

Remerciements

Je tiens à remercier Mr Joël Reynaud pour le temps qu'il a accordé au suivi et à la correction de mon travail ainsi que pour ses précieux conseils lors des différentes entrevues.

RESUME

Evolution des classifications botaniques : utilitaires, morphologiques, phylogéniques.

Depuis l'Antiquité, les classifications botaniques se sont succédées.

D'abord basées sur l'utilité des plantes; elles se sont ensuite tournées vers l'étude morphologique avec les progrès des moyens d'observation lors de la Renaissance. Quand la théorie sur l'évolution apparût, elles se basèrent alors sur la réunion de plantes parentes. Cette dernière façon de classer le monde végétal fait aujourd'hui référence et profite des progrès scientifiques dans le domaine de la biologie moléculaire.

Descripteurs : Classification botanique. Systématique végétale.

Cladistique. Phylogénie.

Botany classifications evolution : utility, morphologic, phylogenic

Since Antiquity, botany classifications have followed one another. First based on plant usefulness, they turn to morphological study thanks to observation means progresses. When evolution theories appeared, they based themselves on parent plant's reunion. This last classification way of the vegetal world is today the reference and takes advantage of scientific progresses in the molecular biology.

Keywords : Botany classification. Systematic. Cladistic. Phylogeny.

Table des matières

INTRODUCTION.	6
METHODOLOGIE.	7
1. Mise en place des équations de recherche.	7
2. Sources d'informations à consulter.	8
RECHERCHE DOCUMENTAIRE.	9
1. Informations auprès de la personne ressource.	9
2. Encyclopédie Universalis.	9
3. Bases de données payantes (serveur DIALOG).	10
3.1. Présentation du serveur DIALOG.....	10
3.2. Sélection de bases pertinentes à l'aide de DIAL INDEX.	10
3.3. Première équation de recherche.	14
3.4. Seconde équation de recherche.	15
4. Recherche à l'aide d'un annuaire de recherche (looksmart).	15
4.1. Equation de recherche	16
4.2. Résultats.....	16
5. Recherche à l'aide d'un moteur de recherche.	17
5.1. Equation de recherche.	17
5.2. Résultats.....	17
6. Recherche dans les sites de revues en lignes.	18
7. Obtention des documents primaires.	19
8. Estimation des coûts et du temps de travail.	20
8.1. Estimation des coûts en temps.....	20
8.2. Estimation des coûts en argent	20
SYNTHESE.	22
1. Les classifications utilitaires.	22
1.1. L'Antiquité : les plantes ont une âme et servent l'homme.....	22
1.2. Le Moyen-âge : régression et confusions.....	23
2. Les classifications morphologiques.	25
2.1. la Renaissance : l'éveil de la botanique.....	25
2.2. Le 17 ^{ème} siècle : les bases de la botanique moderne.....	27
2.3. Linné L'inventeur de la nomenclature moderne.....	28
3. Les classification évolutives.	31

3.1.	Le 19 ^{ème} siècle : Darwin. La fin du fixisme.....	31
3.1.1.	La phénétique.	32
3.1.2.	La cladistique (ou classification phylogénétique).	34
3.2.	Le 20 ^{ème} siècle. Les classifications modernes : phénétique et cladistique. 36	
3.3.	La classification actuelle. Utilisation des outils moléculaires.....	37
4.	Conclusion.	40
BIBLIOGRAPHIE.....		41
TABLE DES ANNEXES.....		49

INTRODUCTION.

Naturellement intéressé par la botanique, j'ai contacté M. Joël Reynaud, maître de conférences et membre du laboratoire de botanique et d'homéopathie de la faculté de pharmacie de Lyon, afin de savoir si un sujet pouvait faire l'objet d'une note bibliographique.

M. Reynaud m'a alors demandé de préparer de mon côté une liste de sujets susceptibles de convenir à un tel travail.

Lors de notre première rencontre, nous nous sommes aperçus que nous avions un sujet en commun puisque l'évolution des classifications en botanique avait retenu notre attention.

Nous avons donc décidé de travailler sur ce sujet qui après les premières recherches réalisées est devenu « Evolution des classifications botaniques : utilitaires, morphologiques, phylogéniques ».

Si nous avons, M. Reynaud et moi-même, pensé au même sujet, c'est que la botanique vit, depuis quelques décennies, un réel bouleversement. En effet, à l'origine, les classifications des plantes ont d'abord reposé sur leur utilité (comestibilité, propriété thérapeutique) puis sur leur morphologie (organisation et disposition des différentes parties florales, des organes reproducteurs) Elles sont maintenant basées sur la recherche d'ancêtres communs (phylogénie ou cladistique) et ceci grâce à des méthodes d'analyse très pointues (biologie moléculaire, séquençage des gènes..)

Il est donc plus qu'intéressant pour un laboratoire de botanique de faire régulièrement le point sur les développements de cette nouvelle systématique.

METHODOLOGIE.

1. Mise en place des équations de recherche.

Le sujet « Evolution des classifications botaniques : utilitaires, morphologiques, phylogéniques » fait appel à deux domaines bien distincts : l'histoire des sciences, ici de la botanique, qui traitera plus des classifications en passe d'être sinon rejetées du moins remaniées et puis la biologie moléculaire à la base de la nouvelle classification.

Il faut donc tenir compte de ces deux approches du sujet pour formuler de bonnes équations de recherches.

J'ai donc décidé d'en formuler deux, la première qui prend en compte le caractère historique et la seconde qui s'intéresse aux recherches scientifiques à la base de la classification phylogénique. Ce choix de termes n'a pu se faire qu'après la lecture de livres et d'articles prêtés par M. Reynaud, lequel a ensuite validé ce choix.

❖ Première équation :

Descripteurs français	Descripteurs anglais
Botanique, plantes	botany, plants
Classifications, systématique	Classifications systematic
histoire	history

❖ Seconde équation :

Descripteurs français	Descripteurs anglais
Botanique, plantes	botany, plants
Classifications, systématique	Classifications systematic
Phylogénie, cladistique	Phylogeny, cladistic

Les termes d'une même ligne sont utilisés de façon équivalente dans l'équation de recherche.

Cependant, suivant les sources d'information consultées, je ne choisirai que certains termes, ceux dont l'équation donne les meilleurs résultats (peu de bruit).

2. Sources d'informations à consulter.

Les sources d'informations qui m'ont permis d'effectuer mes recherches ont été les suivantes :

- Livres et articles prêtés par M. Reynaud.
- Encyclopédie UNIVERSALIS sur support CD Rom.
- Bases de données payantes consultables sur le serveur DIALOG.
- Annuaire de recherche (LOOKSMART) et moteur de recherche (GOOGLE).
- Sites de revues de botanique en ligne.

RECHERCHE DOCUMENTAIRE.

1. Informations auprès de la personne ressource.

Les livres et articles prêtés par M. Reynaud se sont avérés précieux pour trois raisons :

- Couvrant l'ensemble du sujet, ils m'ont permis d'avoir une bonne idée du thème traité ainsi que de mettre au point les équations de recherche citées au paragraphe 1.
- La bibliographie qu'ils contiennent me permettent de trouver des documents intéressants.
- Ils constituent de l'information directement exploitable pour la synthèse

2. Encyclopédie Universalis.

J'ai ensuite cherché dans l'encyclopédie Universalis version 7 des articles se référant à l'ensemble des domaines du sujet. Cette encyclopédie est une œuvre de synthèse dont les articles rédigés par des spécialistes de différents domaines fait le point des connaissances acquises jusqu'ici par l'humanité.

La version électronique reprend le texte intégral de la version papier en 28 volumes ainsi que de nombreux articles tirés des suppléments annuels Universalis et La Science au Présent.

La recherche sur la version 7 permet d'effectuer des requêtes avec plusieurs mots-clés, des opérateurs booléens et des troncatures.

J'ai entré l'équation suivante :

botanique ET systématique ET histoire

J'obtiens 40 résultats dont **3** sont très pertinents. Le bruit important observé s'explique par le fait que les descripteurs sont recherchés dans le titre et aussi le texte, ainsi un article sans rapport avec le thème mais qui comporte les 3 mots-clés apparaîtra dans les résultats.

3. Bases de données payantes (serveur DIALOG).

3.1. Présentation du serveur DIALOG.

DIALOG est un serveur regroupant plus de 450 bases de données couvrant des domaines très divers comme les sciences et techniques, les sciences humaines ou bien encore l'économie.

DIALOG est accessible soit par Telnet :

<telnet://dialog.com> , soit en ligne à deux adresses :

<http://www.dialogweb.com> et

<http://www.dialogclassic.com>

3.2. Sélection de bases pertinentes à l'aide de DIAL INDEX.

Le DIALINDEX permet de sélectionner des bases de données pertinentes d'après une première équation de recherche générale.

Comme grands thèmes de bases de données, j'ai choisi des thèmes scientifiques mais aussi le thème historique.

SF allsci, allbiosci, biosci, agri, scitech, history

253 bases de données correspondaient à ces thèmes.

Pour sélectionner les bases de données les plus pertinentes, j'ai entré la requête suivante, la plus large possible, susceptible de contenir des éléments tant historiques que biologiques :

s (botany or plant ? ?)(w)(classification? ?)

J'ai obtenu les résultats suivants après avoir exécuté la commande **Rank files** qui permet de donner la liste des bases les plus pertinentes quant au sujet donné.

Le premier chiffre (374 pour N1) indique le nombre d'articles trouvés d'après cette première équation de recherche dans la base n° 155 qui s'avère être MEDLINE, les dates indiquent la période couverte par la base.

N1	374	155: MEDLINE(R)_1966-2002/JAN W2
N2	218	654: US PAT.FULL._1990-2001/Dec 18
N3	93	10: AGRICOLA_70-2001/Dec
N4	92	5: Biosis Previews(R)_1969-2001/Dec W3
N5	73	440: Current Contents Search(R)_1990-2001/Dec W5
N6	69	34: SciSearch(R) Cited Ref Sci_1990-2001/Dec W4
N7	68	144: Pascal_1973-2001/Dec W3
N8	58	203: AGRIS_1974-2001/Oct
N9	53	6: NTIS_1964-2001/Jan W1
N10	51	399: CA SEARCH(R)_1967-2001/UD=13526

Il m'a fallu retenir certaines bases, ce que je n'ai pu faire qu'après avoir étudié leur fiche descriptive(blue-sheet accessibles à l'adresse :

[http:// library.dialog.com/bluesheets/](http://library.dialog.com/bluesheets/)) ainsi qu'après avoir suivi les séances de recherche documentaire avec Mr.Pascal Bador où j'ai pu tester 4 bases parmi les 10 (Medline, Biosis, Current Contents, Pascal).

Je remarque également qu'aucune base historique ne ressort et en déduis que l'histoire des sciences est plutôt référencée dans les bases scientifiques.

☞ Ceci m'amène à douter de la pertinence d'utiliser le DALINDEX sans connaître auparavant un minimum les bases conseillées.

En effet lors des séances de recherche documentaire avec M Pascal Bador, j'ai pu tester MEDLINE avec les descripteurs retenus et malgré un grand nombre d'équations essayées, je n'ai pu trouver autre chose que deux articles ayant un rapport lointain avec le sujet (ce qui semble normal puisque MEDLINE est une base médicale et que mon sujet ne l'est pas). Or ce n'est pas ce qu'indiquent les résultats du DIALINDEX.

J'ai donc retenu les bases suivantes que je présente en quelques lignes :

Agricola (10)

AGRIcultural On Line Acess est une base de données internationale qui émane de la National Agricultural Library (NAL).

Elle est alimentée par les articles de journaux, de livres, les rapports de conférences et de réunions reçus par la NAL. Et couvre des domaines tels la botanique, l'horticulture, l'économie, la pollution ou la zoologie...etc.

Couvrant la période 1970 à nos jours , la base contient à l'heure actuelle près de 3 millions de notices et est alimentée tous les mois.

Biosis (5)

Biosis est alimentée par les articles de *Biological Abstracts* et *Biological abstracts / Reports , Rreviews, and Meetings* deux revues qui couvrent le domaine de la recherche dans les domaines biologique et biomédical en publiant par exemple des articles de journaux, des comptes-rendus de séminaire, des lectures d'ouvrages.

Cette base couvre des domaines tels que la botanique, la biochimie, la pharmacologie, la biologie cellulaire, la virologie...etc.

Couvrant la période de 1969 à nos jours , elle contient environ 12 millions d'articles et est alimentée chaque semaine.

Current Contents Search (440)

Current Contents Search est la version en ligne de la revue *Current Contents* qui chaque semaine reproduit les tables des matières des principaux journaux couvrant les domaines des sciences, des arts et des sciences sociales. A côté des tables des matières qu'elle reprend, la base de données propose en plus les notices des articles.

Current Contents couvre la période de 1990 à nos jours et contient environ 9 millions de notices. La mise à jour est hebdomadaire.

SciSearch (34)

SciSearch contient les notices des articles publiés dans *Science Citation Index* et *Current Contents*. Le domaine scientifique couvert est très complet puisqu'il comprend aussi bien les mathématiques que la génétique ou l'agriculture et l'astronomie par exemple.

La base couvre la période de 1990 à nos jours et contient environ 10 millions de notices. La mise à jour se fait chaque semaine.

Pascal (144)

Pascal est une base produite par l'Institut de l'Information scientifique et Technique (INIST) qui appartient au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et qui correspond à la publication papier *Bibliographie*

internationale Les principaux domaines couverts sont la physique, la chimie, les sciences de la vie et de la terre et l'informatique.

La base couvre la période de 1973 à nos jours et comprend près de 15 millions de notices. La mise à jour est hebdomadaire.

Agris (203)

Agris est une base qui fait l'inventaire de la littérature agricole en indexant des articles de journaux, des comptes-rendus de conférences ou bien encore des thèses dans les domaines du développement rural et de la production alimentaire.

Pour les équations de recherche qui suivent, je ne présente que celles qui donnent le plus de réponses pertinentes car c'est après de multiples tâtonnements où j'ai essayé différentes combinaisons d'un ou de plusieurs mots-clés que j'ai pu les mettre au point.

3.3. Première équation de recherche.

s (botany or plant ? ?)(w)(classification? ?) and history (S1)

S1 —> 25 réponses

s RD S1 (S2) Ceci afin d'éviter les doublons d'une base à l'autre.

S2 —> 16 réponses dont **9 pertinentes**

N°BASE	10 Agricola	5 Biosis	440 Current Contents	34 SciSearch	144 Pascal	203 Agris
Résultat S2	2	2	3	1	0	1

3.4. Seconde équation de recherche.

s (botany or plant ? ?)(w)(classification? ?) and phylogeny (S4)

S4 45 réponses

sRD S1 (S5) (pour éviter les doublons)

S5 → 29 réponses dont **14 pertinentes**

N° BASE	10 Agricola	5 Biosis	440 Current Contents	34 SciSearch	144 Pascal	203 Agris
Résultats S5	2	3	4	2	3	0

Parmi tous les documents obtenus je note qu'un seul traite de l'aspect historique des classifications, tous les autres traitent de la classification actuelle.

4. Recherche à l'aide d'un annuaire de recherche (looksmart).

Les annuaires répertorient des sites, le classement se fait par grands thèmes et est manuel (travail réalisé par des documentalistes).

J'ai consulté LOOKSMART le 30 Janvier 2002 <http://www.looksmart.com/>

4.1. Equation de recherche

« **botany classification*** » or « **botany systematic** »

4.2. Résultats.

J'ai obtenu 38 sites dont seulement **2** s'avèrent pertinent pour la rédaction de la synthèse.

Ce qui est vraiment très intéressant avec cet annuaire c'est la rubrique « see also » qui permet de donner des listes de sites en rapport avec la thématique abordée. Ici m'est proposée une liste intitulée « Botany publications » qui énumère les publications de botanique accessibles en ligne.

Cette liste s'est avérée très précieuse puisqu'elle m'a permis d'entreprendre des recherches directement dans ces revues.

J'ai retenu 4 revues en ligne d'après les conseils de Mr Reynaud et la description qui en était faite à la page d'accueil de la revue. Pour chacune d'entre elles, j'ai effectué une recherche (cf § 6) :

American Journal of Botany :

<http://www.amjbot.org/>

Botanical Journal of the Linnean Society :

<http://www.academicpress.com/botjls>

Canadian Journal of Botany:

http://www.nrc.ca/cgi-bin/cisti/journals/rp/rp2_desc_e?cjb

Annals of Botany:

<http://www.academicpress.com/aob>

5. Recherche à l'aide d'un moteur de recherche.

Les moteurs de recherche répertorient les sites et les pages , le classement est manuel (par recherche de liens hypertextes)

J'ai consulté GOOGLE le 31 janvier 2002 <http://www.google.fr/>

5.1. Equation de recherche.

« **Botany classification*** » or « **botany systematic** » and history

5.2. Résultats.

J'ai obtenu 570 sites mais ne je n'ai consulté que les 50 premiers car il y a énormément de bruit puisque seul 1 site convient et que le reste est constitué de programmes de cours d'université ou de livres à acheter en ligne. Le rapport à la botanique n'est donc pas évident pour certains de ces sites contrairement aux résultats obtenus avec l'annuaire de recherche, car même si tous les sites répertoriés par LOOKSMART n'étaient pas exploitables pour la rédaction de la synthèse, leur rapport à la botanique était réel.

Ce site trouvé s'est avéré très pertinent puisque c'est l'un des rares documents à retracer toute l'histoire de la botanique de façon détaillée.

<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e00/contents.htm>

6. Recherche dans les sites de revues en lignes.

Les revues en lignes trouvées grâce à l'annuaire LOOKSMART m'ont permis d'y chercher directement des articles. Cependant la période couverte par ces archives ne dépasse pas bien souvent 5 ans et tous les articles ne sont pas disponibles sans inscription

Puisqu'il s'agit déjà de revues dont le thème est la botanique, j'ai limité l'équation de recherche à un seul descripteur : **systematic**

Revue	Nombre de résultats obtenus	Nombre de résultats pertinents
American Journal of Botany	47	18
Botanical Journal of the Linnean Society	53	15
Canadian Journal of Botany	18	9
Annals of Botany	17	6

Le nombre de résultats qui apparaît en gras correspond au nombre de références pertinentes et nouvelles par rapport à celles enregistrées avec DIALOG. En effet des doublons existent prouvant ainsi que les revues étudiées sont répertoriées dans les bases de DIALOG.

Là encore les documents obtenus traitent de l'état de la classification actuelle, aucun article ne remonte l'histoire de la botanique, c'est compréhensible puisque ces revues font le point sur les dernières avancées de la recherche.

7. Obtention des documents primaires.

Pour obtenir les articles trouvés à l'aide de DIALOG et des revues en ligne, je me suis rendu à la faculté de pharmacie de Lyon 1 où j'ai consulté le logiciel MYRIADE qui permet de localiser de revues dans l'ensemble des universités françaises.

Je n'ai pas cherché à localiser toutes les références des articles trouvés mais seulement ceux qui portent sur l'ensemble du sujet (aspects historique et biologique) de la façon la plus complète possible ainsi que ceux qui éclairent une partie précise nécessitant des exemples (la dernière partie de la note essentiellement).

Ces différentes recherches m'ont permis d'acquérir 82 documents utiles pour la note de synthèse, ils se répartissent de la façon suivante

Informations auprès de la personne ressource : **5 documents**

Informations recueillies dans l'encyclopédie Universalis : **3 documents**

Informations recueillies à l'aide du serveur dialog : **23 documents**

Informations recueillies lors de l'interrogation de l'annuaire Looksmart et du moteur de recherche google : 3 sites (**3 documents**).

Informations recueillies lors de la recherche dans les revues en ligne : **48 documents.**

Les documents dont je me suis servi pour la rédaction de la note sont les 5 documents prêtés par Mr Reynaud, les 3 articles de l'encyclopédie, 2 sites et 2 articles obtenus par la consultation des revues en ligne.

.

Les articles de DIAOLOG et des revues en ligne entrent dans le sujet mais ils servent plus à éclairer un point particulier du sujet. Ils apparaissent en fait très pointus scientifiquement pour le sujet général donné et surtout ne s'appliquent presque qu'à la dernière partie de la synthèse mais ils permettent d' en approfondir tel ou tel aspect.

8. Estimation des coûts et du temps de travail.

8.1. Estimation des coûts en temps.

Voici une estimation du temps passé pour chaque tâche de la recherche :

Les 4 rendez-vous avec M Reynaud m'ont pris **6 heures**.

Recherche sur internet : **5 heures**.

Recherche dans les revues en ligne : **5 heures**.

Recherche sur DIALOG : **2 heures**.

Localisation et tri des articles : **5heures**.

Etude des documents retenus : **20 heures**.

Rédaction de la note : **15 heures**.

Soit environ 60 heures.

8.2. Estimation des coûts en argent

Le coût est essentiellement du à la recherche sur le serveur DIALOG.

Pour la sélection des bases à l'aide du DIALINDEX : \$6.31 soit 4.004 DialUnits

Pour la recherche dans les bases sélectionnées : \$12.88 soit 7.619 DialUnits

Soit près de 20 dollars soit à peu près 20 euros.

SYNTHESE.

1. Les classifications utilitaires.

1.1. L'Antiquité : les plantes ont une âme et servent l'homme.

La première classification à connotation biologique est semble-t-il, celle d'ARISTOTE (384-322 av. J.-C). Principalement philosophique, elle s'attache à classer ses Substances dans « le buissonnement gigantesque des êtres »[3]. Il affirmait que les plantes constituent la transition entre le monde inanimé et le monde animé et croyait en de possibles transitions des plantes aux animaux [80].

Dans sa hiérarchie des êtres vivants classés selon leur perfection, il attribuait aux plantes comme aux animaux une âme, mais les premières se trouvaient en bas de l'échelle et étaient ainsi asservies à l'homme doté d'une âme supérieure [1].

Si ARISTOTE peut être considéré comme le père de la biologie, le père de la botanique est assurément son disciple THEOPHRASTE (370-285 av. J.-C). Auteur d'une histoire naturelle des plantes « *De historia plantarum* » il établit une classification artificielle en quatre groupes principaux : les herbes, les sous-arbrisseaux, les arbrisseaux et les arbres. Il y rangeait cinq cents plantes.

En regardant de plus près les titres des 9 livres composant « *De historia plantarum* », il apparaît que la classification repose également de façon importante sur le caractère utilitaire des plantes décrites : 1) L'anatomie des plantes, 2) Les plantes domestiquées et leur culture, 3) les plantes sauvages,

4) Les arbres et les arbrisseaux, 5) les caractéristiques des différents bois, 6) les herbes vivaces, 7) les légumes et leur culture, 8) les céréales, 9) les drogues médicinales [80].

DIOSCORIDE (1^{er} siècle après J.-C) , médecin militaire grec dans l'armée romaine est le premier à ne se consacrer qu'à la botanique médicale, dans son ouvrage « *De materia medica* » il décrit plus de six cents espèces (dont cent nouvelles par rapport à la classification de THEOPHRASTE) en énumérant pour chacune les emplois médicaux puis en donnant une description qui devait permettre au récolteur de simples de la reconnaître.

Cet ouvrage joua un rôle considérable en médecine pendant près de 16 siècles

PLINE l'ANCIEN (23-79), naturaliste romain reprit les travaux de THEOPHRASTE et de DIOSCORIDE dans « *Historia naturalis* » déclinée en 37 volumes dont 9 traitent des plantes médicinales.

Les 300 plantes qu'il ajouta à ce qui était déjà connu relèvent plus de la poésie que de la réalité biologique. Ainsi s'il s'attacha à décrire soigneusement les arbres, ce n'est pas parce qu'il les jugeait appartenant à une classe supérieure comme THEOPHRASTE, mais parce qu'ils répondaient aux principales préoccupations des hommes. Ainsi le laurier fut étudié parce que ses branches accompagnaient les processions triomphales. De même, les plantes qui fournissaient le miel, offrande aux dieux, furent étudiées et la distinction fut faite entre celles qui rendaient le miel délicieux et celles qui le gâtaient ! [80]

1.2. Le Moyen-âge : régression et confusions.

La fin de l'Antiquité voit donc la botanique née des travaux de THEOPHRASTE presque disparaître pour ne laisser place qu'à l'étude des

propriétés des plantes comme dans les domaines alimentaire, médical ou rituel.

Le moyen-âge ne modifia pas cette approche et fut même considérée une période particulièrement néfaste pour la botanique, et ceci pour plusieurs raisons :

- Les sciences naturelles étaient suspectées de déviationnisme par l'Eglise.

- Aucun intérêt n'était porté par les naturalistes de l'époque à l'observation rigoureuse de la morphologie des plantes, seules leurs utilités, l'étymologie de leur nom, et leur représentation graphique (souvent fantaisiste bien que remarquable artistiquement) furent largement étudiées.

- Les traités de botanique de l'époque n'étant pratiquement que des compilations des ouvrages de DIOSCORIDE et de PLINE l'ANCIEN, une grande confusion régnait quant à la dénomination botanique dans toute l'Europe car les plantes de « *De materia medica* » et « *Historia naturalis* » étaient méditerranéennes (DIOSCORIDE était grec, PLINE italien), or les naturalistes du moyen âge appliquèrent leurs noms à bien des plantes d'Europe centrale jamais décrites dans les deux ouvrages [3].

Il faudra attendre la Renaissance et le regard nouveau porté par l'homme sur la nature pour que la botanique connaisse des progrès spectaculaires.

2. Les classifications morphologiques.

2.1. la Renaissance : l'éveil de la botanique.

Cette période de renouveau des idées de l'Antiquité voit la botanique progresser très sensiblement, ceci pour plusieurs raisons :

-L'intérêt suscité pour les œuvres antiques permet l'étude critique de nombreux traités anciens, ainsi DIOSCORIDE voit ses ouvrages commentés par Petrus Andreas MATTHOLUS dans « *Commentarii* ». Toute cette littérature antique ou d'époque va pouvoir être très largement diffusée grâce à l'invention de l'imprimerie (en 1450 par GUTTENBERG).

-Les voyages et notamment la découverte du Nouveau Monde permirent d'enrichir le nombre d'espèces à étudier. Ainsi des plantes nouvelles comme l'ananas et la pomme de terre furent introduites en Europe.

C'est aussi l'époque des premières universités et des premiers jardins botaniques (attachés aux universités médicales) à Padoue, Pise, Florence ou Montpellier. La part belle est donc faite à l'étude rigoureuse des plantes observables dans les jardins ou dans des herbiers. Les descriptions farfelues et symboliques disparaissent peu à peu et laissent place à des travaux plus sérieux préfigurant la botanique scientifique du 17^{ème} siècle [1].

Le besoin de lire la réalité de la nature se révèle par exemple chez Léonard DE VINCI : ses dessins de plantes et d'anatomie humaine dans « Le traité de la peinture » montrent que l'observation naturaliste est le préalable à toute compréhension scientifique.

Chez les botanistes cette observation fine du monde vivant se retrouve notamment chez les allemands Otto BRUNFELS (1464-1534) et Léonard FUCHS (150-1566).

Le premier recense dans « *Herbarum vivae eicones* » la flore de Strasbourg et de la rive gauche du Rhin, il y distingue les plantes avec fleurs des plantes sans fleurs. Mais si les illustrations graphiques sont remarquables de réalisme, les descriptions, lorsqu'elles existent, n'ont que peu d'intérêt botanique. L'art est en avance sur la pensée.

FUCHS dans son « *De historia stiripium* » inaugure la nomenclature botanique en introduisant des termes comme « *stamina* » (les étamines). Mais ces notions relatives à la fleur sont bien peu utilisées dans son ouvrage et comme chez DIOSCORIDE et PLINE, ce sont principalement des feuilles et des racines dont il est question.

Cependant la simple observation rigoureuse permet parfois une ébauche de classification, ainsi une illustration dans « *De Historia stiripium* » montre trois espèces différentes de *Lamium* partant d'une même racine. Cette plante « chimérique » exprime donc sous forme graphique l'appartenance des trois plantes à une même famille [1].

L'œuvre d'Andréa CESALPINO (1519-1603) installe définitivement la botanique du côté scientifique en laissant de côté l'aspect utilitaire et artistique.

Il rejette en effet totalement pour l'identification des plantes l'utilisation de leurs propriétés et propose dans « *De plantis libri xvi* » une classification reposant à la fois sur celle de THEOPHRASTE, c'est à dire groupant les plantes en arbres, arbuste et herbes et aussi sur les variations du fruit, prenant en compte le nombre de graines du fruit, la réalisation d'un fruit charnu ou sec, le nombre de loges que comporte ce fruit [78].

Sa classification pour les arbres est alors la suivante :

ARBRES

A Arbres avec une graine par fruit.

B Arbres avec deux loges pour les graines.

C Arbres avec trois loges pour les graines.

D Arbres avec quatre loges pour les graines.

E Arbres avec plus de quatre loges [80].

Le principe est le même pour les arbustes et les herbes.

Ainsi donc la Renaissance, période faste pour l'observation de la nature a permis le développement de la botanique basée sur la morphologie des plantes et non plus seulement sur leurs propriétés.

Le 17^{ème} siècle confirma cette direction et peut être considéré comme le siècle des bases de la botanique moderne.

2.2. Le 17^{ème} siècle : les bases de la botanique moderne.

C'est le siècle qui voit les essais de classifications se succéder, la botanique devient une discipline à part entière et se sépare ainsi peu à peu de la médecine. De nombreuses plantes sans aucune utilité reconnue pour l'homme sont ainsi étudiées du point de vue morphologique.

C'est aussi à cette période que les principaux termes de nomenclature botanique (genre, espèce et famille) vont voir le jour.

Les frères BAUHIN (Johannes 1541-1612 et Kaspar 1560-1624) marquèrent la classification végétale de manière durable en introduisant un système binomial de nomenclature pour nommer les plantes, ce système sera repris et systématisé par Linné [2].

Joseph PITON DE TOURNEFORT (1656-1708) introduit le concept de genre qu'il définit comme étant l'unité de base de la classification et considère les espèces comme des variétés du genre.

Sa classification qui repose sur la corolle (il distingue les apétales, monopétales et polypétales) et sur la distinction arbre/herbe héritée de THEOPHRASTE lui permet dans « *Institutiones rei herbariae* » de classer 10 000 espèces en 700 genres et 22 classes [3].

Quant à John RAY (1627-1705) il invente le concept d'espèces , il définit ces dernières selon la ressemblance morphologique des plantes qui les constituent.

Mais selon lui, il ne faut pas comme le fit CESALPIN se borner à l'étude des seuls fruits et graines. Les affinités doivent également se révéler par la similitude des diverses parties de la plante.

En utilisant ainsi un grand nombre de caractères, RAY met au point une véritable classification naturelle qui dans « *Historia plantarum* » regroupe 18 000 espèces [3].

Enfin Pierre MAGNOL (1638-1715) invente le concept de famille.

Il a en effet remarqué chez les plantes des affinités entre certaines d'entre elles permettant de les ranger en diverses familles. Il expose sa classification dans « *Prodromus historiae generalis plantarum in qua familiae per tabulas disponuntur* » [3].

Ainsi la fin du 17^{ème} siècle voit les notions de famille (MAGNOL), de genre (TOURNEFORT) et d'espèces (Ray), d'opposition monocotylédones/dicotylédones et de nomenclature binomiale (BAUHUN) établies.

Au 18^{ème} siècle Linné va élaborer avec sa classification une synthèse magistrale de l'ensemble de ces découvertes.

2.3. Linné L'inventeur de la nomenclature moderne.

Le grand mérite de Linné est d'avoir synthétisé les données de ses prédécesseurs en reprenant la notion de genre (mise au point par TOURNEFORT) ainsi que celle d'espèce (mise en place par RAY) afin d'établir une classification totalement artificielle (puisque ne tenant compte

que d'un critère) qu'il a basé sur les organes sexuels. Cela lui permet toutefois de classer l'ensemble du monde végétal connu à l'époque [78].

Sa classification se présente de manière très originale puisque les plantes deviennent selon les organes sexuels portés des «époux » ou des «épouses » ! Il rejeta les termes d'étamine et de pistil pour adopter *andria* (époux) et *gynia* (épouse).

Quand les fleurs mâles et femelles se trouvent sur des plantes séparées, elles vivent dans 2 maisons. Quand elles se trouvent sur la même plante, elles partagent la même maison mais pas le même lit, les fleurs hermaphrodites (à la fois mâle et femelle) rassemblent époux et épouse dans un même lit.

Cette étude des mœurs du monde végétal ne l'empêcha de mettre au point sa classification de manière rigoureuse en classant les fleurs hermaphrodites d'après le nombre et la position des étamines distinguant ainsi les Monandria, les Diandria...etc [73].

Mais c'est dans le domaine de la nomenclature botanique que l'apport de Linné fut le plus conséquent.

Jusque là, les plantes étaient décrites par de courtes phrases latines rappelant leurs principales caractéristiques (polynômes). Il invente et fixe la nomenclature binomiale (2 termes) en faisant suivre le nom du genre par celui de l'espèce.

La pâquerette, par exemple, qui était décrite par le polynôme suivant « *Bellis scapo nudo unifloro* » devint « *Bellis perennis* » (*Bellis* étant le genre, *perennis* l'espèce) nom encore utilisé actuellement [2].

Ainsi si l'apport de Linné pour la nomenclature est indéniable, sa classification reste trop artificielle et fixiste (puisqu'il considérait les plantes comme des créations divines fixes et définitives). Cependant, c'est cette classification qui restait enseignée, par commodité, dans les universités ! En attendant que les classifications évolutives et notamment phylogéniques prennent le relais.

La fin du 18^{ème} siècle voit le perfectionnement des moyens d'observation comme le microscope, ce qui va permettre d'approfondir les connaissances en anatomie et physiologie.

Ceci va concourir au développement des connaissances en morphologie botanique.

Les botanistes pressentent alors que des affinités naturelles entre les plantes existent et qu'il faut tenir compte du plus grand nombre de caractères possibles observables, c'est l'époque des classifications dites naturelles.

Ainsi l'anglais Michael ADANSON (1727-1806) va utiliser un grand nombre de caractères pour classer les plantes, en donnant à chaque caractère un poids relatif.

Son ouvrage « Famille des plantes » qui regroupe 58 familles reste pourtant méconnu en partie à cause de son rejet de la nomenclature linnéenne [3].

Antoine-Laurent JUSSIEU (1748-1836) a développé dans « Genera plantarum » une classification naturelle faisant intervenir un maximum de caractères en les hiérarchisant.

Il crée trois grands groupes acotylédones, monocotylédones et dicotylédones divisés en 15 classes et 100 sous-groupes [3].

Augustin-Pyramus DE CANDOLLE (1778-1841) entreprend de décrire l'ensemble des familles, genres, espèces c'est à dire 161 familles, 5000 genres et 58 000 espèces.

La fréquentation de LAMARCK lui a fait pressentir l'évolution et la transformation du monde vivant et donc du monde végétal [1].

Sa classification peut être considérée comme une ébauche de classification évolutive.

3. Les classification évolutives.

3.1. Le 19^{ème} siècle : Darwin. La fin du fixisme.

En 1800, LAMARCK (1744-1829) remît en cause, devant l'Académie des Sciences, le fixisme adopté depuis ARISTOTE et défend l'idée selon laquelle les espèces peuvent dans leur descendance subir des transformations et être à l'origine d'autres espèces (théorie du transformisme).

Cette notion d'évolution qui provoqua de très violents débats avec les tenants du fixisme allait s'imposer quelques années plus tard avec DARWIN [1].

Ce dernier dans son ouvrage clé « *On the origin of species* » allait exposer ses thèses et révolutionner la pensée naturaliste.

Il bat en effet en brèche la théorie du fixisme en proposant l'idée d'évolution des espèces par la sélection naturelle. Pour Darwin, de nouvelles espèces apparaissent alors que d'autres disparaissent. C'est le milieu naturel qui sélectionne les espèces possédant les nouveaux caractères en permettant qu'elles perdurent ou au contraire en les faisant disparaître [77].

Cette théorie n'est pas tout à fait la même que celle de Lamarck dont Darwin avait étudié les travaux. En effet, pour le premier, c'est l'être vivant qui s'adapte au milieu par la survenue d'un nouveau caractère qu'il transmet ensuite à sa descendance alors que pour Darwin, c'est le milieu qui sélectionne les êtres vivants chez lesquels l'apparition d'un caractère nouveau s'avère bénéfique [77].

Avec l'idée de sélection naturelle et donc d'évolution des espèces c'est une nouvelle façon de considérer la classification qui apparaît.

A côté des classifications naturelles de plus en plus élaborées (car tenant compte d'un nombre de plus en plus important de critères) vont apparaître

des classifications évolutives, c'est à dire basées sur la filiation des espèces en fonction de leur degré d'évolution.

Le premier type de classification se nomme phénétique, le second classification phylogénétique ou cladistique.

En fait les deux types de classifications se recoupent et l'on assiste aujourd'hui à l'élaboration de classifications évolutives basées sur un grand nombre de caractère.

Expliquons la philosophie des deux types d'études puis nous reprendrons l'histoire des classifications post darwiniennes en passant en revue les auteurs qui se sont inspirés de l'une, de l'autre ou des deux méthodes.

3.1.1. La phénétique.

La phénétique se propose de grouper des individus ayant en commun une partie de leur génome, c'est à dire ayant en commun des caractères plus ou moins nombreux, donc des individus présentant un taux de ressemblance élevé.

Tous les caractères étant susceptibles de varier, le nombre de caractères étudiés est donc infini.

On pourrait penser qu'une telle classification refléterait la généalogie si le degré de ressemblance était une fonction linéaire du temps, la différence morphologique suffirait alors à rendre compte de la proximité ou de l'éloignement généalogique entre les organismes.

Cependant, l'expérience a montré que les similitudes entre deux organismes ne témoignent pas systématiquement d'une histoire commune.

Si les classifications naturelles d'autrefois furent souvent basées sur la variation de critères morphologiques, elles sont aujourd'hui basées en partie encore sur ceux-ci (les premiers observables) mais aussi sur de nouveaux critères observables grâce aux progrès des sciences biologiques (biologie cellulaire, biochimie par exemple) [77].

Parmi les critères utilisés, citons :

- Les caractères anatomiques (anatomie des feuilles, des tiges, des racines).

- Les caractères palynologiques (la taille, la forme et l'ornementation des grains de pollen)

- Les caractères cytologiques (forme et nombre des chromosomes par exemple).

- Les caractères physiologiques (différents modes de photosynthèse et de métabolisme).

- Les caractères écologiques (aptitudes des espèces à se développer dans des milieux précis) [2].

- Les caractères chimiques : de nombreuses substances ne sont en effet synthétisées que par un groupe bien particulier de plantes, par exemple les hétérosides cardiotoniques (utilisés dans l'insuffisance cardiaque) de la digitale ne se trouvent que dans le genre *Digitalis*.

- Les caractères moléculaires : l'étude comparée de l'ADN est en plein développement actuellement avec les progrès de la biologie moléculaire

Ainsi la phénétique malgré l'apparition de nouveaux outils d'exploration reste basée sur la classification naturelle mise au point par ADANSON.

Elle s'avère utile pour établir des classifications artificielles ou pour classer des organismes dont la morphologie ou les traits sont difficilement analysables en termes de phylogénie [77].

3.1.2. La cladistique (ou classification phylogénétique).

Les cladistes pensent que la classification doit être une traduction littérale du graphe généalogique.

Ce qui importe ici c'est de réunir ensemble dans un groupe tous les descendants d'un même ancêtre, seuls les groupes qui répondent à ce critères sont retenus dans la classification.

Chaque unité systématique (ordre, famille, genre, espèce) correspond à un taxon [79].

.

L'allemand HENNIG peut être considéré comme le père de la cladistique. Il remarqua en effet que les rapports de similitude et les rapports de parenté, même s'ils peuvent coïncider, sont de nature foncièrement différente et seul le degré de parenté des taxons doit guider l'analyse.

Il définit le degré de parenté phylétique de la façon suivante : entre trois individus, A, B, C par exemple, A est plus proche parent de B que de C si A et B ont au moins une espèce ancestrale commune qui n'est pas la souche ancestrale de C.

A et B qui partagent le même ancêtre commun direct sont appelés « groupes frères » et le groupe formé avec leur ancêtre est dit monophylétique.

La cladistique va donc se baser sur la constitution de ces groupes monophylétiques [79].

La méthode est basée sur l'étude des différences et ressemblances entre les taxons mais elles ne sont pas traitées comme dans l'approche des classifications naturelles, seule leur signification phylétique est intéressante (puisque nous avons vu que les similitudes ne témoignent pas forcément d'une généalogie commune), et pour éviter toute confusion, HENNIG les définit par une terminologie particulière :

Dans une lignée, les variations observables pour un même caractère correspondent à deux états : un état plésiomorphe présent chez l'ancêtre et un état apomorphe présent chez les descendants.

Les caractères transmis des ancêtres aux descendants sont donc des plésiomorphies, d'autres sont des nouveautés généalogiques ou apomorphies. Ces apomorphies témoignent donc de la dernière formation d'un groupe monophylétique, c'est donc à partir d'elles que l'on peut découvrir les taxons frères (qui possèdent des apomorphies communes ou synapomorphies) et les groupes monophylétiques.

La méthode consiste à utiliser trois taxons et on émet l'hypothèse que deux d'entre eux forment ensemble un groupe monophylétique, pour que l'hypothèse soit corroborée, il faut que ces deux taxons aient au moins une similitude qui puisse être interprétée comme une synapomorphie. Si il en existe, on ne pourra accepter la monophylie qu'après avoir soumis l'hypothèse à d'autres synapomorphies éventuelles. Ces dernières pourront confirmer ou non l'existence du groupe monophylétique [79].

Le résultat de l'analyse est présenté sous la forme d'un diagramme appelé cladogramme qui visualise les rapports de parenté entre les taxons.

Il renseigne sur la distribution des synapomorphies et sur leur séquence d'apparition.

Chaque nœud et les branches et les branches qui en partent définissent les limites des groupes monophylétiques.

C'est la distribution des nœuds qui est importante ainsi chaque paire de lignes se joignant en un nœud peut pivoter autour de ce dernier sans que l'information transmise par le cladogramme soit modifiée [79].

Ainsi, en postulant que l'évolution existe et que les nouveaux taxons sont caractérisés par des caractères nouveaux, on peut dire que le cladogramme reflète l'histoire des êtres vivants.

3.2. Le 20^{ème} siècle. Les classifications modernes : phénétique et cladistique.

Les deux types de classifications étudiées plus haut se retrouvent en effet tout au long du 20^{ème} siècle, le plus souvent surtout dans les dernières décennies du siècle les deux s'entremêlent : les cladisticiens profitant alors du grand nombre de caractères à étudier.

Hans HALLIER (1868-1932) associe classification naturelle et phylogénie en intégrant dans sa classification naturelle un grand nombre d'éléments morphologiques, anatomiques, biologiques ou encore phytochimiques

Parmi les grandes lignes de sa classification, citons l'ordre des *Ranales* qu'il désigne comme les monocotylédones les plus primitives et la parenté entre *Piperales* et *Arales*, hypothèses qui seront vérifiées par les résultats les plus récents de la systématique moléculaire [3].

Alfred RENDLE (1865-1938) quant à lui considère les ligneux comme plus primitifs que les herbacées, hypothèse confirmée quelques temps plus tard par la biologie moléculaire [3].

Armen TAKHTAJAN (1910-) développe un système phylogénétique pour les Angiospermes. Les dicotylédones regroupent 7 sous-classes, 20 superordres et 71 ordres, les monocotylédones 3 sous-classes, 8 superordres et 21 ordres. Il considère les plantes à fleur comme monophylétiques et les *Magnoliales* comme l'ordre le plus primitif à partir duquel les autres groupes d'Angiospermes auraient évolué [3].

Arthur CRONQUIST (1919-1992) reprend en partie la classification de TAKHTAJAN puisque son cladogramme est représenté par deux branches les *Magnoliopsida* et les *Liliopsida*. Les premiers sont découpés en 6 sous-classes et 55 ordres, les seconds en 5 sous-classes et 18 ordres

Son système expliqué dans « *The evolution and classification of flowering plants* » (1988) fait encore référence malgré quelques rectifications dues à la systématique moléculaire [1].

Robert THORNE (1920-) perfectionne le système de CRONQUIST en proposant deux classes d'Angiospermes les *Magnoliopsida* et les *Liliopsida* qu'il divise en superordres. Il utilise aussi une représentation graphique à deux dimensions pour ses lignées, le centre du diagramme étant le précurseur des Angiospermes. Les groupes les plus évolués se retrouvent ainsi à la périphérie du disque.

Pour mettre en place son système, THORNE a utilisé, outre la morphologie, la parasitologie et les données biochimiques et moléculaires.

Sa classification est parfaitement corroborée par la systématique moléculaire actuelle [1].

3.3. La classification actuelle. Utilisation des outils moléculaires.

Si les premiers cladogrammes obtenus au 20^{ème} siècle avaient surtout été produits par l'utilisation d'une centaine de caractères morphologiques, les séquences d'acide nucléique remplacent ces premiers caractères depuis une dizaine d'années.

Ceci est possible grâce au développement des techniques de bio-informatique et de biologie moléculaire comme par exemple la technique de l'amplification par réaction de polymérisation en chaîne (connue sous le terme anglais de Polymerisation Chain Reaction ou PCR) qui permet de copier un grand nombre de fois le gène étudié et la technique du séquençage automatique qui permet de connaître l'enchaînement des 4 bases A (adénine) T (thymine) C (cytosine) et G (guanine) dans le gène [66].

Par rapport à l'analyse morphologique, l'étude moléculaire permet de travailler sur un nombre de caractères beaucoup plus important puisque pour un gène de 1500 paires de bases, ce sont 1500 caractères qui sont analysés.

En botanique c'est essentiellement l'ADN chloroplastique qui est étudié car il est de petite taille (15 000 paires de bases soit 15 000 caractères) et se trouve en grandes quantités dans la plupart des cellules végétales [68]. Le gène le plus utilisé est le gène *rbCL* qui code pour la grande sous-unité de la protéine RUBISCO (protéine ayant un rôle dans la photosynthèse)

Le gène ITS qui est une région non codante de l'ADN ribosomique est lui aussi particulièrement utilisé [57].

L'étude au niveau moléculaire ainsi qu'au niveau morphologique (structure des grains de pollen le plus souvent) a permis à des chercheurs regroupés dans l'Angiosperm Phylogeny Group (APG) de mettre au point une classification des angiospermes qui est la référence actuelle.

Elle se présente ainsi :

-Les plantes qui se rangent mal :

les angiospermes les plus anciennes sont les Cératophyllales, les Laurales, les Magnoliales et les Pipérales. Ces plantes étaient auparavant classées avec les dicotylédones mais elles présentent des caractères communs (notamment les grains de pollen à un pore) avec les monocotylédones qui témoignent d'un lien de parenté avec eux.

L'état actuel de nos connaissances ne permet pas de classer de façon sûre ces différents groupes de plantes.

-Les monocotylédones

Les études moléculaires confirment que les monocotylédones forment un ensemble qui a dérivé de plantes magnoliales. On y trouve comme ordres les

Acorales, les Alismatales, les Liliales et les Asparagales (alors que depuis plus d'un siècle ces deux derniers étaient regroupés), les pandanales, les Dioscoreales, les Arécales, les Poales, les Commélinales, et les Zingibérales.

-Les vraies dicotylédones ou eudicotylédones

Ce sont les plantes dont les grains de pollen comportent trois pores ou davantage. D'après les arbres construits à partir des gènes RBcL et ITS, les eudicotylédones dérivent d'un ancêtre commun, le caractère triaperturé est donc apparu une seule fois au cours du temps.

On trouve comme ordres : les Ranunculales, les Proteales, les Caryophyllales, les Santalales, les Saxifragales, les Geraniales, les Malpighiales, les Oxalidales, les Fabales, les Rosales, les Cucurbitales, les Fagales, les Myrtales, les Brassicales, les Malvales, les Sapindales, les Cornales, les Ericales, les Garryales, les Gentianales, les Lamiales, les Solanales, les Aquifoliales, les Apiales, les Asterales et les Dipsacales.

Il faut retenir de ces dernières classifications cladistiques se basant sur des caractères moléculaires qu'elles ont parfois bouleversé de façon importante les anciennes classifications.

Par exemple CRONQUIST avait retenu le caractère centrifuge des étamines pour classer les dilléniidées, or la classification moléculaire a permis de mettre en évidence que les dilléniidées se répartissent entre espèces très différentes, le caractère étamines centrifuges est donc apparu plusieurs fois au cours de l'évolution et ne peut donc être considéré comme une innovation propre à un hypothétique groupe monophylétique.

A l'inverse, des botanistes auraient séparé des familles qui présentaient un caractère commun pensant qu'il s'agissait d'une convergence non significative alors que la cladistique moléculaire les a finalement réunies.

Il s'agit par exemple des fabacées et des polygalacées [66].

4. Conclusion.

L'histoire des classifications botaniques reflète parfaitement les rapports que l'homme a entretenus avec la nature : à l'intérêt des plantes pour la médecine ou l'alimentation a succédé la retranscription fidèle de l'observation minutieuse des végétaux. Au fur et à mesure des progrès scientifiques, l'analyse devenait plus fine et les caractères étudiés plus nombreux.

Mais le véritable changement apparût lorsque l'homme renonça au fixisme et à l'anthropocentrisme pour considérer l'évolution des espèces. Ainsi l'étude se porta petit à petit vers les liens de parenté entre les plantes étudiées sous leur forme morphologique puis moléculaire.

Si la cladistique moléculaire fait aujourd'hui référence, ne perdons pas de vue que les conclusions actuelles peuvent être plus ou moins reconsidérées dans les années qui viennent en fonction des progrès futurs des sciences. Cependant on doit à la cladistique d'avoir permis à la classification de devenir une science : celle de la systématique.

BIBLIOGRAPHIE.

1 CHAPITRES D'OUVRAGES.

1. **RAYNAL-ROQUES Aline.** *La botanique redécouverte.* Paris : Belin, 1994. Introduction, Evolution de la pensée botanique, d'Aristote aux classifications modernes, p 19-35.
- 2 **IRAYNAL-ROQUES Aline.** *La botanique redécouverte.* Paris : Belin, 1994. Première partie : La botanique logique, p 37-95.
3. **SPICHIGER R.E, SAVOLAINEN V.V, FIGEAT M.** *Botanique systématique des plantes à fleurs.* Lausanne : presses polytechniques et universitaires romandes, 2000. Chapitre 1, Histoire de la classification botanique.

2 ARTICLES DE PÉRIODIQUES.

4. **ABDELNOUR G., BENNETT M., COX A.** Genome size and karyotype evolution in the slipper orchids (Cypripedioideae: Orchidaceae). *American Journal of Botany.* 1998, 85, p 681.
5. **APPEL O.** Morphology and systematics of the Scytropetalaceae. *Botanical Journal of the Linnean society.* 1996, 121, 3, p 207-227
6. **ASMUSSEN C. B., CHASE M. W.** Coding and noncoding plastid DNA in palm systematics. *American Journal of Botany.* 2001, 88, p 1103-1117.
7. **BEHNKE H. D., KAO P. C., KRAMER K.** Systematics and evolution of Velloziaceae, with special reference to sieve-element plastids and *rbc L* sequence data. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 2000, 134, 1, p 93-129.
8. **BERNHARD A.** Floral structure and development of *Ceratiosicyos laevis* (Achariaceae) and its systematic position. *Botanical Journal of the Linnean Society.* 1999, 131, 2, p 103-113.

- 9. BOLES R., GILLEPSIE L. J.** Phylogenetic relationships and infraspecific variation in Canadian Arctic *Poa* based on chloroplast DNA restriction site data. *Canadian Journal of Botany*. 2001, 79, p 679-701
- 10. BRANDEBURG W. HETTERSCHIED.** An annotated history of the principles of cultivated plant classification. *Acta Botanica Neerlandica*. 1996, 45, 2, p 123-134.
- 11. BRUBAKER C. L., GREEN A. G., SINGH P.** Evolution of the FAD2-1 fatty acid desaturase 5' UTR intron and the molecular systematic of *Gossypium* (Malvaceae). *American Journal of Botany*. 2001, 88, 92-102.
- 12. CAMERON K. H., CHASE M. W., HILLS H. G.** Molecular systematics of Malpighiaceae: evidence from plastid *rbcL* and *matK* sequences. *American Journal of Botany*. 2001, 88, 1847-1862.
- 13. CARO. A., RUDALL P. J.** Microsporogenesis and systematics of Aristolochiaceae. *Botanical Journal of the Linnean society*. 2001, 137, 3, p 221-142.
- 14. CHASE M. W., CONRAN J. G., RUDALL P. J.** Systematics of Ruscaceae/Convallariaceae: a combined morphological and molecular investigation. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000, 134, 1, p 73-92.
- 15. CHASE M. W., CUTLER D. F., RUDALL P. J.** Anatomical and molecular systematics of Asteliaceae and Hypoxidaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 1998, 127, 1, p 1-42.
- 16. CHASE M. W., GOLDBLATT P., RUDALL P.** Molecular systematics of Iridaceae: evidence from four plastid DNA regions. *American Journal of Botany*. 2001, 88, 2074-2088
- 17. CHASE M. W., GRAYER R.** A comparison between chemical and molecular characters for the determination of phylogenetic relationships among plant families: An appreciation of Hegnauer's "Chemotaxonomie der Pflanzen". *Biochemical Systematics and Ecology*. 1999, 27, 4 p 369-393.
- 18. CHRISTINA J., PAULA J.; PRYCHID J.,** Calcium oxalate crystals in monocotyledon : a review of their structure and systematics. *Annals of botany*. 1999, 84, 6, p 725-739.
- 19. COHEN O., PAZY B., PLITMANN U.** Bimodal karyotype in *Cynomorium coccineum* L. and its systematic implications. *Botanical journal of the Linnean Society*. 1996, 120, 3, p 279-281.

- 20. COX A., CYMON J., GOFFINET B.** The Bryophyta (Mosses) : Systematic and evolutionary inferences from an *rps4* gene (cp DNA) phylogeny. *Annals of Botany*. 2001, 87, 2, p 191-208.
- 21. CRONK Q.** Measurement of biological and historical influence on plant classifications. *Taxon*. 1989, 38, 3, p 357-370.
- 22. CUTLER D. F., SHEAHAN M. C.** Contribution of vegetative anatomy to the systematics of the Zygophyllaceae R.Br. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1993, 113, 3, p 227-262.
- 23. DAVIS A., FURNESS C. NORDESTAM B., EL GHAZALY G., KASSAS M.** Plant systematics for the 21st century 366pp. London : Portland Press. *Annals of Botany*. 2001, 87, 4, p 549-550.
- 24. DEEPAK Ohri.** Size variation and plant systematics. *Annals of botany*. 1998, 82, A, p 75-83.
- 25. J DESSEIN S., JANSEN S., PIESCHAERT F.** Aluminium accumulation leaves of Rubiaceae systematic and phylogenetic implications. *Annals of Botany*, 2000, 85, 1, p 91-101.
- 26. DESSEIN S., JANSEN S., PIESCHAERT F.** Searching for the taxonomic position of the African genus *Colletocema* (Rubiaceae): morphology and anatomy compared to an *rps16*-intron analysis of the Rubioideae. *Canadian Journal of Botany*. 2000, 78, p 288-304.
- 27. DICKISON W. C., HILS M. H., LUCANSKY T. W.** Comparative anatomy and systematics of woody Saxifragaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1994, 114, 2, p 167-182.
- 28. DÖRING H., KASALICKY T., WEDIN M.** A comparison of ITS and LSU nrDNA phylogenies of *Fulgensia* (Teloschistaceae, Lecanorales), a genus of lichenised ascomycetes. *Canadian Journal of Botany*. 2000, 78, p 1580-1589.
- 29. DOWLED A. B.** The systematic relevance of fruit and seed anatomy and morphology of *Akania* (Akaniaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1996, 120, 4, p 379-390.
- 30. DOWNIE S. R., KATZ-DOWNIE D. S.** Phylogenetic analysis of chloroplast *rps16* intron sequences reveals relationships within the woody southern African Apiaceae subfamily Apioideae. *Canadian Journal of Botany*. 1999, 77, p 1120-1135.
- 31. DOWNIE S., KATZ-DOWNIE D., LLANAS E.** Molecular s of Apiaceae subfamily Apioideae: phylogenetic analyses of nuclear ribosomal

DNA internal transcribed spacer and plastid RPO C1 intron sequences. *American Journal of Botany*. 1998, 85, p 563.

32. DOWNIE S. R., KATZ-DOWNIE. D. S., SPALIK K. A phylogeny of Apiaceae tribe Scandiceae: evidence from nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer sequences. *American Journal of Botany*. 2000, 87, p 76-95.

33. DUBUISSON J. Y. Systematic relationships within the genus *Trichomanes sensu lato* (Hymenophyllaceae, Filicopsida): cladistic analysis based on anatomical and morphological data. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1997, 123, 4, p 265-296.

34. ENDRESS P. K., IGER SHEIM A. Gynoecium diversity and systematics of the Laurales. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1997, 125, 2, p 93-168.

35. ENDRESS P. K., IGER SHEIM A. Gynoecium diversity and systematics in basal monocots. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2001, 136, 1, p 1-65.

36. ENDRESS P. K., IGER SHEIM A. Gynoecium diversity and systematics of the Magnoliales and winteroids. *Botanical journal of the Linnean Society*. 1997, 124, 3, p 213-271.

37. ENDRESS P. K., IGER SHEIM A. Gynoecium diversity and systematics of the basal eudicots. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1999, 130, 4, p 305-393.

38. EHRENDORFER F., MAYER V. Fruit differentiation, palynology, and systematics in *Pterocephalus Adanson* and *Pterocephalodes*, gen. nov. (Dipsacaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*; 2000, 132, 1, p 47-48.

39. ENDO Y. OHASHI H. The features of cotyledon areoles in Leguminosae and their systematic utility. *American Journal of Botany*. 1998, 85, p 753

40. FARJON A., LIANG E., LIN J. The occurrence of vertical resin canals in *Keteleeria*, with reference to its systematic position in Pinaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000, 134, 4, p 567-574.

41. FAY M. F., GUY C. L., MEEROW A. W. systematics of Amaryllidaceae based on cladistic analysis of plastid sequence data. *American Journal of Botany*. 1999, 86, p 1325-1345.

- 42. FERNANDEZ I., JUAN R., PASTOR J.** SEM and light microscope observations on fruit and seeds in Scrophulariaceae from Southwest Spain and their systematic significance. *Annals of Botany*. 2000, 86, 2, p323-338.
- 43. FORD B. A., STARR J. R.** The taxonomic and phylogenetic utility of vegetative anatomy and fruit epidermal silica bodies in *Carex* section *Phyllostachys* (Cyperaceae). *Canadian Journal of Botany*. 2001, 79, p 362-379.
- 44. FURNESS C. A., SCHOLS P., WILKIN P.** Morphology of pollen and orbicules in some Dioscorea species and its systematic implications. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2001, 136, 3, p 295-311.
- 45. GASTONY G., UNGERER M.** Molecular s and a revised taxonomy of the onocleoid ferns (Dryopteridaceae: Onocleae). *American Journal of Botany*. 1997, 84, p 840.
- 46. GOFFINET B., RANDALL J., VITT D. H.** Circumscription and phylogeny of the Orthotrichales (Bryopsida) inferred from RBCL sequence analyses. *American Journal of Botany*. 1998, 85, p 1324-1337.
- 47. GRANT V.** Primary classification and phylogeny of the Polemoniaceae, with comments on molecular cladistics. *American Journal of Botany*. 1998, 85, p 741.
- 48. HAUBOLD B., KOCH M., MITCHELL-OLDS T.** Molecular systematic of the Brassicaceae: evidence from coding plastidic *matK* and nuclear *Chs* sequences. *American Journal of Botany*. 2001, 88, p 534-544.
- 49. HILU K. W., LIANG H.** The *matK* gene: sequence variation and application in plant systematic. *American Journal of Botany*. 1997, 84, p 830
- 50. HONG S. P., RONSE L., SMETS E.** Systematic significance of tepal surface morphology in tribes Persicarieae and Polygoneae (Polygonaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1998, 127, 2, p 91-116.
- 51. HONG S. P., RONSE L., SMETS E.** Systematic significance of fruit morphology and anatomy in tribes Persicarieae and Polygoneae (Polygonaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000, 134, 1, p 301-337.
- 52. JAMES T. Y., LONGCORE J. E., PORTER D.** Molecular phylogenetics of the Chytridiomycota supports the utility of ultrastructural data in chytrid systematic. *Canadian Journal of Botany*. 2000, 78, p 336-350.
- 53. JOHNSON S. D., LINDER H. P.** Systematics and evolution of the *Disa draconis* complex (Orchidaceae). *Botanical journal of the Linnean Society*. 1995, 118, 4, 9 289-307.

- 54. JUDD W. S., STERN W. L.** Comparative vegetative anatomy and systematics of *Vanilla* (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1999, 131, 4, p 353-382.
- 55. JUDD W. S., MORRIS M. W., STERN** Vegetative anatomy and systematics of subtribe Dendrobiinae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1996, 120, 2, p 89-144.
- 56. JUDD W. S., STERN W. L.** Comparative anatomy and systematics of the orchid tribe Vanilleae excluding *Vanilla*. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000, 134, 1, p 179-202.
- 57. JULIANO N., KELLOGG E.** The structure and function of RuBisCO and their implications for systematic studies. *American Journal of Botany*. 1997, 84, p 413.
- 58. JULIO P., ROCIO J.** Systematic consideration of microcharacters of fruits and seeds in the *genus verbascum* (Scrophulariaceae). *Annals of Botany*. 1997, 80, 5 ,p 591-598.
- 59. KAPLAN Donald.** The science of plant morphology. *American journal of Botany*. 2001, 88, p 1711-1741.
- 60. KELLY COLLEEN K., WOODWARD F.** Ecological correlates of plant range size: Taxonomies and phylogenies in the study of plant commonness and rarity in Great Britain. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*. 1996, 351, 1345, p 1261-1269.
- 61. KUFER J., MÜLLER A. A., WEIGAND M.** Phytochemistry and the systematic s and ecology of Losaceae. *American Journal of Botany*. 2000, 87, p 1202-1210.
- 62. MACIVER M. M., TEBBIT M. C.** The systematic signifiante of the endothelium in Begoniaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1999, 131, 3, p 203-221.
- 63. MANKTELOW M.** The filament curtain: a structure important to systematics and pollination biology in the Acanthaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2000, 133, 2, p 129-160.
- 64. MANOS P.** Systematic of Nothofagus (Nothofagaceae) based on rDNA spacer sequences (ITS): taxonomic congruence with morphology and plastid sequences. *American Journal of Botany*. 1997, 84, p 1137.

- 65. MIDDLETON D. J.** A systematic survey of leaf and stem anatomical characters in the genus *Gaultheria* and related genera (Ericaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1993, 113, 3, p 199-215.
- 66. MUGNIER J.** La nouvelle classification des plantes à fleurs. *Pour la Science*. 2000, 26, p 52-56.
- 67. OBERWINKLER F., WEIB M.** Molecular phylogenetic studies in the genus *Amanita*. *Canadian Journal of Botany*. 1998, 76, p 1170-1179.
- 68. RAO G., WU S., YANG J.** Chloroplast DNA sequence data. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2001, 137, 3, p 291-296.
- 69. RICKLEFS R. E., SCHWARZBACH A. E.** Systematic affinities of Rhizophoraceae and Anisophylleaceae, and intergeneric relationships within Rhizophoraceae, based on chloroplast DNA, nuclear ribosomal DNA, and morphology. *American Journal of Botany*. 2000, 87, p 547-564
- 70. RONSE L., SMETS E.** Floral developmental evidence for the systematic relationships of *Tropaeum* (Tropaeolaceae). *Annals of botany*. 2001, 88, 5, p 879-892.
- 71. RONSE L. P., SMETS E. F.** The distribution and systematic relevance of the androecial character polymery. *Botanical journal of the Linnean Society* 1993, 113, 4, p 285-350.
- 72. RUDALL P. J.** Anatomy and systematics of iridaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1994, 114, 1, p 1-21.
- 73. SCHIEBINGER L.** La classification de Linné. *Pour la Science*. 2000, p 48-50.
- 74. SILVERTOWN J.** A binary classification of plant life history and some possibilities for its evolutionary application. *Evolutionary trends in plants*. 1989, 3, 2, p 87-90.
- 75. TANG Y.** Embryology of *Plagiopteron suaveolens* Griffith (Plagiopteraceae) and its systematic implications. *Botanical journal of the Linnean Society*. 1994, 116, 2, p 145-157.
- 76. TANG Y.** Floral morphology and embryo sac development in *Burretiodendron kydiifolium* Y. C. Hsu et R. Zhuge (Tiliaceae) and their systematic significance. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1998, 128, 2, p 149-158.

3 CONTRIBUTION DANS UN OUVRAGE COLLECTIF.

77. GOUJET D., LE THOMAS A. Systématique. *Encyclopaedia UNIVERSALIS*. [CD ROM]. [version 7].

78. PLANTEFOL L. Botanique. *Encyclopaedia UNIVERSALIS*. [CD ROM]. [version 7].

79. GOUJET D. Cladistique. *Encyclopaedia UNIVERSALIS*. [CD ROM]. [version 7].

4 RESSOURCES INTERNET.

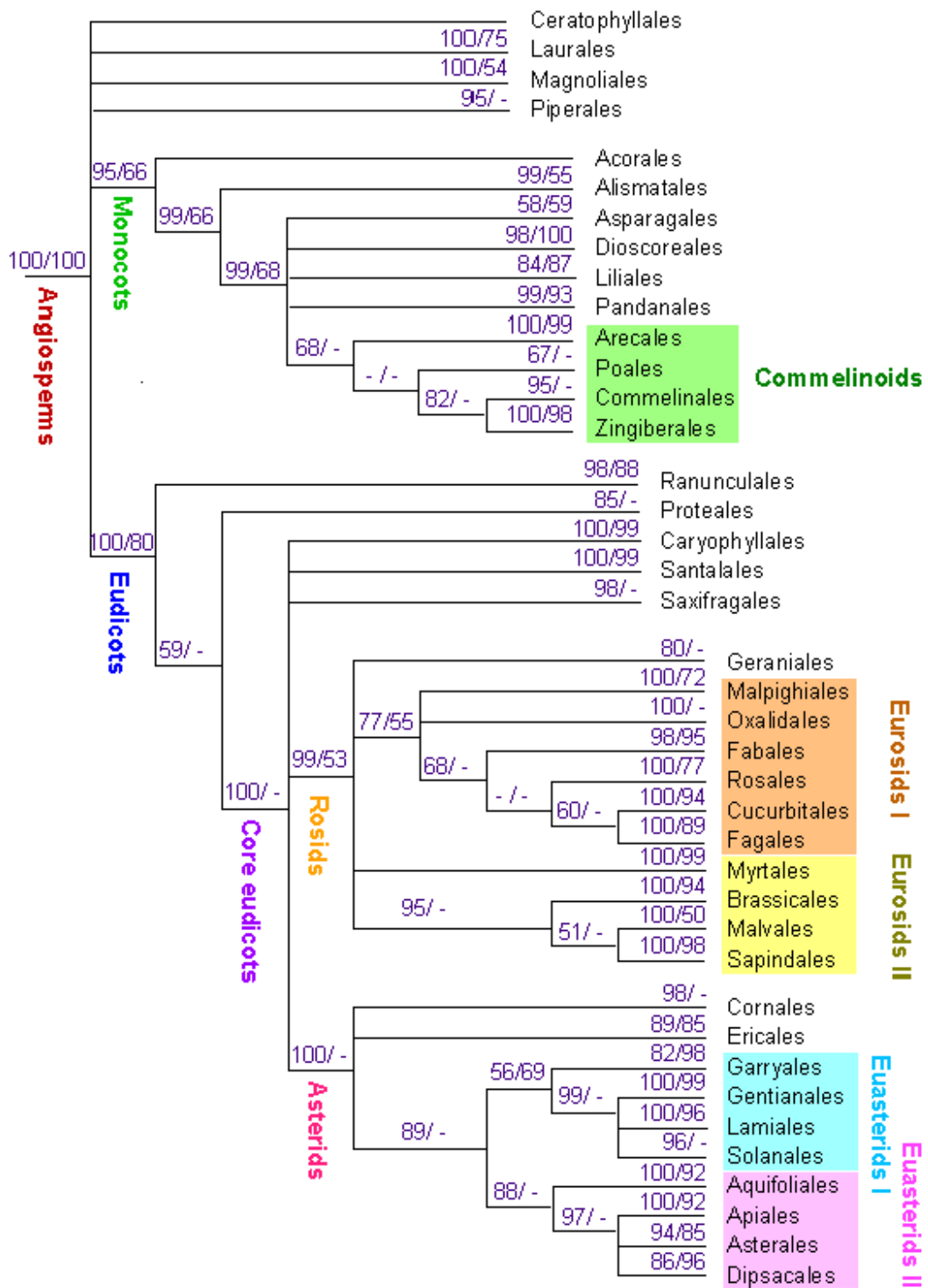
80 SENGBUSH P. V. *Botany : the history of a science*. International [on line] Editions-Contents, 2001. Available from internet
< URL :
<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e00/contents.htm>

81. TEVFIK D. *Cladistics* [on line]. 2001. Available from internet
< URL :
<http://dorakmt.tripod.com/evolution/index.html>

82. site référençant les principales revues de botanique en ligne
<URL :
<http://www.e-journals.org/botany/>

Table des annexes.

ANNEXE 1I



Annexe 1. Classification actuelle des angiospermes d’après l’APG.