, 86(3), 189-201
- 27 - DEXHEIMER, J.
 Localisation ultrastructurale des phosphatases acides (phosphomonoesterases acides) dans les cellules des glandes digestives du *Drosera capensis* L. pendant la synthèse du mucilage.
 Rev. Cytol. Bio. Veget. - Bot. , 1978, 1, 49-57
- 28 - DICTIONNAIRE VIDAL, Paris, Ed. 1993
- 29 - DIDRY, N.; PINKAS, M.; DUBREUIL, L.
 Activité antibactérienne de naphthoquinones d'origine végétale
 Ann. Pharmaceutiques françaises, 1986, 44(1), 73-78
- 30 - DORVAULT.
 L'officine.
 Ed. VIGOT, Paris, 1978, 445-6
- 31 - DURAND, R.; ZENK, M.
 The biosynthesis of the naphthoquinone 7-methyljuglone.
 Biochem. Physiol. Pflanzen, 1976, 169(3), 213-17
- 32 - FABIAN-GALAN, G.; SALAGEANU, N.
 Nutrition of certain carnivorous plants. (*D. capensis* and *A. vesiculosa*)
 Rev. Roum. Biol., Ser. bot., 1968, 13(4), 275-280
- 33 - FAURON, R. ; MOATTI, R.
 Guide pratique de phytothérapie.
 Encyclopédie médicale de prescription phytothérapique.
 Maloine, Paris, 1984
- 34 - GOWDA, D.C.; REUTER, G.; SCHAUER, R.
 Structural features of an acidic polysaccharide from the mucin of *Drosera capensis*.
 Phytochemistry, 1982, 21(9), 2297-300

- 35 - GOWDA, D.C.; REUTER, G.; SCHAUER, R.
Structural studies of an acidic polysaccharide from the mucin
secreted by *Drosera capensis*
Carbohydrate Research, 1983, 113, 113-124
- 36 - GUJAR.
Plumbagin, a naturally occurring naphthoquinone; its
pharmacological and pesticidal activity.
Fitoterapia, 1990, LXI(5), 387-94
- 37 - HEINRICH, G.
LAMMA-ionenspektren der frangschleime carnivorer pflanzen.
Biochem. Physiol. Pflanzen, 1984, 179, 129-143
- 38 - HESLOP-HARRISSON, Y.
Les plantes carnivores.
Pour la science, 1978, 6, 63-73
- 39 - HORVILLEUR, A.
Matière Médicale Homéopathique.
2e édition
Ed. CAMUGLI, Lyon, 1979
- 40 - KRAFFT, C.; HANDEL, S.
The role of carnivory in the growth and reproduction of
Drosera filiformis and *D. rotundifolia*.
Bulletin of The Torrey Botanical Club, 1991, 118(1), 12-19
- 41 - KRAUSEL, R.
Flore d' Europe. I.
Plantes herbacées et sous-arbrisseaux.
Collection de documents d' histoire naturelle.
Production Erich Cramer, Paris 7
- 42 - KRISHNAMOORTHY, V.; THOMSON, R.
New binaphthoquinone from *D. ramentacea*
Phytochemistry, 1969, 8(8), 1591-4

- 43 - LECLERCQ, J.; ANGENOT, L.
A propos du *Drosera peltata* et de la standardisation de la
teinture de *Drosera*.
J. Pharm. Belg., 1984, 39(5), 269-274
- 44 - LECOUFLE, M.
Comment choisir et cultiver vos plantes carnivores.
BORDAS, Paris, 1989
- 45 - LUCKNER, R.; LUCKNER, M.
Naphtoquinone derivatives from *Drosera rotundifolia*.
Pharmazie, 1970, 25(4), 261-265
- 46 - LUTTGE, U.
Les plantes carnivores.
La recherche, 1985, 16(171), 1302-1313
- 47 - MC NALLY, S.F.; STEWART, A.; WILSON UNA, E.
The stimulation of acid phosphatase activity in the stalked
gland of *Drosera rotundifolia*
Annals of Botany, 1988, 61, 289-292.
- 48 - MASSE, I.
Les plantes carnivores: aspect botanique et physiologie.
Thèse de pharmacie, Paris XI, 1987
- 49 - MINOCHET M., DE VILMORIN R.
Flore de France
Editions du Centre National de la Recherche Scientifique
PARIS 1984, 4, 1236-37
- 50 - NAHRSTEDT A.
Absence of cyanogenesis from Droseraceae
Phytochemistry, 1980, 19(12), 2557-8
- 51 - NEAMTU, G. ; BODEA, C.
Chemotaxonomic studies on higher plants.
IV- Carotenoid pigments of carnivorous plants.
Stud. Cercet. Biochim., 1972, 15(2), 181-5



- 52 - OUTENREATH R., DAUWALDER W.,
Ultrastructural and radioautographic studies of the digestive
gland cells of *D. Capensis*. Development and mucilage
secretion.
J. Ultrastruc. Research, 1982, 80(1), 71-88
- 53 - PHARMACOPEE FRANCAISE Monographie
Moulins les Metz, IXe édition 1976
- 54 - PHARMACOPEE FRANCAISE
Monographies de souches pour préparations homéopathiques.
Paris, X Ed., 6ème supplément, 1989
- 55 - PONCET J.E.
Homéopathie pédiatrique
Thérapeutique en pathologie aigüe
Ed. Boiron, Paris, 1985
- 56 - RAGAZZI E.; DE BIASI M.; PANDOLFO L.
In vitro effects of naphtoquinones isolated from *Drosera*
species
Pharmacological research, 1993, 27(1), 87-881
- 57 - RAMACHANDRAN NAIR, A.G.; SHANMUGASUNDARAM, P.; MADHUSUDHANAN.
Naphtoquinones and flavonols from leaves of *Drosera peltata*.
Fitoterapia, 1990, 61(1), 85-6
- 58 - RAMANAMANJARY, W.; BOITEAU, P.
Activité protectrice du Mahatanando, *Drosera ramentacea* Burch
vis-à-vis du bronchospasme.
C.R.Acad. Sc. Paris, 1968, serie D, 266(17), 1787-9
- 59 - ROST, K.; SCHAUER, R.
Physical and chemical properties of the mucin secreted by
Drosera capensis
Phytochemistry, 1977, 16, 1365-68
- 60 - SIMOLA, L.K.
Dipeptides as nitrogen sources for *Drosera rotundifolia* in
aseptic culture.
Physiol.Plant., 1978, 44(4), 315-18

- 61 - TAKAMASHI, K.; CHANG, W.J.; KO, J.S.
Specific inhibition of acid proteases from brain, kidney, skeletal muscle and insectivorous plants by diazoacetyl-DL-norleucine methyl ester and by pepstatin .
J.Biochem.(Tokyo), 1974, 76(4), 897-9
- 62 - THERA
Dictionnaire des médicaments conseils.
TARDY QUERCY S.A. , Bourges, 1992
- 63 - THUM, M.
The significance of carnivory for the fitness of *Drosera* in its natural habitat:
1-The reactions of *Drosera intermedia* and *D.rotundifolia* to supplementary feeding.
Oecologia (Berlin), 1988, 75, 472-480
- 64 - THUM, M
The significance of opportunistic predators for the sympatric carnivorous plant species *Drosera Intermedia* and *Drosera rotundifolia*
Oecologia, 1989, 81, 397-400
- 65 - THUM, M.
Segregation of habitat and prey in two sympatric carnivorous plant species, *Drosera rotundifolia* and *D. intermedia*.
Oecologia (Berlin), 1986, 70, 601-605
- 66 - TIGER, F.
Les Droseras:utilisation en thérapeutique homéopathique.
Thèse de pharmacie, Bordeaux II, 1987
- 67 - VANHAELEN.
Identification par chromatographie sur couches minces de gel de silice de drogues végétales et de quelques uns de leurs dérivés galéniques.
J.de pharmacie de Belgique, 1969, ,197
- 68 - VAN HELLEMONT, J.
Compendium de phytothérapie
APB. Service Scientifique, Belgique, 1986

- 69 - VANNIER, L.; POIRIER, J.
Précis de matière médicale homéopathique.
DOIN Ed., Paris, 1983
- 70 - WAGNER, H.; KREHER, B.; JURCIC, K.
Immunological investigations of naphthoquinone-containing
plant extracts, isolated quinones and other cytostatic
compounds in cellular immunosystems.
Planta Medica, 1986, 6, 550
- 71 - WURM ; GRIMM, H.
Plumbagin.
Deutsche Apotheker Zeitung, 1984, 124(43), 2128-2132
- 72 - ZENK, M.; FUERBRINGER, M.; STEGLICH, W.
Occurrence and distribution of 7-méthyljuglone and plumbagin
in the *Droseraceae*.
Phytochemistry, 1969, 8(11), 2199-200



Je tiens à remercier tout particulièrement et très sincèrement mon professeur et président du Jury, Madame NARIOTTE qui m'a ménagé, ni sa peine, ni son temps pour m'aider à mener à bien cette thèse.

Je remercie également Madame BOUCHET et Monsieur ROCHAT, les membres du Jury, qui ont bien voulu assister à cette soutenance de thèse.

Ma vive reconnaissance est acquise à James LECOEUR pour sa collaboration.

Et je remercie ma mère, Huguette BOUVIER-ROVIRA, pour l'aide très précieuse qu'elle m'a apportée.

Isabelle BOUVIER.

AUTORISATION D'IMPRESSION ET DE SOUTENANCE

De la Thèse dont l'intitulé est :

A propos des plantes carnivores :
les Drosera.

CANDIDAT : M

elle Isabelle BOUVIER

VU

GRENOBLE, le 23/09/93

Le Président du Jury

A Lanotte

VU

GRENOBLE, le 6 octobre 1993

p/ Le Président de l'Université
Joseph FOURIER GRENOBLE I
Sciences. Technologie. Médecine

Le Directeur de l'UFR de Pharmacie

J. ROCHAT

