

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE

Faculté des Sciences Biologiques

**Thèse présentée pour l'obtention du grade de Magistère en
Sciences de la Nature**

Spécialité : *Ecobiologie et Amélioration Végétale*

Par **SAHBANE Sofiane**

Sujet

**APPORT DE LA BIOINFORMATIQUE A
L'INVENTAIRE DES LEGUMINEUSES D'ALGERIE**

Soutenue le 16 mars 2003, devant les membres du jury ci-dessous :

ME. N, BOUGUEDOURRA	Professeur à l'USTHB	Présidente
M ^{ELLE} F, AÏD	Maître de conférences à l'USTHB	Directrice de thèse
M. S, AMRANI	Chargé de cours à l'USTHB	Co-directeur de thèse
M. A, ABDELGUERFI	Maître de conférences à l'INA	Examineur
M. R, AMIROUCHE	Chargé de cours à l'USTHB	Examineur

Avant-propos

Ce présent travail a été codirigé par Mademoiselle F., Aid, maître de conférences à l'USTHB, et Monsieur S., Amrani, chargé de cours à l'USTHB. Qu'ils soient remerciés pour leur conseils, orientations et remarques pertinentes.

Madame le Professeur Bouguedoura m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse. Je tiens à lui exprimer ici ma profonde reconnaissance.

J'exprime ma gratitude à Monsieur Abdelguerfi, maître de conférences à l'INA, pour avoir voulu participer au jury de cette thèse.

J'adresse également mes vifs remerciements à Monsieur Amirouche, chargé de cours à l'USTHB, pour avoir bien voulu participer au jury de cette thèse.

Résumé

La caractérisation du microsymbiote (le Rhizobium) passe aussi par la reconnaissance du macrosymbiote : la légumineuse. Pour rendre fiable les déterminations de la plante, nous avons eu recours à une approche informatique, en mettant en place un système d'identification assistée par ordinateur (logiciel Delta). Les résultats nous ont permis d'identifier efficacement tous les taxons (espèces, genres et tribus) référencés dans les flores algériennes (provenant essentiellement la flore de Quezel et Santa, 1962 et l'encyclopédie biologique de Maire, 1987).

Le formalisme des données nous a permis de générer des descriptions automatiques en langage naturel et des clés d'identification conventionnelles.

L'exportation de la matrice des données vers un programme phylogénétique (Phylip), nous a permis de tester les relations phylogénétiques du genre *Medicago*.

Abstract

Characterization of Rhizobia needs also determination of plant hosts. In order to make reliable the identifications of legumes, we used a informatic approach, especially a matrix-based interactive system (Delta software). All taxa (species, genera, tribes) found in Algeria floras (especially from Quezel and Santa's Flora, 1962 and Maire's Flora, 1987) have been determinate with reliable for non-experts.

Formalism of data allowed us to generate automatic description in natural description and multiple conventional keys.

Data exportation to a phylogeny program (Phylip) built a cladogram tree for the *Medicago* group.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE 1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I-Bioinformatique.....	3
II- Systématique.....	5
III- Les Fabaceae.....	12
IV- Taxonomie des Fabaceae.....	19
V- Symbiose et Rhizobium.....	20
CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODE.....	23
1- Logiciel Delta.....	24
2-Documents floristiques et sur la symbiose.....	26
CHAPITRE 3. RESULTATS.....	27
I- Description des sous-familles.....	27
II- Le genre Medicago.....	38
1. Description générale du genre Medicago.....	40
2. Description des espèces.....	40
III- Génération de clés conventionnelles.....	53
IV- Essai d'étude phylogénétique.....	60
CONCLUSION.....	64
REFERENCES.....	65
ANNEXE 1.....	69
ANNEXE 2.....	78
ANNEXE 3.....	82
GLOSSAIRE.....	84

Introduction

Une détermination fiable de la plante hôte (la légumineuse) est une donnée fondamentale pour la caractérisation du partenaire rhizobiologique. L'identification par les voies traditionnelles (flores écrites et bases de données relationnelles) s'est révélée insuffisante et contraignante (statique, ordre procédural, caractère proposé pas toujours disponible, contraintes de champs, etc.) pour un non expert en taxonomie. La souplesse et la facilité d'utilisation des outils d'identification assistée par ordinateur se sont révélés comme une solution prometteuse, en permettant des déterminations rapides et fiables, capables de proposer des identifications uniquement sur l'état végétatif (utile pour le rhizobiologiste, sachant que la nodulation se termine généralement avec la floraison). Des travaux d'automatisation de l'identification existent depuis longtemps (Dallwitz, 1974 ; Allkin, 1984 ; Pankhurst, 1991), et ont donné lieu à de nombreux logiciels (DELTA, LucID, MEKA, etc.). Leurs auteurs ont par ailleurs montré l'urgence de la standardisation des descriptions, qui demeure cruciale dans le domaine macroscopique (c'est-à-dire l'analyse morphologique). Toutefois des éléments de réponse semblent être trouvés avec l'apparition de la morphométrie, méthode utilisant des outils mathématiques comme l'analyse des contours ou par comparaisons de points-repères dans un espace normalisé, qui s'affranchie désormais de la subjectivité des systématiciens.

La systématique est la science qui recherche en plus de l'inventaire, de la description ou de la classification des taxons, les relations de parentés entre tous les organismes vivants ou fossiles. Cette discipline est structurée en un système dynamique (espèces, écosystèmes,...) résultant de l'impulsion évolutive ; dont la compréhension des mécanismes (notamment avec les apports moderne de la biologie moléculaire) doit faire appel à une nouvelle méthodologie (analyse et structuration des concepts, formalisation des données et résolution algorithmique) supportée par l'informatique. Bien que de nombreux logiciels touchant à tous les aspects de cette discipline (descriptions, bases de données thématiques, générations de clé de détermination, phylogénie,...) aient vu le jour, leur utilisation et leur généralisation sont loin d'être couramment répandue (Vignes-Lebbe et *al.*, 2000).

L'interconnectivité apparaît aujourd'hui comme incontournable pour développer n'importe quel projet de taxonomie. Ainsi le projet 'BAOBAB' sur lequel Ailkin et White ont travaillé dans les années 80, a été le premier essai de données taxonomiques appropriées à un

modèle reconnu (le seul relationnel) et implanté dans ALICE (système de gestion des bases de données de la biodiversité, Calvacanti, 1996). En ce qui concerne l'Algérie, quelques essais de compilation de données écologiques ont donné lieu à la génération des premières bases de données thématiques (Kerfali et *al.*, 2002).

En 2002, l'Algérie a rejoint le projet Bionet-International en devenant membre du LOOP (Located Organized and Operated Part) Nafrinet, qui a pour prérogatives de développer les infrastructures, les ressources humaines et la capacités taxonomiques nationales à travers la coopération mondiale en matière de taxonomie.

Nous nous intéresserons dans une première partie à mettre en application un système de bioinformatique, et en particulier les systèmes d'identification assistée par ordinateur (logiciel DELTA) pour rendre fiable les déterminations des légumineuses, en insistant sur les différents intérêts d'une solution informatique : avec la génération de clés multiples et de descriptions standardisées en langage naturel, et l'identification interactive.

Dans une seconde partie, nous nous initierons à une étude phylogénétique en utilisant le package Phylip.

Etude bibliographique

I-Bioinformatique

La bioinformatique concerne l'ensemble des concepts et des techniques nécessaires à l'interprétation de l'information biologique. Sa rencontre avec la génomique en a fait un élément majeur du traitement de l'information et de son extrapolation (fig. 1). De nouvelles voies apparaissent avec l'identification automatique des gènes et la prédiction de leurs fonctions. Des méthodes prometteuses comme la 'modélisation' ('model-driven approach') sont actuellement appliquées à des problèmes fondamentaux de la bioinformatique (alignement des séquences, prédiction de structure, phylogénie moléculaire, détection de gènes, etc.). Selon cette approche les objets (e.g. séquences, structures, motifs, etc.) ne sont plus étudiés par comparaison directe mais à travers la construction d'un modèle, afin d'en capturer les propriétés communes, puis les objets sont mis en relation en référence à ce modèle. La recherche de signaux de plus en plus subtils dans les séquences (structures tridimensionnelles des macromolécules résistant bien plus à la divergence évolutive que leurs séquences) contribuent de manière extraordinaire à notre compréhension des phénomènes d'évolution et dans la recherche de nouvelles propriétés des gènes (Claverie et *al.*, 2000).

L'informatisation des données et des connaissances en systématique s'est généralisée assez récemment (durant cette dernière décade) avec principalement la mise en place de bases de données concernant les collections, les données bibliographiques, de nomenclature (avec les noms des spécimens valides et leurs synonymes), et les descriptions taxonomiques (y compris toutes les propriétés biologiques). Ce travail doit faire face à la quantité, à la dispersion, à l'hétérogénéité, et à l'imprécision des taxons. La recherche a montré les limites des systèmes de gestion de bases de données relationnel (SGBD) à gérer de manière efficace la complexité des problèmes (hiérarchie, synonymie entre hiérarchie, données floues, incertaines ou imprécises entre autres) et s'oriente désormais vers les modèles à objets (Vignes-Lebbe et *al.*, 2000).

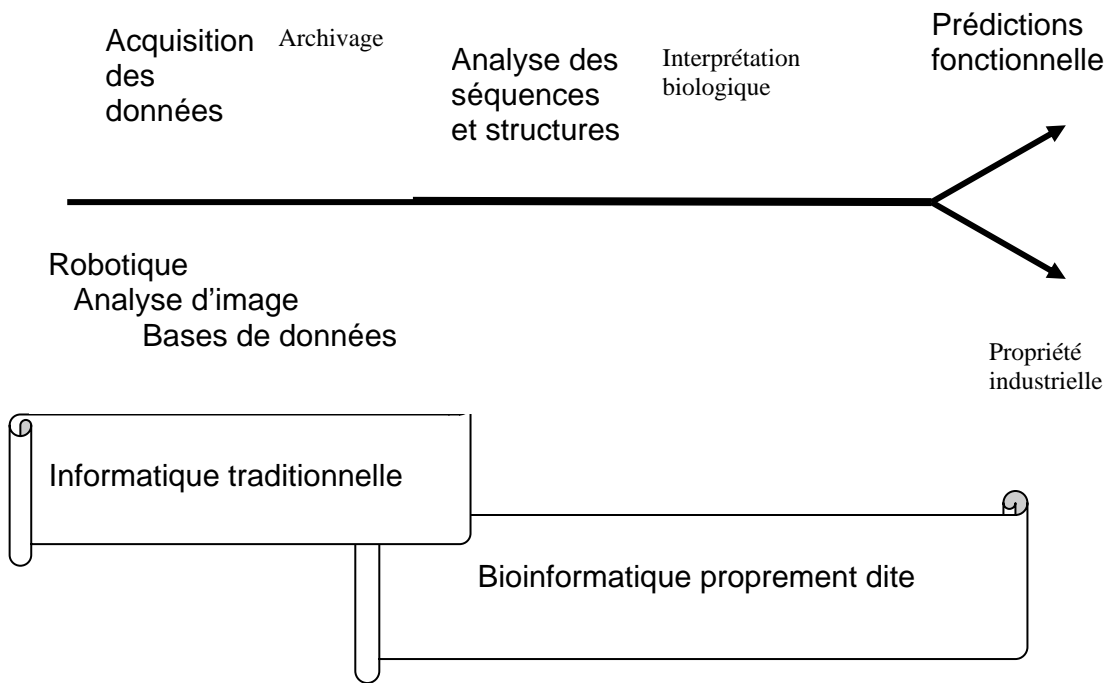


Figure 1. Schéma montrant les zones d'actions de l'informatique et de la bioinformatique et leurs interactions.

Selon les instances internationales (Clearing House Mechanism de la CBD, DIVERSITAS, GTI), les systèmes de bioinformatique doivent être développés à deux niveaux avec :

- La diffusion de l'information sur les collections des spécimens doit être facilitée et largement accessible au plus grand nombre via Internet.
- L'accélération de l'innovation de la présentation de l'information en proposant des checklists d'espèces (comme le Catalog of Life/Species 2000), des clés d'identification basées sur des images, l'automatisation de l'identification, des logiciels d'aide au management des collections et des SIG (Système d'Information Géographique) reliés à des applications pour des aspects biogéographiques.

Des initiatives taxonomiques mondiales tel que le GTI (Global Taxonomy Initiative) ont comme but principal de fournir des collections de spécimens, de développer la compilation de l'information et d'organiser les données basiques en checklists (régionales, cartes, etc.), ainsi que la synthèse de ces données en monographies, flores, faunes, clés, entre autres.

Enfin, de nouvelles voies se dessinent dans l'étude de la biodiversité à travers l'informatisation de la description taxonomiques (Delta), la modélisation des taxa dans des systèmes des classifications et de nomenclature (IOPI, HICLAS) et la gestion des objets biologiques (Pandora). Le modèle Prometheus est un bon exemple pour la représentation des données taxonomiques dans un système capable de manipuler et comparer simultanément de multiples classifications. L'idée de base est qu'un taxon peut être circonscrit par les spécimens ou les taxons de rang inférieur qui lui appartiennent. Ici, le processus de dénomination est clairement distinct de la classification, et permet d'envisager une nomenclature automatique (Pullan et *al.*, 2000).

II-Systématique

Le développement de la recherche sur le séquençage moléculaire, l'émergence de données moléculaires de qualité (duplication, insertion de séquence Alu, gènes homéotiques, etc.) et la mise au point de modèles mathématiques audacieux de l'évolution (modèle de Fisher et théorie des jeux), ont révolutionné le monde de la systématique.

Les données moléculaires ont ainsi confirmé la paraphylie des Bryophytes et des Gymnospermes. Au sein des Angiospermes les monocotylédones apparaissent comme

un groupe homogène alors que les Dicotylédones sont paraphylétiques, notamment le clade des eucotylédones (désormais exclu des Dicotylédones) contenant les groupes primitifs telles que les pipérales ou les magnoliales (APG, 1998).

La biologie moléculaire a enfin apporté au mode bactérien une réponse objective au problème de définition d'espèces et de classification, en ayant recours principalement à l'hybridation DNA/DNA (où une hybridation supérieure à 70% entre deux souches indique leur appartenance à une même espèce), et aux similarités des séquences de rRNA (au-delà de 97% deux souches sont considérées comme identiques).

Les premiers systèmes de classification ont probablement débuté avec Aristote, de manière 'essentialiste', consacrant les êtres vivants comme le reflet d'un idéal divin, en divisant les groupes en hiérarchies issues de divisions dichotomiques (taxonomie descendante). Il fallut toutefois attendre Linné et la publication de son œuvre *Systema Naturae* (1735), pour voir se développer une taxonomie rigoureuse et simplifiée. Il fut l'instigateur d'une systématique hiérarchique basée sur la description des organes reproducteurs, et de la nomenclature binomiale encore utilisée.

Par la suite de nombreux botanistes et taxonomistes ont tenté d'établir de nouveaux schémas de classification. Les botanistes français B. et A. de Jussieu par exemple tentèrent d'établir la description de « familles naturelles » sur la base de caractères communs puis Adanson (1727-1806) adversaire du système jugé trop artificiel de Linné, proposa une classification où tous les caractères présenteraient la même valeur (principe de base qui sera repris par la taxonomie numérique).

La parution de *L'origine des espèces* (1859) de Charles Darwin (théorie de la sélection naturelle) marque sans doute le tournant décisif de la systématique en proposant pour la

première fois une théorie plausible de l'évolution (la sélection novatrice), et cela malgré certaines lacunes (notamment les phénomènes de spéciation). Il fut le premier à souhaiter qu'une classification devrait toujours refléter les relations de parentés entre les organismes, et cela jusqu'aux niveaux les plus élevés. Le concept de phylogénie (pas encore défini), la notion de variabilité inhérente aux espèces et l'origine commune de tous les êtres vivants a bouleversé non seulement tous les aspects de cette discipline mais surtout le rapport qu'entretenait l'homme avec ses croyances.

L'histoire de la systématique est jalonnée de nombreuses définitions et de concepts. Ainsi sur le statut ontologique des taxa (catégorie taxonomique), certains comme les phylogénistes ont adhéré au réalisme épistémologique qui prône la réalité objective des taxa (à travers par exemple le critère de conspécificité et la notion associée d'espèce biologique, Ashlock et Mayr, 1991). D'autres comme les phénéticiens ont adopté la thèse de l'anti-réalisme épistémologique qui affirme que les taxa sont des créations de l'esprit humain (Sneath et Sokal, 1973). Il en résulte que le concept d'espèce (biologique, écologique, phénétique, évolutive, etc.) fait toujours débat en l'absence d'une définition scientifique unificatrice.

En 1999, Pleijet proposa par exemple qu'on ne désigne plus que par un seul mot, chaque taxon que la phylogénie permet de déterminer afin d'éviter toute ambiguïté avec la nomenclature traditionnelle, et a introduit le concept de LITU (pour Least Inclusive Taxonomic Unit) comme la plus petite entité non dissociable obtenue par la phylogénie (Pleijet et Rouse, 2000). Hendry plaide par contre pour l'abandon du concept d'espèce (79 concepts répertoriés dont il dénonce l'abus); que ne reflète pas l'analyse moléculaire en terme de discontinuité moléculaire (base de la distinction entre les espèces). Il préfère l'adoption d'un nouveau schéma descriptif qui regrouperait les organismes à n'importe quel niveau hiérarchique, en spécifiant uniquement la quantité de différences (génétiques, morphologiques, etc.) qui existe entre chacun d'eux. Avise et Walker (2000) préconisent quant à eux de retenir les concepts d'espèces, mais d'introduire aux niveaux hiérarchiques supérieurs la notion de 'temporal banding' (seuls les événements majeurs comme les âges géologiques sont capables de bouleverser suffisamment les organisations complexes des niveaux supraspécifiques) pour délimiter une séparation phylogénétique. Ce principe devrait être l'ultime dénominateur commun pour une classification universelle.

Enfin, l'étude de la généalogie des gènes permet d'envisager un nouveau concept d'espèce en terme de temps de coalescence, grâce à la découverte de 'réplicateurs' (partie du génome suffisamment petite ne subissant pas de remaniement génétique et provenant d'un seul parent) stables, se transmettant de génération en génération. Deux espèces peuvent ainsi se définir comme deux groupes entre lesquels il existe une grande discontinuité en temps de coalescence. L'idée sous-jacente serait aussi de parvenir, dans le futur, à un concept de biodiversité qui associerait les aspects infra et interspécifiques (Gouyon, 2001).

En vérité, jamais depuis Darwin n'ont été mieux compris les phénomènes évolutifs et relationnels entre tous les organismes.

La systématique moderne se veut une synthèse de deux grands domaines scientifiques, avec la biosystématique ou phylogénie c'est-à-dire l'étude des relations de parentés entre taxons vivants ou fossiles, relatant les mécanismes d'évolution qui sont à l'origine des espèces, et la taxonomie qui correspond à l'activité de délimitation, de description, d'inventaire et de dénomination dans un système de nomenclature.

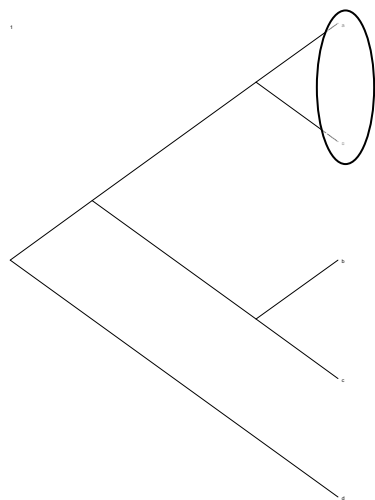
De plus, pour être rigoureuse une classification doit fournir un index de l'information classée, avoir une valeur heuristique permettant la prédiction et l'extrapolation (notamment les propriétés biologiques attendues), permettre de faire des généralisations et de fournir enfin de base d'explication (Mayr, 1991).

Actuellement trois principales écoles de taxonomie coexistent (fig. 2) :

1. La taxonomie phénétique appelée aussi taxonomie numérique.
2. La taxonomie cladistique appelée aussi taxonomie phylogénétique (version cladistique).
3. La taxonomie évolutionniste parfois appelée aussi taxonomie traditionnelle.

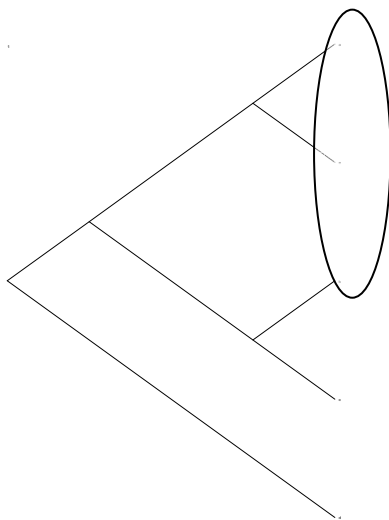
a-Taxonomie phénétique

L'approche phénétique a été proposée pour la première fois par Sneath et Sokal en 1963 dans leur principe de taxonomie numérique (Sneath et Sokal, 1973). C'est une approche



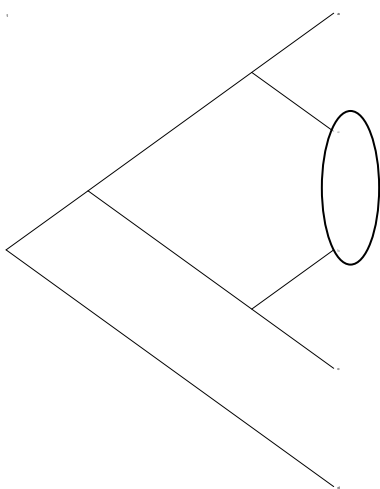
Groupe monophylétique

Un groupe qui inclut son plus récent ancêtre commun et tous ses descendants. Acceptée par la cladistique et les autres taxonomies.



Groupe paraphylétique

Un groupe qui inclut son plus récent ancêtre commun et une partie de ses descendants. Acceptée par la taxonomie évolutive mais non par la cladistique.



Groupe polyphylétique

Un groupe qui n'inclut pas son plus récent ancêtre commun. Non acceptée par la cladistique et la taxonomie évolutive.

Figure 2. Schéma montrant quels sont les différents groupes utilisés dans les différentes taxonomies.

non phylogénique basée exclusivement sur le critère de similarité globale (même poids à tous les caractères) sans distinction des caractères plésiomorphes (ancestraux) ou apomorphes (évolués). Plutôt que d'avoir des taxons monophylétiques dans un système évolutif, la phénétique regroupe des Unités Taxonomique Opérationnels UTO (en anglais OTU's pour Operational Taxonomy Units) traduisant un individu, une espèce, un phylum

ou n'importe quel groupe d'organisme. L'analyse de similarité provient généralement d'une matrice de données. La phénétique est une théorie totalement neutre pour la génération de classifications biologiques, c'est-à-dire qu'elle ne se prononce pas sur la qualité du rang taxinomique (genre, famille, etc.) mais s'exprime en pourcentage de phénons pour regrouper les OTU's. En utilisant des méthodes géométriques, les distances minimales (indices de distance, de similarité, ou probabilistique par exemple) entre OTU's sont calculées, et les organismes sont généralement groupés (clustérisation) hiérarchiquement dans un phénogramme (fig. 2.1).

b-Taxonomie cladistique

Elle veut que la classification soit le reflet fidèle de la phylogénie. Cette méthodologie a été décrite pour la première fois par Willi Hennig dans *Phylogenetic Systematic* (1950). Il a fallu toutefois attendre la parution de la version anglaise (1966) pour mesurer toute l'importance de cette nouvelle approche à la systématique. Elle est la conséquence de la découverte de l'existence de groupes monophylétiques, partageant exclusivement des états de caractères dérivés permettant la reconstruction d'arbres phylogénétiques, aussi bien que la reconstruction des *groundplans* (évolution des caractères le long d'un arbre phylogénétique) en se fondant sur l'utilisation du principe de parcimonie (encore appelé « Ockham's Razor », qui réclame le minimum d'hypothèses pour l'explication des phénomènes naturels) dans le cas d'hypothèses alternatives. Ceci peut être compris aussi comme le nombre de pas minimal mutationnels ou comme un arbre de longueur minimale. Elle plaide aussi en faveur de la transformation des relations phylogénétiques découvertes dans une classification hiérarchique des organismes, incluant uniquement des espèces biologiques et des groupes monophylétiques (et non des groupes paraphylétiques et polyphylétiques) (fig. 2.2).

c-Taxonomie évolutionniste

C'est une approche syncrétique (la classification évolutive est donc un processus itératif tenant à la fois des analyses phénétiques et phylogénétiques) à la biologie systématique

largement soutenue par Mayr et Simpson. Bien que les utilisateurs de cette approche aient grandement accepté la méthodologie Hennigienne comme une technique adéquate pour la reconstruction d'arbres phylogénétiques, ils objectent toujours contre une classification cladistique stricte, préférant en plus intégrer des groupes paraphylétiques (qui partagent des caractères 'primitifs' en commun). Généralement elle débute par une analyse phylogénétique ou dérive d'un cladogramme par les mêmes méthodes que celles utilisées en cladistique, en acceptant aussi une approche paraphylétique. De même, lorsque les données sont insuffisantes pour la construction d'un cladogramme fiable, d'autres bases sont utilisées pour une inférence phylogénétique. Les nouvelles informations sont ensuite maximisées en partitionnant chaque étape en segments continus. Ces partitions constituent le taxon. Des analyses de distances sont calculées (méthode de Ashlock-Brothers) afin de déterminer la distance génétique entre chaque nœud et ses descendants (fig. 2.3). La présence de paraphylla est en corrélation directe à leur désir d'assigner un rang taxonomique plus élevé (e.g : une classe) à un taxon monophylétique possédant de nombreuses autapomorphies. Ce désir est aussi justifié par la plus grande «divergence évolutive» comparée à l'ancêtre commun et à la possession d'un nouveau « niveau d'adaptation ». Excepté la difficulté de définir et de mesurer la «divergence évolutive» et le « niveau d'adaptation ». Le principal problème de cette approche est l'extrême arbitraire dans la classification et la délimitation d'un paraphylla. C'est une méthode subjective construite sur des hypothèses élaborées faites sur les voies d'évolution supposées par le taxinomiste (Lipscomb, 1998).

Les analyses phylogénétiques prennent désormais une place prépondérante à travers toutes les disciplines biologiques. Cet intérêt croissant sur l'histoire de l'évolution est le résultat direct de notre réalisation de l'importance de comprendre le 'background' phylogénétique comme élément nécessaire pour interpréter virtuellement n'importe quel système biologique dans un contexte comparatif (Hillis, 1996). Aujourd'hui toutes les classifications tentent de reconstruire l'arbre phylogénétique qui se rapproche le plus possible de l'arbre vrai. C'est-à-dire de retrouver l'ordre de spéciation des événements de duplication des gènes représentés par la topologie d'un arbre évolutif vrai. La

difficulté d'inférer des arbres évolutifs est due à la nature même du caractère statistique complexe de la phylogénie (Junhyong et Warnow, 1999).

Cela pose le problème de la fiabilité de l'exactitude de l'arbre reconstruit. Il faut savoir que les topologies ainsi reconstruites sont soumises à deux phénomènes de distorsion majeurs (auquel s'ajoute le problème d'homoplasie propre à la cladistique). Le premier étant la saturation moléculaire, c'est-à-dire que si le temps de divergence entre deux séquences augmente la probabilité d'avoir une seconde mutation à un site augmente également. Ceci fait que le simple comptage des différences entre deux séquences sous-estime le nombre d'événements mutationnels. Le second plus important et le phénomène dit d'attraction des longues branches, où les vitesses de mutations des branches sont les principales responsables de la topologie de l'arbre (Allard et Miyamoto, 1992).

De nombreux auteurs ont apporté des éléments permettant de mesurer l'exactitude des méthodes phylogénétiques en terme de consistance, d'efficience et de robustesse.

Quatre méthodes principales sont utilisées : la simulation (utilisées pour des méthodes réalisées sous des conditions idéales, et permet aussi de faire des prédictions sur le comportement des méthodes), les phylogénies connues (utilisées généralement pour tester des prédictions venant des études de simulation), les analyses statistiques (permet de prédire des résultats spécifiques et d'établir la quantité minimale de données indispensable pour formuler une conclusion robuste) et les études de congruence (c'est-à-dire la comparaison de plusieurs jeux de données et l'évaluation du degré auquel des résultats indépendants sont en accords). Ces différentes méthodes sont largement complémentaires, et sont consistantes dans la plus grande partie des reconstructions phylogénétiques (Hillis, 1996).

III-Les Fabaceae

C'est une des familles les plus importantes des plantes à fleurs avec environ 650 genres et plus de 18.000 espèces (Doyle, 1994). Essentiellement tropicale, elle est rencontrée néanmoins dans tous les continents (excepté l'Antarctique) et occupe des biotopes très variés (désertiques, marécageux, montagnard, etc.). Son intérêt économique est très important dans l'alimentation humaine par la richesse de ses graines en protéines de qualité (haricot, pois, lentille,...), dans la production de fourrage (féverolle, trèfle, luzerne,...), de teinture (*Indigofera*), de gomme (résine d'*Acacia*), comme source de roténone à usage insecticide ou molluscide (*Lonchocarpus*, *Derris*), dans la culture de

plante ornementales (*Delonix, Acacia, Lathyrus...*), et dans le commerce du bois tropical (ILDIS, 2002 ; Watson et Dallwitz, 1999).

Les *Fabaceae* (ou *Leguminosae*) sont habituellement divisées en trois sous-familles : les *Caesalpinioideae*, *Mimosoideae* et *Papilionoideae* (ou *Faboideae*). Quelque fois ces trois

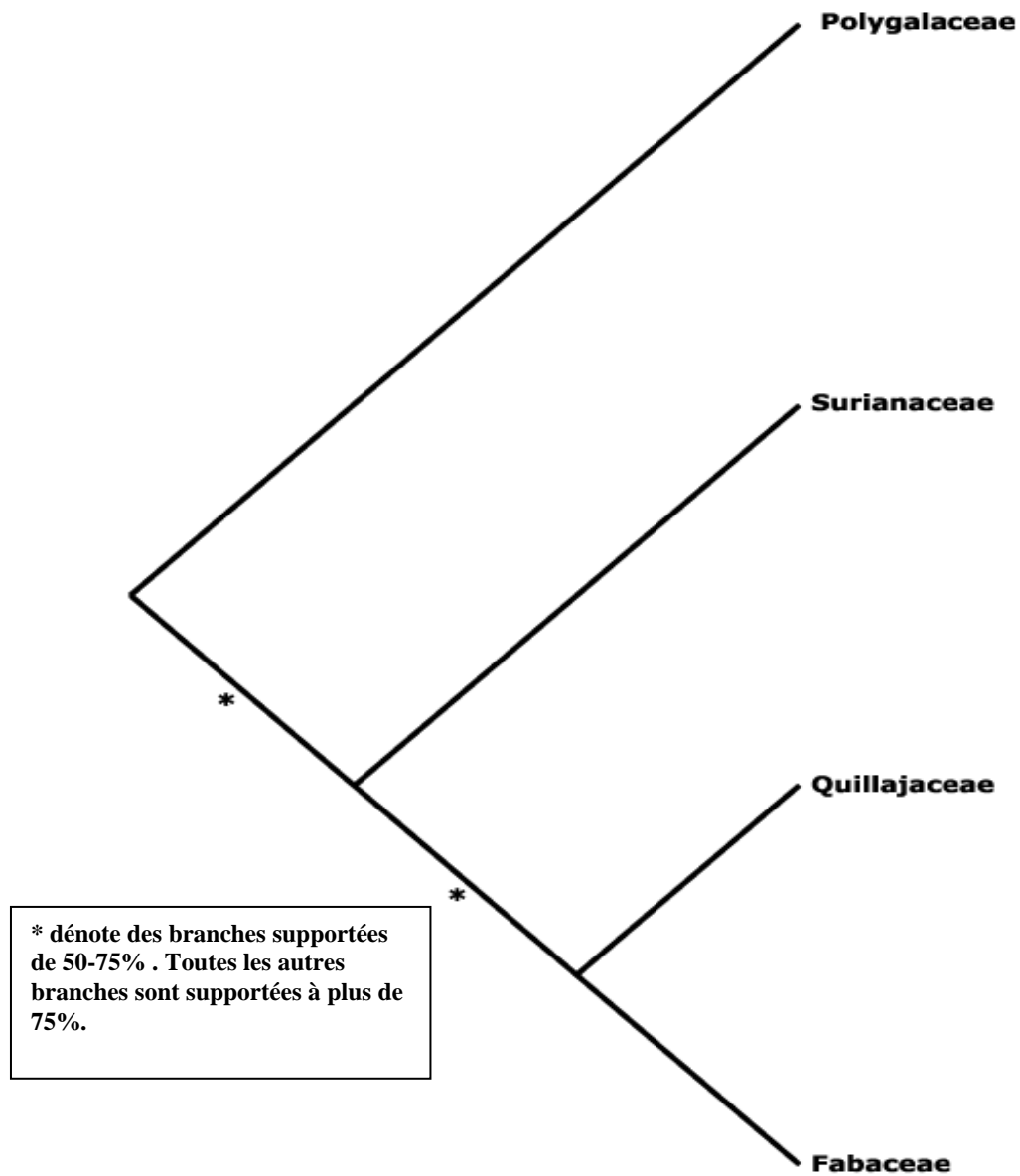


Figure 3. Arbre phylogénétique des Fabales montrant les relations de parentés entre les différentes familles qui la composent (D'après Persson, 2001).

sous-familles sont reconnues comme trois familles à part entière, consacrant les *Fabaceae* en super famille.

Leur origine doit être recherchée chez les *Rosales* (fig. 3) à fruit proche des Quillaja, mais dont un seul carpelle va persister et donner lieu à une gousse caractéristique. Les *Fabaceae* ont suivi des voies évolutives qui leur sont propres, les amenant vers une réduction du nombre des étamines et surtout à la création d'une fleur à corolle zygomorphe. Ces tendances évolutives plus ou moins synchrones ont conduit à la création de très nombreux types floraux (encadrés 1, 2 et 3, Flowering Plant Families, UH Botany).

De ces trois sous-familles, les *Caesalpinioideae* sont largement tropicales dont certaines sont natives de zones tempérées (*Ceratonia*, *Cercis*).

Les *Mimosoideae* sont aussi largement tropicales mais atteignent des zones plus froides. D'autres espèces (*Acacia*) se sont bien adaptées aux conditions arides et semi-arides.

L'architecture de ces deux sous-familles est le plus souvent de port arbustif ou arboré.

Quant aux *Papilionoideae*, considérés comme le groupe le plus évolué, ils sont retrouvés dans toutes les régions depuis les tropiques jusqu'aux régions arctiques et ont un port majoritairement herbacé au cycle annuel, prenant quelque fois un port arbustif ou arboré (Robinier, Genêt, Cytise,...).

Il paraît clair qu'il existe une graduation dans le passage du port arboré à herbacé en corrélation avec l'augmentation de la latitude. Les ligneux dominant dans les flores tropicales et subtropicales alors qu'ils sont généralement absents à des latitudes plus élevées. Leur abondance et leur diversité paraît être en relation avec leur capacité de former des complexes endo et ecto-mycorhiziens, d'avoir pu modifier leurs feuilles et tiges, d'avoir apporter des adaptations métaboliques et physiologiques qui permettent aux plantes de coloniser des zones ayant des concentrations faibles en nutriments et de supporter des quantités extrêmes d'eau et de radiation (à la fois de lumière et de chaleur) (Sprent, 2001). La seule exception de cette versatilité est que toutes les légumineuses utilisent exclusivement la voie C_3 de la photosynthèse (délaissant la voie CAM ou C_4). Leur mode de reproduction connaît un haut degré de diversification empruntant de nombreux moyens (anémophile, ornithophile, entomophile ou cheiroptérofile) ainsi qu'une pollinisation spécialisée amenant des modifications des caractères floraux (du style et/ou de la carène ou encore des filaments staminaux, notamment chez les *Papilionaceae* avec la pollinisation explosive chez *Medicago*) (Watson et Dallwitz, 1999).

Encadré 1

Les Caesalpinioideae (153 genres/2175 espèces)

Groupe représenté essentiellement par des ligneux, tropical, reconnaissable usuellement par ses feuilles simples, à fleur pseudo-zygomorphe (n'ayant pas réalisé complètement la zygomorphie), avec un nombre d'étamines sujet encore à quelques variations (10 ou moins). Ils sont caractérisés par une préfloraison ascendante (les pétales postérieurs recouvrent les latéraux, eux-mêmes recouverts par les antérieurs).

Ci-dessous, l'organisation florale de quelques espèces :



Cercis siliquastrum



Bauhinia sp.

Encadré 2

Les Mimosoideae (60 genres/3200 espèces)

Groupe représenté essentiellement par des ligneux, tropical et subtropical, à feuille généralement bicomposée (bipennée), comportant souvent du nectar extrafloral. Les fleurs sont petites, régulières, à étamines nombreuses (souvent plus de 10), et s'ouvrent plus ou moins simultanément. Ils sont caractérisés par une préfloraison de type valvaire (pétales étroitement juxtaposés sans se recouvrir).

Ci-dessous, l'organisation, florale de quelques espèces :

Acacia beckleri



Mimosa pudica



Encadré 3

Les Faboideae (425 genres/12150 espèces)

C'est un groupe remarquablement homogène, cosmopolite, caractérisé par un nombre constant d'étamines (10), à ses feuilles composées, alternes, stipulés et à ses fleurs à corolle parfaitement zygomorphe. Ils sont caractérisés par une préfloraison de type descendante (le pétale supérieur généralement dressé recouvre les latéraux, eux-mêmes recouvrant les antérieurs).

Ci-dessous l'organisation florale de quelques espèces :



Vicia sativa



Trifolium campestre

La nodulation semble être la règle chez les *Mimosoideae* (90%) et les *Papilionoideae* (97%) alors qu'elle fait défaut chez la plupart des *Caesalpinioideae* (23%).

Toutefois, basée sur l'observation que rhizobia peut infecter les racines de légumineuses non symbiotiques, comme la majorité des *Caesalpinioideae*, et que de telles plantes montrent malgré tout une activité nitrogénasique, il a été suggéré que toutes les légumineuses sont capables de symbiose rhizobiale, même si toutes ne forment pas de nodules (Bryan et Gordon, 1996). Cette hypothèse pourrait expliquer la haute teneur d'azote contenue dans les nodosités, même si elle demeure sans réponse sur l'origine de la nodulation. Une récente étude phylogénétique utilisant des séquences *rbcL* confirme l'hypothèse longtemps proposée que la sous-famille des *Caesalpinioideae* est une collection d'éléments divers incluant les plus récentes lignées divergentes des légumineuses, et que la plupart des membres de cette sous-famille appartiennent à une lignée qui incluent les *Mimosoideae* (Doyle et al., 1997). De plus, il semblerait que la nodulation ait eu lieu de manière indépendante dans ces trois groupes et au moins à trois reprises dont la première fois il y a environ 60 millions d'années (Brewin, 2002).

IV-Taxonomie des Fabaceae

Les grandes lignées d'angiospermes, telles reconnues par les systématiciens font l'objet de controverses. Il existe quatre grands systèmes de classification des angiospermes plus ou moins semblables, ceux de Cronquist, Thorne, Takhtajan et Dahlgren. Toutefois aucun des ces systèmes ne se rapproche des relations relevées par les données moléculaires récentes, analysées par les méthodes phylogénétiques, ou même des analyses cladistiques plus restreintes faites par des données morphologiques.

Les différentes classifications des *Fabaceae* donnent selon leurs auteurs : Sous-classe des Dicotyledonae; Crassinucelli. Superordre des Fabiflorae d'après Dahlgren ; Fabales, sous-classe des *Rosidae* d'après Cronquist; Eudicot; core Eudicot, Rosid, Eurosid I, Fabales selon APG (1998).

En ce qui concerne l'origine des angiospermes, l'Angiosperm Phylogeny Group (APG, 1998) reconnaît présentement les grands ensembles ci-dessous en ordre d'apparition sur le cladogramme (figure 5) :

1. Amborellaceae (A) et Nymphaeales (N) (le premier ou les deux ensembles formeraient la lignée basale).
2. Illiciales-Trimeniaceae-Austrobaileyaceae (ITA)
3. Magnoliales
4. Monocotyles
5. Dicotyles tricolpés

Les dicotylédones évoluées appartiennent à un clade monophylétique défini par un la possession d'une synapomorphie, le pollen tricolpé c'est-à-dire muni de trois sillons de germination. C'est un ensemble très diversifié qui inclut les deux tiers des espèces d'angiospermes.

Les légumineuses appartiennent donc à la classe des Dicotyles tricolpées, sous classe des *Rosidae* qui est un groupe monophylétique mais dont les caractéristiques sont encore mal définies. Ce sont essentiellement des ligneux ou herbacés, à feuilles entières ou composés, à fleurs surtout dialypétales, à étamines nombreuses ou cyclique, à gynécée syncarpe ou apocarpe (secondairement) et à ovule crassinucellée et bitégumentée.

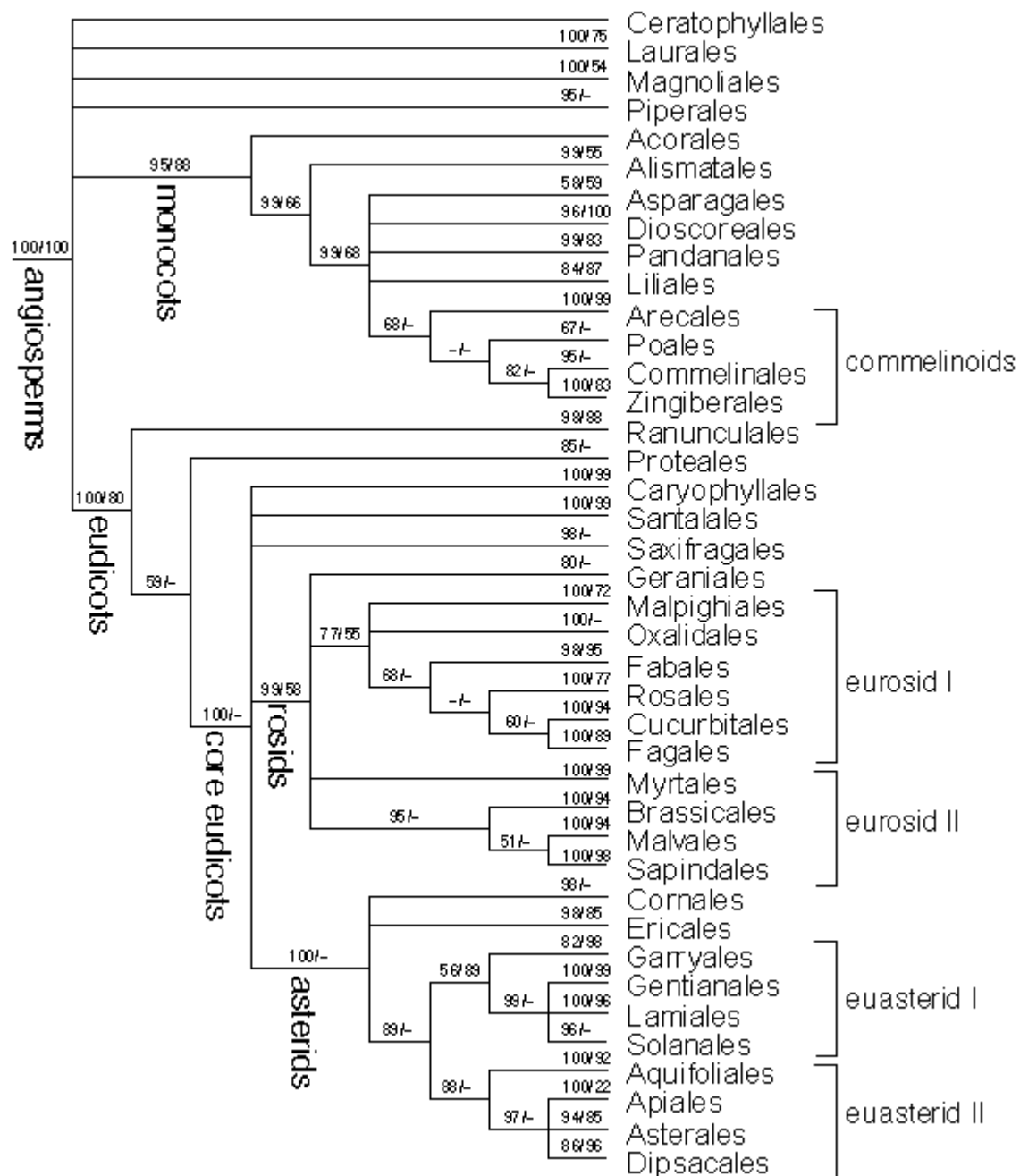


Figure 5. Les relations phylogénétiques à l'intérieur des Angiospermes (les nombres représentent les pourcentages de support des branches (selon APG, 1998))

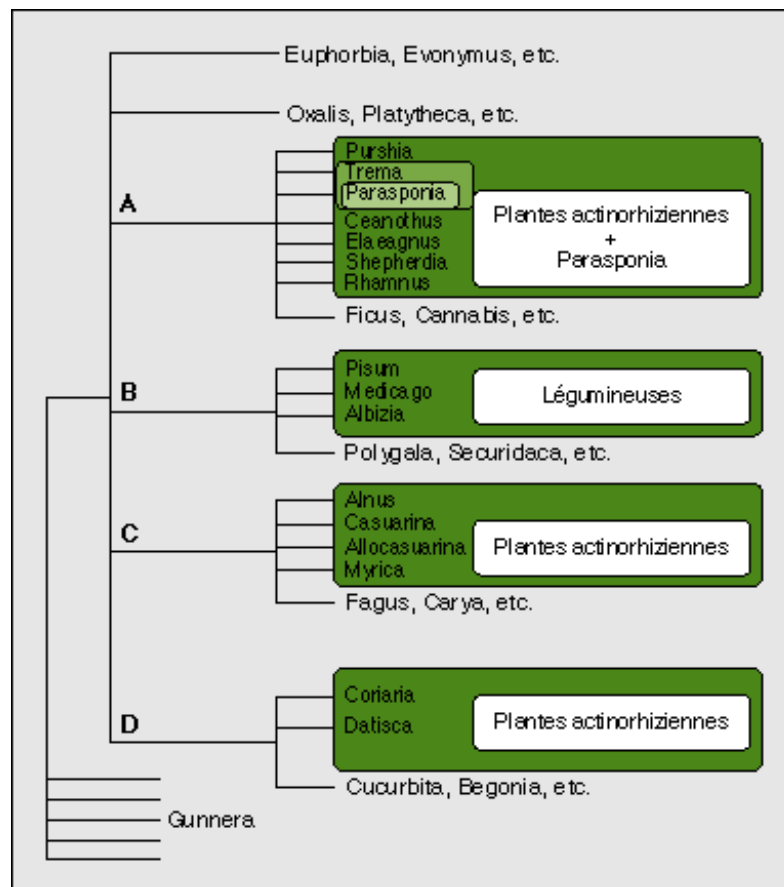


Figure 4. Résultats d'études de phylogénie moléculaire indiquant que toutes les plantes qui réalisent une symbiose nodulaire fixatrice d'azote appartiennent à un même clade (Rosid I).

V-Symbiose et Rhizobium

« En terme quantitatif, l'association symbiotique entre les légumineuses et rhizobia est le plus important lieu biocatalytique pour le flux de l'azote, c'est-à-dire entre le plus grand réservoir d'azote potentiellement disponible, l'atmosphère et le monde vivant » (Paul et Clark, 1994). La symbiose est le résultat de l'infection par une bactérie stricte aérobie de type Rhizobia capable d'éliciter et d'envahir la racine ou la tige d'une légumineuse-hôte, de nodules et de se différencier en bactéroïde fixateur d'azote (Van Rhijn et Vanderleyden, 1995). Cette remarquable caractéristique se révèle primordiale en agriculture, où le principal facteur limitant de la productivité des récoltes est la disponibilité de l'azote dans le sol. De même, le cycle général de l'azote dépend de la capacité de certaines bactéries et cyanobactéries de réduire l'azote atmosphérique en ammoniacque ; la forme assimilée par tous les organismes vivants (Brewin, 2002). On sait aujourd'hui que cette symbiose dépasse même les frontières taxonomiques des deux partenaires. Rhizobia est capable d'infecter aussi bien les légumineuses aquatiques telles que *Aeschynomene* ssp. et *Sesbania* ssp., que les non légumineuses (e.g. *Parasponia*) (Chaintreuil et al., 2000). En fait il est désormais admis que la prédisposition à former des racines nodulées n'est plus restreinte au Fabaceae, mais plutôt au clade I des Rosidés (fig. 4). De la même manière *Methylobacterium* et *Burkholderia*, deux groupes bactériens distincts des rhizobia sont capables de noduler et de fixer l'azote atmosphérique (Brewin, 2002).

De plus, plusieurs espèces de ces microsymbiotes sont retrouvés comme des membres 'typiques' de la communauté endophytique très diversifiée des céréales, et dont certains montrent un effet promoteur sur la croissance du riz (Chantreuil et al., 2000).

L'écologie rhizobiale est rendue particulière par la capacité de ces bactéries à transformer leur mode de vie pour s'adapter aux conditions environnementales, particulièrement lorsqu'elles sont fortement contraignantes. Certaines populations saprophytes ou rhizophériques peuvent éventuellement devenir symbiotiques par l'acquisition horizontale d'un plasmide ou îlot chromosomique symbiotique (Sullivan et al., 1998). La génétique moléculaire du rhizobium a permis de mettre en évidence des gènes nod, impliqués dans le dialogue moléculaire entre les deux partenaires, les facteurs Nod responsables de nombreuses réponses symbiotiques, ainsi que d'identifier les gènes majeurs (*nif* et *fix*) impliqués dans fixation azotée et de sa régulation. La plupart de ces gènes appartiennent à des familles multigéniques complexes faisant intervenir des duplications imbriquées, des pertes de gènes et des évolutions de gènes concertées.

Il est établi que la plante-hôte contrôle totalement la progression de la colonisation tissulaire du Rhizobium tout au long du développement nodulaire (par la nitrate répression, par le contrôle systémique du nombre de nodules/masse, et la sénescence programmée des bactéroïdes). La spécificité est déterminée principalement par l'ornementation chimique de

l'extrémité oligosaccharide des facteurs Nod (N-acétylglucosamine et N-acylglucosamine), (Brewin, 2002).

Ces dernières années la systématique de rhizobia a connu une profonde révision avec l'utilisation généralisée du séquençage du rDNA 16S et des approches polyphasiques qui ont mené à la description de plus de 20 espèces et 4 genres additionnels de rhizobia : *Allorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* et *Sinorhizobium* se sont ainsi rajoutés à *Rhizobium* et *Bradyrhizobium* initialement répertoriés dans la première édition du Bergey's manual of systematic bacteriology.

Les études phylogénétiques essaient aujourd'hui de comprendre les relations symbiotiques et l'évolution des gènes et des familles de gènes à l'intérieur de chaque groupe et des groupes associés (nodulés par l'actinomycète Gram-positive *Frankia*), amenant la révision des classifications. L'analyse du gène *rbcL* suggère que les plantes à fleur impliquées dans les symbioses rhizobiales ou actinorhizales appartiennent à la même grande lignée (d'où la réflexion que la prédisposition à former des symbioses rhizobiales ou actinorhizales pour toutes les plantes à fleur n'a pu avoir lieu qu'une seule fois). L'étude des arbres phylogénétiques de la famille des nodulines chez des légumineuses et des non-légumineuses a mis en exergue la grande diversité de ces gènes symbiotiques et non-symbiotiques donnant lieu à de nombreuses spéculations sur leur origine (paralogue ou orthologue) et leur expression dans les associations mycorrhiziennes. Cette divergence a donné naissance à des nodules structurellement divers entre actinorhizal et rhizobial mais aussi à ceux de *Parasponia* (Ulmacée nodulée par Rhizobia). De même, la morphologie des nodules semble en rapport à leur évolution. Les évaluations phylogénétiques placent le type 'caesalpinioide' non branché éparpillé dans les clades des *Mimosoideae* et *Caesalpinioideae* et dans la partie basale du clade des *Papilionoideae*, où il aurait évolué en nodule déterminé 'desmodioide' (retrouvé notamment chez les Phaseoleae), et en 'aeschynomenoide' restreint à l'arachide et ses alliés (Doyle, 1998).

Enfin une surprenante théorie du chaos affirme que l'évolution des rhizobium s'est fait de manière fortuite niant la part de co-évolution entre plante hôte et Rhizobia. Tout se passerait comme si les ancêtres de rhizobia, à l'origine parasites auraient suite aux contraintes environnementales majeures échangé du matériel génétique par transfert latéral sur des mégaplasmides à des formes symbiotiques et non-symbiotiques. Cette évolution serait par conséquent chaotiques soumises aux aléas climatiques et géologiques et ne présentant aucun motif évident de co-évolution (Soil Ecology Restoration Group, 2000).

Encadré 4

Le package Delta comprend principalement les programmes suivants :

- Delta editor : programme d'édition des données sous le format delta
- Intkey : programme interactif et de recherche documentaire
- Intimate : programme d'annotation d'images
- Delfor : programme de maintenance des données
- Key : programme de génération de clés conventionnelles
- Dist : programme qui convertit les données en matrice de distances, utilisant une version modifiée du coefficient de similarité de Gower.

I- Matériel

1-Logiciel DELTA (DEscription Language for Taxonomy)

DELTA est un outil flexible et puissant pour l'enregistrement et l'échange des descriptions taxonomiques. Il a été adopté comme un standard pour l'échange de données par l'International Taxonomic Databases Working Group.

Le package DELTA (encadré 4) est un ensemble de programmes intégré basé sur le format DELTA. Il a été développé à la division entomologie du CSIRO (Australie) sur une période allant de 1971 à 2000. Il est utilisé le monde entier pour obtenir des descriptions taxonomiques automatiques pour divers types d'organismes (encadré 5) : Plantes, champignons, virus, coraux, crustacés, les insectes, les poissons...

Les données peuvent inclure n'importe quelle quantité de texte pour qualifier ou amplifier l'information codée, et produit des descriptions en langage naturel (avec un contrôle total des attributs comme l'omission de mots répétés, l'insertion de titres, etc.).

Le logiciel génère des clés d'identification conventionnelles. En sélectionnant des caractères pour l'inclusion dans la clé, le programme détermine la meilleure manière de diviser les caractères des taxa restants, et équilibre l'information envers les poids déterminés subjectivement qui spécifie la facilité d'utilisation et la fiabilité des caractères. La clé peut être ajustée à des buts spécifiques en restreignant les clés à des sous ensembles de caractères ou de taxa (clé pour des zones géographiques particulières ou des climats, en utilisant par exemple seulement des caractères végétatifs ou floraux). Les données DELTA peuvent facilement être converties à des formats requis pour des analyses phylogénétiques (e.g. PAUP, Hennig86, Mac Clade) ou de taxonomie numérique (NTSYS-pc).

Le programme d'identification et de recherche documentaire interactif Intkey permet :

- L'entrée et la déletion des attributs dans n'importe quel ordre durant une identification
- Le calcul des 'meilleurs' caractères pour une identification rapide
- De contrôler les erreurs (faites par l'utilisateur et par les données)
- D'exprimer la variabilité ou l'incertitude dans les attributs
- De manipuler directement des valeurs numériques
- De coder des valeurs comme étant inconnues, inapplicables ou chevauchantes
- D'exécuter librement des opérations dans n'importe quel ordre
- De restreindre des opérations à des sous ensembles de caractères ou de taxa et de définir des mots-clés représentant ces sous ensembles

Principales bases de données DELTA contenant des descriptions, illustrations, des identifications interactives, et de recherche documentaire :

- [Amphipoda of Australia - families](#)
- [Amphipoda of the north-east Atlantic and Mediterranean](#)
- [Anomura - families](#)
- [Beetle adults - Elateriformia \(Coleoptera\) - families](#)
- [Beetle larvae - Elateriformia \(Coleoptera\) - families](#)
- [Braconidae \(Hymenoptera\) of the New World - subfamilies, genera, and species](#)
- [Butterflies and moths](#) (démonstration seulement)
- [Commercial timbers](#)
- [Crustaceans of the world](#)
- [Cucumis and Cucumella \(Cucurbitaceae\)](#)
- [Echinosteliales \(Myxomycetes\)](#)
- [Festuca of North America](#)
- [Flora of the Canadian Arctic Archipelago](#)
- [Flora of Western Australia](#)
- [Flowering plants \(angiosperms\) - families](#)
- [Fruit fly pests of the world](#)
- [Grass genera of Friuli - Venezia Giulia](#)
- [Grass genera of the world](#)
- [Grass species of the world](#)
- [Isopoda of Australia - families.](#)
- [Leccinum and Phylloporus in Costa Rica](#)
- [Leguminosae-Caesalpinioideae and Swartziaeae - genera](#)
- [Lichenized and Non-Lichenized Ascomycetes](#)
- [Mictacea - species](#)
- [Mysidacea - families, subfamilies and tribes](#)
- [Nematodes of the Murray-Darling river system and coastal freshwaters of southeastern Australia](#)
- [Pardosinae \(Lycosidae\) of Central Europe - males](#)
- [Plant Viruses Online \(VIDE\)](#)
- [Polychaete families and higher taxa](#)
- [Polychaetes from southern Australia](#)
- [Pooideae \(Poaceae\) in Australia](#)
- [Remipedia - species](#)
- [Restionaceae of Africa](#)
- [Salamanders of Great Smoky Mountains National Park](#)
- [Soil classification, Australian](#)
- [Spelaeogriphacea - species](#)
- [Stomatopoda - families](#)
- [Tanaidacea - families](#)
- [Tree and shrub genera of Borneo](#)

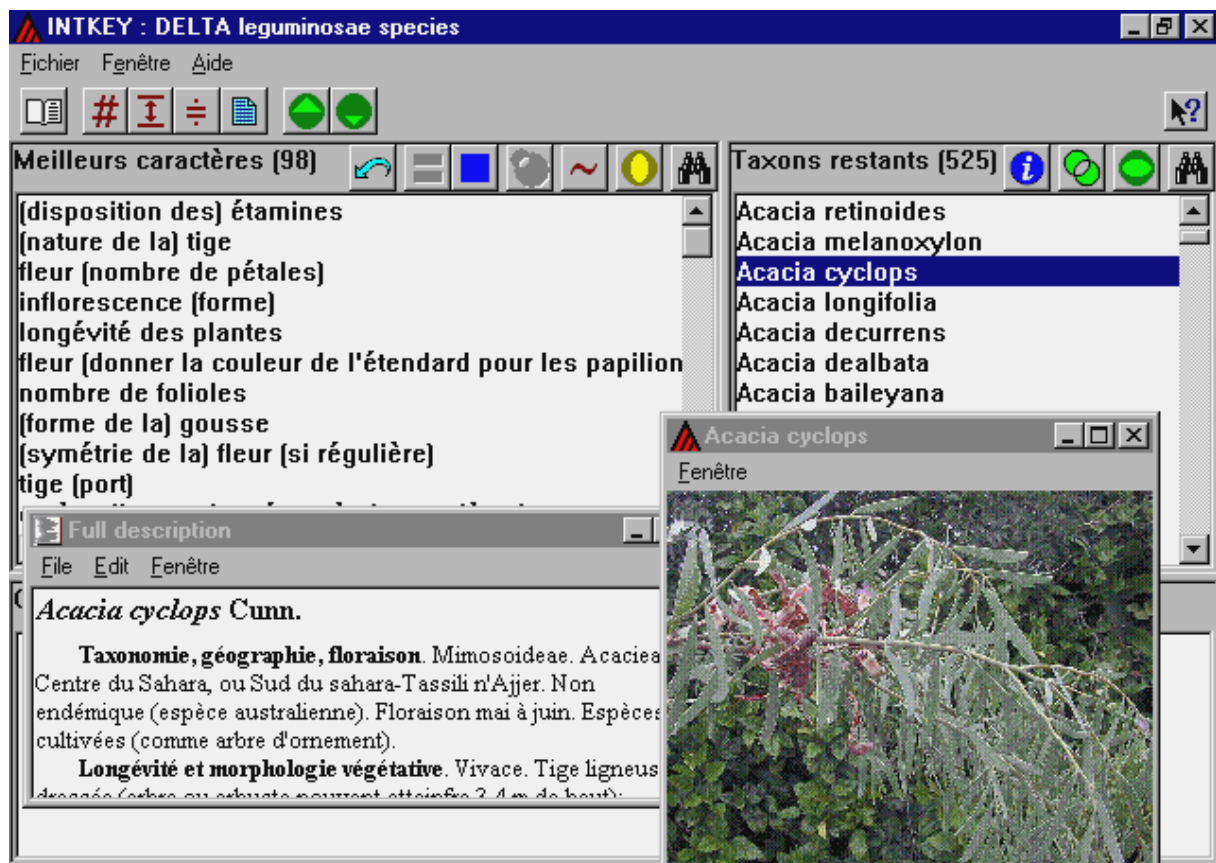
Par ailleurs, Aiken et al. (1996) ont proposé une nouvelle flore des graminées de l'Arctique Canadien. Argus (1997) a développé une classification des Salicacées aux niveaux de la famille et infragénérique. Des révisions taxonomiques (révision de *Cynanchum* en Afrique, du genre *Aristida* en Australie, etc.) ont également vu le jour et ont donné lieu à de nombreuses publications nationales ou internationales (*Australian Journal of Botany*, *American Journal of Botany*,...)

Des résultats similaires ont été obtenus chez les insectes, champignons, virus (projet CAB international de banque de donnée), corail et les minéraux. Même les activités humaines (poteries, commerce du bois) ont fait l'objet d'identification et de descriptions standardisées en langage naturel.

- De n'imposer aucune limite sur le nombre de taxa, de caractères, ou d'états de caractère
- D'afficher le nombre de similarité ou différence entre taxa
- De générer des descriptions diagnostiques pour des spécimens ou des taxa
- D'effectuer des descriptions regroupées (afin de générer par exemple des descriptions de genres à partir de celles des espèces)
- De pouvoir afficher sur écran de multiples illustrations de caractères et de taxa sans limite de nombre ou de taille

Des caractéristiques concernant de nouvelles commandes et de nouveaux types d'états de caractères verront le jour prochainement ou sont à l'étude (User's Guide to DELTA system de Dallwitz, Paine et Zurcher 1993).

Le programme interactif Intkey se présente sous la forme suivante :



II- Méthode

1-Documents floristiques et de la symbiose

Réaliser un système d'aide à l'identification assisté par ordinateur (SIAO) de toutes les espèces de légumineuses recensées jusqu'ici en Algérie nécessite avant tout la compilation des données existant déjà, pouvant par la suite s'enrichir et s'actualiser de données personnelles.

La flore de Quezel et Santa (1962), faisant toujours référence, a servi de *corpus* de compilation de mes données, complétée par la flore de l'Afrique du Nord volume XVI de Maire (édition 1987) pour les espèces arbustives, de la flore analytique et synoptique de Battandier et Trabut (1905), ainsi que la flore de Heyn (1963) et celle de Lesins et Gillies (1972) spécialisées dans le groupe *Medicago*.

Pour ce faire, nous avons réuni les principaux éléments botaniques mentionnés par leurs auteurs, auxquels nous avons rajouté des éléments propres à la symbiose des légumineuses (aspect nodulation), puis codés au format approprié DELTA. C'est-à-dire 115 caractères partagés en multistates (ordonné et désordonné), en valeur numérique réelle, en valeur numérique entière et en texte (voir annexe 1).

Résultats

Notre travail a été organisé en trois rangs hiérarchiques : tribus, genres et espèces soit un total de 525 taxons.

L'identification pour un niveau de diagnose au moins de niveau 1 (c'est-à-dire lister les caractères qui permettent de discriminer un taxon sans erreur) est établie pour tous les taxa, et une clé de détermination est proposée pour chaque cas ainsi qu'une description en langage naturel. Nous proposerons en premier lieu une description au rang tribal de toutes les espèces.

Dans les descriptions suivantes données en langage naturel par le logiciel, le nombre entre parenthèses indique le nombre d'espèces montrant l'état du caractère. Ce nombre peut être suivi par un 'slash' et d'un autre nombre indiquant le nombre d'espèces pour lequel le caractère est enregistré (et applicable).

Attributs implicites

A moins que ce soit indiqué autrement, les attributs suivants sont implicites pour toutes les descriptions, excepté le cas où les caractères concernés sont inapplicables.

Longévité et morphologie végétative. Plante non glanduleuse. Tige non acaule; herbacée; non épineuse; plus ou moins ramifiée. Foliole non réduite à une phyllode; non caduque; identiques; régulière. Vrille absente. Stipule présente; non soudée; non membraneuse; identiques entre elles; plus petite que la foliole; entière non foliacée. Stipelle absente.

Fleur et inflorescence. Ovules nombreux. Fleur très irrégulière, à cinq pétales non soudés, hermaphrodite, non maculée, avec pétales de même couleur. Pédoncule floral non aristé. Pétale glabre. Calice non caduque; ne se renflant pas; plus court que la corolle.

Fruit, graine et cytologie. Gousse non articulée; non comprimée; non ailée; non incluse dans le calice. Graine exalbuminée.

Nodulation. Nodulation présente. Nodule indifféremment le long de la racine.

Dans les descriptions suivantes on distinguera les trois sous-familles habituellement reconnues et les tribus nouvellement définies par l'organisme international de taxonomie des légumineuses ILDIS (International Legumes Database and Information Service).

I- Description des sous-familles

1-subfam. **CAESALPINIOIDEAE** (16 espèces)

-**Bauhinieae** (4 espèces)

Ce sont des espèces introduites et cultivées pour l'ornement composées d'arbres, arbustes (2/3) ou lianes (1/3), odorants (1/4), parfois épineux (1/3) à rameaux glabres ou pubescents. Les feuilles sont simples à limbe bilobé ou réniforme. Les stipules sont présentes (2/2) ou absentes (2/2). Les étamines sont au nombre de dix, libres entre elles. L'ovaire est généralement sessile ou subsessile (3/4), pluriovulé. Le style est grêle, filiforme, ou courbé (1). La fleur a une dissymétrie peu prononcée, pentamère, purpurine ou rose (1/4) ou blanche (2/4). Les fleurs sont géminées ou ternées formant des grappes terminales, ou axillaires, ou à fleurs nombreuses formant des corymbes terminaux (1/4). Le calice est glabre ou non, à cinq dents campanulé (2/4) ou tubulé (1). La gousse est linéaire, glabre, coriace, rostrée (2/4) ou non. Les graines sont nombreuses, comprimées, albuminées. La nodulation est généralement indéterminée non branchée, caesalpinioide.

Bauhinia rufescens, Bauhinia grandiflora, Bauhinia corymbosa, Cercis siliquastrum

- **Amherstieae** (1 espèce)

L'espèce originaire d'Afrique australe est cultivée comme arbre d'ornement (pouvant atteindre 10 mètre de haut), à rameau glabre ou faiblement pubescent non épineux, à feuilles imparipennées de 4 à 8 folioles longue de 65 et large de 40mm, obovée, glabre. Les étamines sont au nombre de dix, monadelphes. L'ovaire est stipité. La fleur est peu irrégulière rose ou blanche. L'inflorescence est en panicule. La bractée et la bractéole sont très caduques. Le calice est à quatre dents nettement plus longue que le tube. La gousse est oblongue de 50 à 60 mm de long et de 30 à 40 mm de large, rostrée, possédant 1 à 2 graines ovale-oblongue, brune-rouse, arillée.

Schotia latifolia

- **Caesalpinieae** (5 espèces)

Ce sont des espèces introduites cultivées comme plante d'ornementation composées d'arbustes ou arbres (pouvant atteindre 30 mètre), glanduleux ou odorants (3) ou non, inermes ou épineux (2/5), à rameaux plus ou moins glabres, bipennées, stipulées (3/5). Les étamines sont au nombre de 10 libres entre elles. L'ovaire est sessile multiovulé. La fleur est peu irrégulière, pentamère, orange (3/5) ou blanche (1/5) ou verdâtre (2/5). L'inflorescence est ordinairement pédonculée (4/5) en grappe. Bractée et bractéole sont

nulles. Le calice est généralement à cinq dents subégales, glabre ou non glabre (1/4). La gousse est comprimée (2) ou non, linéaire (3/5) ou oblongue. Les graines sont ovale-oblongues, exalbuminées. Espèces non nodulée.

Caesalpinia gilliesii, *Caesalpinia pectinata*, *Gleditsia triacanthos*, *Gymnocladus dioicus*, *Parkinsonia aculeata*

- **Cassieae** (6 espèces)

Ce sont des espèces non endémiques à l'Afrique du Nord, retrouvées au centre du Sahara ou au Hoggar (1), dans l'Atlas Tellien ou Saharien (1), cultivées (4/6) ou non, comprenant des arbrisseaux, des arbustes ou rarement des arbres ou herbes, à rameaux glabres (2/6) ou pubescents (5/6), formant parfois des buissons (1/6). La feuille est paripennée possédant de 4 à 12 folioles généralement ovale-elliptique (3/6), lancéolée (2/6), linéaire (1/6) ou réniforme (1/6), pubescentes (4/6) ou glabres. Les stipules sont présentes. Les étamines sont majoritairement en nombre de 10 (5/6) ou plus rarement en nombre de 5 (1/6), libres entre elles. L'ovaire est sessile ou subsessile (3) multiovulé. Le style est courbé (2). La fleur est peu irrégulière (5/6) à très irrégulière, à cinq pétales non soudés (5/6) ou apétales (1/6), jaune (5/6), hermaphrodite (5/6) ou dioïque (1/6). L'inflorescence est pédonculée, en grappe courte (1/6) ou allongée (3/6), parfois aussi en corymbe (2/6), plus courte que la feuille correspondante (2/6) ou aussi longue ou plus longue (3/6). La bractée est généralement présente (4). Le calice est non caduque ou caduque (1/6), glabre (3). La gousse est non articulée (5/6), longue de 20 à 200 mm et large de 8 à 30 mm, comprimée (5/6), linéaire ou légèrement arquée (4/6), possédant de nombreuses graines, ovales-oblongues (4), grise ou blanche ou brune. La nodulation est généralement indéterminée non branchée, caesalpinioïde lorsqu'elle existe.

Cassia aschrek, *Cassia senna*, *Chamaesenna artemisioides*, *Chamaesenna tomentosa*, *Chamaefistula corymbosa*, *Ceratonia siliqua*

2-Subfam. **MIMOSOIDEAE** (32 espèces)

- **Acacieae** (23 espèces)

Ce groupe est composé essentiellement d'espèces introduites (16/23). Les espèces indigènes¹ (6/23) sont localisées depuis l'Atlas Saharien au nord du Sahara (1), du centre au sud du Sahara (9) et dans le Hoggar (2), composés d'arbustes (23), parfois odorants (7), rarement épineux, à rameaux glabres ou faiblement pubescents (19). Les feuilles sont bipennées (12/23) ou transformées en phyllodes (11/23), généralement

pétiolée. Les folioles sont généralement nombreuses et sessiles de forme linéaire à lancéolée (12) ou ovale-elliptique (5), glabres (11) ou pubescentes (6). Les stipules sont présentes (23), spinescentes (9) ou non. Les étamines sont nombreuses (toujours plus de dix) et sont libres entre elles. L'ovaire est sessile ou subsessile (22/23) présentant un nombre réduit d'ovules ou en nombre plus élevé (supérieure à 5), jamais solitaire. La fleur est régulière de couleur jaune (19), orange (2) ou blanche (5), de petite taille, formant des glomérules solitaires ou courts (14/23), ou des glomérules en grappe plus longues (9/23), à l'extrémité terminale du rameau, ou à l'aisselle de la feuille. La bractée est présente (22/23) ainsi que la bractéole (23/23). Le calice est glabre (19) ou non glabre (19), à division toujours égale. La gousse est souvent comprimée (17/23), de longueur variable, toruleuse ou non, généralement linéaire (15/23) ou recourbée (6/23), glabre (20) et rostrée (18). Les graines sont ovale-oblongues (22/23) de couleur noire (16), brune (9), très rarement rouge (1). La nodulation est indéterminée non branchée, caesalpinioïde généralement en symbiose avec *Sinorhizobium teranga*.

Acacia juniperina, *Acacia verticillata*, *Acacia cultriformis*, *Acacia podalyrifolia*, *Acacia pycnantha*, *Acacia cyanophylla*, *Acacia retinoides*, *Acacia melanoxydon*, *Acacia cyclops*, *Acacia longifolia*, *Acacia decurrens*, *Acacia dealbata*, *Acacia baileyana*, *Acacia farnesiana*, *Acacia cavenia*, *Acacia horrida*, *Acacia scorpioides*¹, *Acacia gummifera*¹, *Acacia seyal*¹, *Acacia raddiana*¹, *Acacia laeta*¹, *Acacia albidula*¹.

- **Adenanthereae** (2 espèces)

Ce groupe comprend une espèce introduite et une espèce indigène, comprenant des arbrisseaux ou sous-arbrisseaux, parfois odorants (1/2) à rameaux pubescents (2/2), bipennées (2/2) et stipulés (2/2). Les étamines en nombre de dix sont soudées en un tube fermé. L'ovaire est sessile (1). Le style est filiforme. La fleur régulière est de couleur jaune ou verdâtre. L'inflorescence est en épi axillaire. Le calice est campanulé à dents courtes. La gousse est articulée (septée transversalement), ovoïde-globuleuse,

- **Ingeae** (4 espèces)

Ce sont toutes des espèces introduites comprenant des arbres (pouvant atteindre 16 mètres et plus) à rameaux glabres (4/4), aux feuilles non réduites à des phyllodes (4/4), bipennées (4/4) par de nombreuses folioles linéaires (1/4) ou ovale-elliptiques (3/4), glabres ou pubescentes. Les stipules sont généralement présentes (3/4). Les étamines sont en nombre toujours supérieur à 10, monadelphes. L'ovaire est sessile ou subsessile (3) composée de nombreux ovules (supérieure à 5) (4/4). La fleur est

régulière à cinq pétales soudés (1/4) ou non (3/4), de couleur jaune (2/4) ou blanche (2/4).

L'inflorescence forme une grappe courte (1/4), longue (2/4) ou un glomérule allongé (1/4). La gousse est aplatie, indéhiscente ou non.

Albizia lophantha, *Albizia julibrissin*, *Albizia lebbek*, *Enterolobium contorsiliquum*

- **Mimoseae** (3 espèces)

Ce sont des espèces introduites comprenant des arbustes (2/3) ou herbacées (1/3), glanduleux (1/3), épineux (1/3) ou non, à tige pubescente (3/3), parfois buissonnante (1/3). Les feuilles sont bipennées, stipulées. Les étamines sont égales ou en nombre double de celui des pétales, libres entre elles. L'ovaire est généralement sessile ou subsessile (2/3) plus rarement stipité (1/3), avec un nombre d'ovules toujours supérieures à cinq. La fleur est symétrique de couleur blanche (1/3), ou rose à lila (1/3) ou bleue-violette à purpurine (1/3). L'inflorescence est en glomérule. La bractée et la bractéole sont présentes ou absentes. Les pétales sont soit glabres (2/3) soit recouverts de poils (1/3). Le calice ordinairement petit ou presque nul est à divisions courtes. La gousse est articulée (1/3) linéaire-oblongue, comprimée. Les graines sont aplaties, ovales ou suborbiculaires. La nodulation est indéterminée non branchée, caesalpinioïde.

Mimosa pudica, *Mimosa spegazzinii*, *Mimosa puerulenta*.

3-Subfam. **PAPILIONOIDEAE** (376 espèces)

- **Aeschynomeneae** (1 espèce)

C'est une annuelle à feuille paripennée, à foliole ovale-elliptique, à 10 étamines monadelphes, au style glabre. Fleur jaune, 1-2 fleur(s). L'inflorescence est pédonculée; en grappe courte; seulement axillaire; plus courte que la feuille correspondante. La gousse est indéhiscente de forme oblongue; pendante, à graine lisse; non arillée.

Cotylédons hypogés charnus. La nodulation est de type déterminé; non branchée, desmodioïde, uniquement sur racine primaire, nodulée par *Rhizobium cowpea*.

Arachis hypogea

- **Galegeae** (46 espèces)

Ce sont des espèces annuelles (25/46), bisannuelles (2/46) ou vivaces (20/46), très rarement odorantes (1/46), parfois acaules (4/46), majoritairement herbacées (36),

couchées ou dressées, non épineuses (44/46), à rameaux glabres (7) ou pubescents (22), formant rarement des buissons (1/46). Les feuilles sont non caduques (44/46),

imparipennées (43). Le nombre de folioles varie de 5 à 60, généralement ovale-elliptique (30), pubescentes (29). Les stipules sont présentes (41/45), soudées (8/41) non (33/41), majoritairement semblables (40). Les étamines sont au nombre de 10 diadelphes (45/46). Le gynécée est pluriovulé. La fleur est de couleur variable, à l'inflorescence sessile (16/42) ou pédonculée (26/42), en grappe courte ou allongée (36/46) ou en capitule (12/46). Les pétales sont généralement glabres (44/46) avec l'étendard plus long que la carène (14/16), la carène oblongue-obtuse (39). Le calice se renflant (3/45) ou non (42/45) à cinq dents égales ou inégales très rarement bilabié (1). La gousse est parfois septée intérieurement (7/45), de forme variable, rostrée ou non, polysperme. Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est indéterminée branchée, astragaloïde, en symbiose avec *Rhizobium galegae* ou *Rhizobium huakii*, *Rhizobium* sp.BR 816 spécifiques pour le genre *Astragalus*.

Alhagi maurorum, *Astragalus echinatus*, *Astragalus pentaglottis*, *Astragalus cristatus*, *Astragalus gryphus*, *Astragalus geniculatus*, *Astragalus stella*, *Astragalus sinaicus*, *Astragalus pseudo-stella*, *Astragalus tribuloides*, *Astragalus scorpioides*, *Astragalus canaliculatus*, *Astragalus cruciatus*, *Astragalus radiatus*, *Astragalus trabutianus*, *Astragalus epiglottis*, *Astragalus edulis*, *Astragalus vogelii*, *Astragalus arabicus*, *Astragalus mauritanicus*, *Astragalus baeticus*, *Astragalus geniorum*, *Astragalus peregrinus*, *Astragalus corrugatus*, *Astragalus hamosus*, *Astragalus gyzensis*, *Astragalus eremophilus*, *Astragalus mareoticus*, *Astragalus armatus*, *Astragalus pseudo-trigonus*, *Astragalus gombo*, *Astragalus gombiformis*, *Astragalus akkensis*, *Astragalus caprinus*, *Astragalus incanus*, *Astragalus depressus*, *Astragalus monspessulanus*, *Astragalus glaux*, *Astragalus narbonensis*, *Astragalus bourgeanus*, *Astragalus tenuifoliosus*, *Astragalus Onobrychis*, *Astragalus lusitanicus*, *Astragalus faurei*, *Astragalus font-queri*, *Astragalus falciformis*, *Astragalus tragancatha*, *Astragalus reinii*, *Astragalus sesameus*, *Biserrula pelecinus*, *Colutea arborescens*, *Galega officinalis*, *Glycyrrhiza foetida*

- **Genisteae** (84 espèces)

Ce sont des espèces herbacées (6/84) ou ligneuses, odorantes-glanduleuses (3/84) ou non, glabres à hirsutes, ou épineuses (22/84), non ramifiées à buissonnantes (56/84), feuilles réduites parfois à des phyllodes (6/84), simples (25/84), imparipennées (44) ou digitées

(6), identiques (66) ou non (3), acuminées ou non, stipules présentes (47/84) ou absentes, soudées (6) ou non, entières (31), foliacées (4) ou spinescentes (2), possédant 10 étamines monadelphes, l'ovaire est sessile ou subsessile (79) ou stipité (4), pluriovulé, à style glabre ou non. La fleur est de couleur essentiellement jaune

(71/84), parfois maculée (2/84). L'inflorescence est sessile (5) ou pédonculée (55), en grappe courte (51/84), en grappe allongée (40), en capitule (9) ou en ombelle (8) avec des bractée et bractéoles présentes ou absentes, les pétales sont glabres (46) ou non, l'étendard est de forme variable, la carène est généralement obtuse. Le calice est rarement caduque (2/84), généralement bilabié (72). La gousse est déhiscente (68), comprimée (53/84) ou non, linéaire (45), ovoïde (20) ou oblongue (25), très rarement ailée (3/84), incluse ou non (6/84), rostrée ou non, arillée (28) ou non. Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est indéterminée branchée, astragaloïde ou particulière pour le genre *Lupinus* (forme lupinoïde) qui est en symbiose avec *Rhizobium lupini*.

Adenocarpus artemisifolius, *Adenocarpus bacquei*, *Adenocarpus decorticans*, *Adenocarpus cincinnatus*, *Adenocarpus complicatus*, *Adenocarpus anagyriifolius*, *Adenocarpus umbellatus* *Adenocarpus faurei*, *Adenocarpus telonensis*, *Adenocarpus boudyi*, *Amphinomia lotoidea*, *Amphinomia lupinifolia*, *Amphinomia tapetiformis*, *Amphinomia bullonii*, *Amphinomia maroccana*, *Argyrolobium microphyllum*, *Argyrolobium saharae*, *Argyrolobium abyssinicum*, *Argyrolobium uniflorum*, *Calicotome spinosa*, *Calicotome villosa*, *Crotalaria thebaica*, *Crotalaria saharae*, *Crotalaria viallattei*, *Cytisus tridentus*, *Cytisus maderensis*, *Cytisus battandieri*, *Cytisus linifolius*, *Cytisus canariensis*, *Cytisus monspessulanus*, *Cytisus osmarensis*, *Cytisus segonnei*, *Cytisus fontanesii*, *Cytisus purgans*, *Cytisus proliferus*, *Cytisus albidus*, *Cytisus grandiflorus*, *Cytisus megalanthus*, *Cytisus maurus*, *Cytisus arboreus*, *Erinacea anthyllis*, *Genista cephalantha*, *Genista quadriflora*, *Genista microcephala*, *Genista umbellata*, *Genista saharae*, *Genista cinerea*, *Genista numidica*, *Genista spartioides*, *Genista aspalathoides*, *Genista ferox*, *Genista spinulosa*, *Genista ulicina*, *Genista erioclada*, *Genista vepres*, *Genista tricuspidata*, *Genista acanthoclada*, *Genista hirsuta*, *Genista tournefortii*, *Genista anglica*, *Genista scorpius*, *Genista nociva*, *Genista florida*, *Genista clavata*, *Hesperolaburnum platycarpum*, *Lotophyllus argenteus*, *Lupinus luteus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*, *Lupinus pilosus*, *Retama retam*, *Retama monosperma*, *Retama sphaerocarpa*, *Retama dasycarpa*, *Spartium junceum*, *Templetonia retusa*, *Ulex europaeus*, *Ulex scaber*, *Ulex parviflorus*, *Ulex boivini*, *Ulex genistoides*

- **Hedysareae** (16 espèces)

Ce sont des annuelles (6/16), bisannuelles, ou vivaces, généralement herbacées (15/16) peu ramifiées ou buissonnantes (5). Les feuilles sont imparipennées, avec des folioles de forme variable, généralement identiques, glabres ou non possédant des stipules soudées (10) ou non. Elles possèdent 10 étamines diadelphes et l'ovaire est pluriovulé. La fleur est de couleur variable, à l'inflorescence généralement pédonculée (14), en grappe courte, allongée ou en capitule. Le calice est plus court ou plus long que la corolle. La gousse est le plus souvent articulée (15/16), comprimée (3/16) ou non, de forme très variable, très rarement ailée. Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est

généralement indéterminée branchée, astragaloïde, en symbiose avec *Rhizobium* sp. N 33 pour le genre *Onobrychis*.

Ebenus pinnata, *Hedysarum naudinianum*, *Hedysarum perrauderianum*, *Hedysarum spinosissimum*, *Hedysarum humile*, *Hedysarum aculealatum*, *Hedysarum pallidum*, *Hedysarum carnosum*, *Hedysarum coronarium*, *Hedysarum flexuosum*, *Onobrychis pallasii*, *Onobrychis crista-galli*, *Onobrychis alba*, *Onobrychis viciifolia*, *Onobrychis argentea*

- **Indigofereae** (1 espèce)

Arbrisseau de 50 à 150cm à feuille imparipennée de 2 à 8 folioles mucronées ou acuminées, possédant 10 étamines diadelphes, à fleur jaune or, à l'inflorescence pédonculée en grappe allongée seulement axillaire, à calice à 5 dents égales ou non. La gousse est recourbée, toruleuse. La nodulation est indéterminée, non branchée, caesalpinoïde.

Indigofera articulata

- **Loteae** (52 espèces)

Ce sont des annuelles (28/52), bisannuelles, ou vivaces, majoritairement non odorantes ou glanduleuses (49/51), à tige herbacée, herbacées à base ligneuse, ou entièrement ligneuses, à port variable, rarement buissonnantes (2/51), à feuilles simples ou imparipennées (49/51), à folioles de forme variable, parfois différentes entre elles (6/51). Les stipules sont présentes (39/52) ou absente, soudées ou non (36), exceptionnellement plus grande que la foliole (1), entières ou dentées, possédant 10 étamines diadelphes (43/52) ou monadelphes, à ovaire pluriovulé. La fleur est à pétales soudés (3/52) ou non, de couleur variable, parfois maculée (2) ou striée (2). L'inflorescence est sessile ou pédonculée (43), de forme variable. La carène est rostrée (30) ou non. Le calice est bilabié, ou à 5 dents égales ou inégales. La gousse est articulée (18/52) ou non, déhiscente ou non, comprimée (10/52) ou non, parfois toruleuse, ailée (6) ou non. La graine est très rarement arillée (1). Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est déterminée non branchée, desmodioïde, en symbiose *Mesorhizobium loti* pour les genres *Lotus* et *Anthyllis*.

Anthyllis cystioides, *Anthyllis tetraphylla*, *Anthyllis sericea*, *Anthyllis hamosa*, *Anthyllis Barba-Jovis*, *Anthyllis vulneraria*, *Anthyllis montana*, *Anthyllis polycephala*, *Coronilla atlantica*, *Coronilla scorpioides*, *Coronilla repanda*, *Coronilla juncea*, *Coronilla minima*, *Coronilla valentina*, *Chorizema varium*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Dorycnium hirsutum*, *Dorycnium rectum*, *Hippocrepis scabra*, *Hippocrepis unisiliquosa*, *Hippocrepis bicontorta*, *Hippocrepis salzmannii*, *Hippocrepis multisilquosa*, *Hippocrepis minor*, *Hammatolobium kremerianum*, *Hymenocarpus circinnatus*, *Lotus conimbricensis*, *Lotus glinoides*, *Lotus edulis*, *Lotus drepanocarpus*, *Lotus ornithopodioides*, *Lotus roudairei*, *Lotus jolyi*,

Lotus creticus, *Lotus pedunculatus*, *Lotus palustris*, *Lotus corniculatus*, *Lotus parviflorus*, *Lotus hispidus*, *Lotus pusillus*, *Lotus angustissimus*, *Llyauteya ahmedi*, *Ornithopus pinnatus*, *Ornithopus compressus*, *Ornithopus isthmocarpus*, *Ornithopus perpusillus*, *Rhynchosia memnonia*, *Tetragonolobus biflorus*, *Tetragonolobus gussonei*, *Tetragonolobus requieni*, *Tetragonolobus purpureus*, *Scorpiurus muricatus*, *Scorpiurus vermiculatus*

- Mellilitieae (1 espèce)

Sous-arbrisseau, dressé (arbuste de 30-50 cm), glabre ou faiblement pubescent, non ou peu ramifié. La feuille est imparipennée, 5-7 folioles, à foliole lancéolée ou ovale-elliptique, possédant 10 étamines diadelphes. La fleur est purpurine, 3-10 fleurs. L'inflorescence est pédonculée ou en grappe allongée. La bractée est présente. Le calice a 5 dents égales ou presque, ou à 5 dents inégales. La gousse est comprimée (aplatie), déhiscente linéaire ou légèrement arquée. La nodulation est indéterminée non branchée.

Tephrosia leptostachya

- Podalyrieae (2 espèces)

Ce sont des espèces vivaces, glanduleuses ou odorantes, ligneuses, ramifiées à buissonnantes, à feuilles simples (1/2) ou imparipennées à 3 folioles, à stipule présente ou absente, entière ou dentée, soudée ou non. La fleur est jaune ou orange, maculée ou non, pentamère à pétales soudés ou non, l'inflorescence est en grappe courte ou allongée. La bractée est présente ou absente. La carène est oblongue à obtuse (1). Le calice est campanulé (1) ou non à cinq dents égales (1). La gousse est septée transversalement, comprimée ou non, de forme linéaire à recourbée ou ovoïde à oblongue. La nodulation est indéterminée banchée.

Anagyris foetida, *Chorizema varium*

- Psoraleeae (3 espèces)

Ce sont des espèces bisannuelles, ou vivaces, glanduleuses ou odorantes, à feuille imparipennée, trifoliées, possédant 10 étamines diadelphes, uniovulé. Fleur bleue, violette (2/3) ou rose ou blanche. Inflorescence pédonculée; en grappe allongée (2/3), ou en grappe capituliforme, avec des bractées. Calice campanulé (en cloche). Calice à 5 dents égales ou presque. La gousse est indéhiscente, comprimée, ovoïde-globuleuse, incluse dans le calice, rostrée (1/3) ou non, contenant 1 seule graine. Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est déterminée, non branchée, desmodioïde.

Psoralea bituminosa, *Psoralea plicata*, *Psoralea americana*

- **Robinieae** (1 espèce)

Arbre cultivé, odorant, ligneux, dressé (arbre atteignant 20m); épineux. Les feuilles sont imparipennées, possédant 8-16 foliole(s). Foliole 40 mm de long, ovale-elliptique, glabre, mucronée ou acuminée. Stipule spinescente ; possédant 10 étamines diadelphes (à tube staminal fendu en dessous). Fleur blanche de 18-20mm de long. L'inflorescence est pédonculée en grappe allongée. Calice à 5 dents égales ou presque, ou à 5 dents inégales. La gousse est déhiscente de 100mm de long, 20mm de large, comprimée (plate), linéaire ou légèrement arquée, pendante, glabre à peu pubescente, non rostrée de 4-8 graine(s). Graine ovale-oblongue, brune. La nodulation est déterminée, non branchée, desmodioïde.

Robinia pseudoacacia

- **Sophoreae** (4 espèces)

Ce sont des espèces introduites composées d'arbustes, odorants ou non, à feuilles imparipennées (14 folioles et plus), stipulées(3) ou non, possédant 10 étamines libres, ovaire stipité. La fleur est pentamère à 5 pétales tous libres (paraissant 6), blanche (2/4), bleue ou verdâtre, inflorescence en grappe allongée (2/4) ou en panicule. La gousse est comprimée (1) ou non, déhiscente ou non, linéaire ou cylindrique. La nodulation est indéterminée, non branchée, caesalpinioïde.

Cladrastis lutea, Sophora japonica, Sophora davidii, Sophora secundiflora

- **Trifolieae** (111 espèces)

Ce sont des espèces annuelles (91/111), bisannuelles ou vivaces, complètement herbacées (105/111), ou herbacées à base ligneuse (2) ou complètement ligneuses (5), non ralmifiées à buissonnantes (10). Les feuilles sont simples (10/111) ou trifoliées (107), de forme variables, possédant des folioles identiques (107/111) ou non, à bord régulier (17/111) ou non, stipulées (110/111), membraneuses (12/110) ou non, soudées (78/110) ou libres, avec 10 étamines diadelphes (77/111), ou monadelphes (34) ou devenant monadelphes (8), à 5 pétales soudés ou non (74/111), à corolle de couleur variable. L'inflorescence est sessile (21/101) ou pédonculée, de forme variable. Le calice se renflant après la floraison (6) ou non. La gousse est déhiscente ou indéhiscente, comprimée ou non (104/111), de forme variable, réticulée ou non, incluse (49/111) ou non dans le calice. Cotylédons épigés foliacés. La nodulation est indéterminée branchée, astragaloïde, en symbiose avec *Sinorhizobium meliloti*; ou *Rhizobium tropici*; ou

Rhizobium etli pour les genres *Medicago*, *Melilotus*, *Trigonella* et avec *Rhizobium leguminosarum* biovar. *Trifolii* pour le genre *Trifolium*.

Medicago lupulina, *Medicago marina*, *Medicago falcata*, *Medicago secundiflora*, *Medicago sativa*, *Medicago scutellata*, *Medicago orbicularis*, *Medicago rugosa*, *Medicago soleirloi*, *Medicago italica*, *Medicago intertexta*, *Medicago ciliaris*, *Medicago tuberculata*, *Medicago truncatula*, *Medicago littoralis*, *Medicago rigidula*, *Medicago Murex*, *Medicago aculeata*, *Medicago minima*, *Medicago arabica*, *Medicago laciniata*, *Medicago arborea*, *Melilotus speciosa*, *Melilotus sicula*, *Melilotus neapolitana*, *Melilotus indica*, *Melilotus sulcata*, *Melilotus infesta*, *Melilotus macrocarpa*, *Melilotus elegans*, *Ononis cenisia*, *Ononis fructicosa*, *Ononis spinosa*, *Ononis hispida*, *Ononis aragonensis*, *Ononis minutissima*, *Ononis pusilla*, *Ononis serotina*, *Ononis natrix*, *Ononis ornithopodioides*, *Ononis biflora*, *Ononis sicula*, *Ononis antennata*, *Ononis pubescens*, *Ononis viscosa*, *Ononis incisa*, *Ononis laxiflora*, *Ononis reclinata*, *Ononis pendula*, *Ononis euphrasiaefolia*, *Ononis variegata*, *Ononis alopecuroides*, *Ononis alba*, *Ononis crinita*, *Ononis avellana*, *Ononis megalostachys*, *Ononis rosea*, *Ononis villosissima*, *Ononis serrata*, *Ononis hirta*, *Ononis mitissima*, *Ononis cephalantha*, *Ononis diffusa*, *Ononis cossoniana*, *Trifolium campestre*, *Trifolium filiforme*, *Trifolium spumosum*, *Trifolium tomentosum*, *Trifolium physodes*, *Trifolium fragiferum*, *Trifolium resupitanum*, *Trifolium melilotus-ornithopodioides*, *Trifolium subterraneum*, *Trifolium ligusticum*, *Trifolium phleoides*, *Trifolium juliani*, *Trifolium isodon*, *Trifolium angustifolium*, *Trifolium arvense*, *Trifolium congestum*, *Trifolium suffocatum*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium bocconeii*, *Trifolium scabrum*, *Trifolium striatum*, *Trifolium ochroleucum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium pallidum*, *Trifolium cherleri*, *Trifolium hirtum*, *Trifolium repens*, *Trifolium parviflorum*, *Trifolium stellatum*, *Trifolium squarrosum*, *Trifolium leucanthum*, *Trifolium lappaceum*, *Trifolium laevigatum*, *Trifolium maritimum*, *Trifolium michelianum*, *Trifolium nigrescens*, *Trifolium isthmocarpum*, *Trigonella fenum-graecum*, *Trigonella gladiata*, *Trigonella maritima*, *Trigonella polycerata*, *Trigonella ovalis*, *Trigonella anguina*, *Trigonella monspeliaca*, *Trigonella stellata*, *Trigonella balachowski*

- **Vicieae** (51 espèces)

Ce sont des espèces annuelles (41/51), bisannuelles ou vivaces, glanduleuse-odorantes (4/51) ou non. La feuille est majoritairement non en phyllode (50/51), paripennée (48/49), à bord régulier (48/49), se terminant par une vrille (32/50) ou non, à stipules non soudées (50/51), identiques entre elles (49/51) ou non, plus petite que la foliole (48/51) ou plus grande, possédant 10 étamines diadelphes (28/51) ou monadelphes avec le tube staminal coupé transversalement (24/50) ou non. Fleur à 5 pétales non soudés (42/51) ou soudés, de couleur variable, parfois maculée (4/51), avec rarement les ailes ou la carène de couleur différente de l'étendard, glabre ou non (3/51). L'inflorescence est sessile (9/50) ou pédonculée, en grappe courte (38/51) ou longue, avec le pédoncule floral aristé (6/50) ou non. La gousse est déhiscente (48), comprimée (9/51) ou non,

souvent linéaire (40/45), rostrée (7/27) ou non. Cotylédons hypogés charnus. La nodulation est indéterminée, branchée, astragaloïde. Nodulée par *Mezorhizobium ciceri* ou *Mezorhizobium mediterraneum* pour le genre *Cicer* et par *Rhizobium leguminosarum* biovar. *Vicieae* pour les genres *Lathyrus*, *Lens*, *Pisum* et *Vicia*.

Cicer arietinum, *Lathyrus aphaca*, *Lathyrus ochrus*, *Lathyrus annuus*, *Lathyrus odoratus*, *Lathyrus tingitanus*, *Lathyrus nissolia*, *Lathyrus hirsutus*, *Lathyrus sphaericus*, *Lathyrus angulatus*, *Lathyrus inconspicuus*, *Lathyrus numidicus*, *Lathyrus setifolius*, *Lathyrus latifolius*, *Lathyrus cicera*, *Lathyrus quadrimarginatus*, *Lathyrus articulatus*, *Lathyrus articulatus* var. *clymenum*, *Lathyrus sativus*, *Lathyrus montanus*, *Lathyrus niger*, *Lathyrus falciformis*, *Lathyrus saxatilis*, *Lens culinaris*, *Pisum sativum*, *Vicia narbonensis*, *Vicia faba*, *Vicia hybrida*, *Vicia pannonica*, *Vicia bithynica*, *Vicia lathyroides*, *Vicia lutea*, *Vicia peregrina*, *Vicia sativa*, *Vicia glauca*, *Vicia monantha*, *Vicia sicula*, *Vicia ochroleuca*, *Vicia benghalensis*, *Vicia fulgens*, *Vicia altissima*, *Vicia tenuifolia*, *Vicia onobrychioides*, *Vicia villosa*, *Vicia vicioides*, *Vicia monardi*, *Vicia hirsuta*, *Vicia ervilia*, *Vicia disperma*, *Vicia leucantha*, *Vicia tetrasperma*

II- Le genre *Medicago*

Pour illustrer la génération de clés et des descriptions taxonomiques standardisées, nous nous sommes intéressés au groupe des *Medicago* (23 espèces) pour plusieurs raisons, qui sont principalement la richesse de la documentation, l'importance économique du groupe (le rôle agronomique de la luzerne dans l'amélioration de la structure des sols, le reliquat azoté disponible pour la culture suivante, et bien sûr comme espèce fourragère) les problèmes d'identification rencontrés par l'utilisation des flores classiques. Même si au demeurant, la moitié des espèces du genre peuvent être clairement identifiées uniquement sur la forme de la gousse (*M. lupulina*, *orbicularis*, *scutellata*, etc.), il en va autrement pour d'autres espèces qui nécessitent une observation plus minutieuse (*M. polymorpha*, *turbinata*, etc.) (encadré 6, Heyn, 1963 et Lesins et Gillies, 1972).

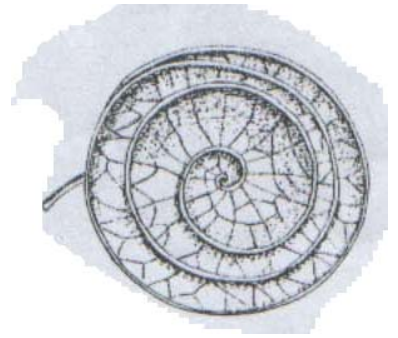
Encadré 6



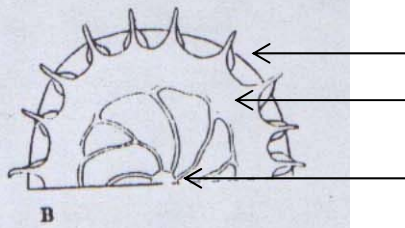
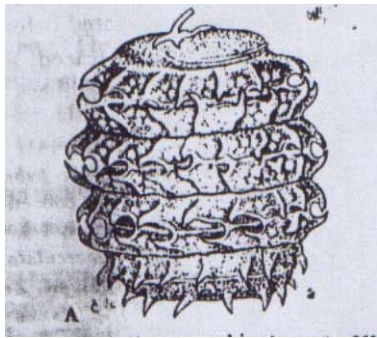
M. lupulina



M. scutellata

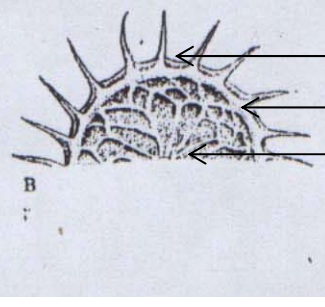
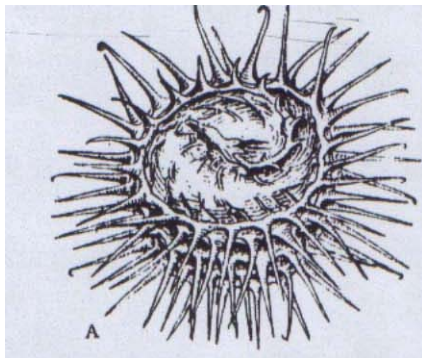


M. orbicularis



- ← Suture dorsale
- ← Absence de veines
- ← Suture ventrale

M. turbinata



- ← Sillons
- ← Veine latérale
- ← Veine radiale

M. polymorpha



Photo d'un nodule de *Medicago* (M. Fedorova, University of Minnesota).

1-Description générale du genre *Medicago*

Une première description concernera uniquement le genre, puis une pour chaque espèce. Chaque description est précédée d'un titre mentionnant les principales caractéristiques taxonomique, géographique, période de floraison, de morphologie végétative et florale, du fruit, de sa graine et de sa cytologie, et sur la nodulation (photo) pour le genre.

MEDICAGO L.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Non endémique.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle, ou bisannuelle, ou vivace. *Feuille* imparipennée, 3 foliole(s). Foliole non régulière (au sommet).

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie) (à gaine large et fendue au sommet). Fleur bleue, violette ou jaune. Inflorescence pédonculée; en grappe courte. Calice campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque.

Fruit, graine et cytologie. Gousse indéhiscente (ou presque); enroulée à spiralée, ou réniforme ou falciforme, ou cylindrique, ou discoïde, ou lenticulaire. Cotylédons épigés foliacés.

Nodulation. Nodule indéterminé; non branché. Nodulée par *Sinorhizobium meliloti*, ou *Rhizobium tropici*, ou *Rhizobium etli*.

2-Description des espèces

Medicago lupulina L.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison avril à mai.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle, ou bisannuelle, ou vivace. Tige couchée ou redressée (de 5–30 cm); glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; pubescente (uniquement sur la partie inférieure); non régulière.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie). Fleur jaune; 2–3 mm de long; 10–20 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 2–3 mm de long, de 15–2 mm de large; réniforme ou falciforme (noire à maturité); non pendante; glabre ou glabrescente. Non rostrée. 1 graine(s). Graine lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes, ou 32 chromosomes.

***Medicago marina* L.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Sables maritimes. Non endémique. Floraison mai à juin.

Longévité et morphologie végétative. Vivace. Tige couchée ou redressée (de 20–50 cm); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; pubescente.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 5–15 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante, ou égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 6–7 mm de large; comprimée; cylindrique. Non rostrée. Spires serrées. Graine lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago falcata* (L.) Lam.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Espèces cultivées (dans l'alimentation humaine).

Longévité et morphologie végétative. Vivace. Tige couchée ou redressée; glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole linéaire à ovale-elliptique; glabre; non régulière. *Stipule* entière non foliacée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune, striée. *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque (concréscent avec la gousse); à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 2–3 mm de long, de 15–2 mm de large; recourbée (en faucille); réticulée. Non rostrée. Graine lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes, ou 32 chromosomes.

***Medicago secundiflora* Dur.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à mai.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle, ou bisannuelle. Tige couchée ou redressée (de 5–30 cm); pubescente (plante recouverte de poils blanchâtre). *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 2–25 mm de long; 3–10 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte (d'un seul côté); plus

longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 2–3 mm de long, de 15–2 mm de large; réniforme ou falciforme; pubescente; réticulée. Non rostrée. 1 graine(s). Graine lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago sativa* L.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mai à juin. Espèces cultivées.

Longévité et morphologie végétative. Vivace. Tige dressée (de 20–70 cm); glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; glabre; non régulière. *Stipule* dentée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie). Fleur bleue, violette ou jaune (rarement); 6–11 mm de long; 5(–20) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5 mm de large; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée. Non rostrée. Spires lâches; à marge lisse; 1 à 3 tours de spires, ou 3 à 5 tours de spires. Poils glanduleux, ou non glanduleux. Graine lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 32 chromosomes.

***Medicago scutellata* (L.) All.**

Synonymes *Medicago polymorpha* var. *scutellata* L., *Medicago inermis* Lam. ex Steud, *Medicago scutellata* (L.) All.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à mai.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Plante glanduleuse ou odorante. Tige couchée ou redressée (de 20–50 cm, anguleuse); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 10–25 mm de long, 5–12 mm de large; ovale-elliptique; pubescente (uniquement sur la partie inférieure); non régulière. *Stipule* dentée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie). Fleur jaune; 6–9 mm de long; 1–3 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante, ou égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène.

Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque ; à dents soudées à plus de la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; discoïde; pubescente. Non rostrée. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. Spires lâches; à marge lisse; 5 à 8 tours de spires. Poils glanduleux. Graine brune, ou jaune; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 30 chromosomes.

***Medicago orbicularis* (L.)L.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison avril à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–50 cm, anguleuse); glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; glabre; mucronée ou acuminée. *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie). Fleur jaune; 3–4(–5) mm de long; 1–2(–5) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante. Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Calice glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque ; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 8–18 mm de large; discoïde, ou lenticulaire; glabre ou glabrescente; réticulée. Non rostrée. Spires lâches; à marge lisse; 3 à 5 tours de spires. Graine jaune; non lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago rugosa* Desf.**

Synonyme *Medicago elegans* Jacq.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien (Constantine, Bibans., ger, Daya). Non endémique. Floraison mai à juillet.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Plante glanduleuse ou odorante. Tige couchée ou redressée, ou dressée (anguleuse, striée); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; glabre (velue en dessous). *Stipule* entière non foliacée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphie). Fleur jaune; 25–4 mm de long; (1–)2–3(–7) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice glabre (glanduleux); campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées à plus de la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de (4–)5–10(–12) mm de large; discoïde; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée. Non rostrée. Contractée et dans le

prolongement du calice. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse; 1 à 3 tours de spires, ou 3 à 5 tours de spires. Poils glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 32 chromosomes.

***Medicago soleirolii* Duby**

Synonyme *Medicago plagiospira* Dur.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique (Italo-Alg.). Floraison avril à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Plante glanduleuse ou odorante (couverte de poils glanduleux). Tige couchée ou redressée, ou dressée (anguleuse); pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole ovale-elliptique; pubescente; non régulière. *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 7–10 mm de long; (2–)3–7 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5–8 mm de large; discoïde; glabre ou glabrescente; réticulée (5 à 7 veines radiales anastomosées rejoignant le réseau). Non rostrée. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. À marge lisse; 3 à 5 tours de spires. Graine rouge (brune), ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago italica* (Mill.) Stend.**

Synonymes *Medicago tornata* (L.) Mill. Gard., *Medicago obscura* Retz.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à juin. Plante très variable.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (principalement); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 8–16 mm de long, 5–8 mm de large; lancéolé, ou ovale-elliptique (tronquée au sommet); pubescente; non régulière. *Stipule* dentée, ou très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 4 mm de long; (3–)8–15(–25) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en

cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5–10 mm de large; comprimée; cylindrique, ou discoïde; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (10 veines radiales). Non rostrée. Contractée et dans le prolongement du calice. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 1 à 3 tours de spires, ou 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Poils unicellulés; non glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago intertexta* (L.) Mill.**

Synonymes *Medica intertexta* Med., *Medicago echinus* Lamk. et D.C.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mai à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 15–60 cm, anguleuse); glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 6–20 mm de long, 5–15 mm de large; lancéolé, ou ovale-elliptique; glabre; non régulière; non mucronée (rarement présente). *Stipule* dentée, ou très découpée (avec au moins 8 dents).

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 1–4(–10) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre (au moins 2 fois plus long que la corolle); campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube, ou à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 9–15(–17) mm de large; ovoïde-globuleuse (prenant l'aspect globuleux avec ses épines longuement imbriquées); glabre ou glabrescente; réticulée (7 veines radiales anastomosées). Non rostrée. Jeune gousse non contractée. Spires lâches; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 5 à 8 tours de spires. Graine noire à brune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago ciliaris* Krock**

Synonyme *Medicago intertexta* Mill. var. *ciliaris* L. comb.

Taxonomie, géographie, floraison. Taxon exclu comme espèce dans la flore de Heyn et rangé dans la sous-espèce de *M. intertexta*. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison avril à mai.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–50 cm, anguleuse); glabre ou faiblement pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole lancéolé, ou ovale-elliptique; glabre; non régulière. *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 5–9 mm de long. *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 15 mm de large; ovoïde-globuleuse (à l'aspect ovoïde ou sphérique); pubescente; réticulée (nombreuses veines latérales s'anastomosant vers la marge de la spire en un réseau dense). Non rostrée. Jeune gousse non contractée. Spires lâches; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 5 à 8 tours de spires. Poils pluricellulés; non glanduleux. Graine noire à brune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago tuberculata* Willd.**

Synonyme *Medicago turbinata* (L.) All.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison avril à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–40 cm); pubescente (densément); depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 12–16 mm de long, 6–8 mm de large; ovale-elliptique; pubescente (densément); non régulière. *Stipule* dentée, ou très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 5–8 mm de long; (1–)3–8(–10) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5–8 mm de large; ovoïde-globuleuse, ou réniforme ou falciforme; glabre ou glabrescente; réticulée (5 à 8 veines radiales à peine marquées n'aboutissant pas à la marge de la spire). Non rostrée. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. Spires serrées; à marge tuberculeuse; 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Graine brune (claire), ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago truncatula* Gaertn.**

Synonyme *Medicago tribuloides* Desr.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée, ou dressée; pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 8–15 mm de long, 7–12 mm de large; ovale-elliptique, ou cunéiforme; pubescente; non régulière. *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 6–8 mm de long; 1–2(–3) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus court que la carène. Calice non glabre; plus long que la corolle (moins de 2 fois plus courte); campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 25–8 mm de large; cylindrique (à l'aspect cylindrique); glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (10 veines radiales). Non rostrée. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. Spires serrées; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 1 à 3 tours de spires, ou 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Poils unicellulés; non glanduleux. Graine jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

Nodule. Nodulée par *Sinorhizobium medicae*.

***Medicago littoralis* Rohde**

Synonymes *Medicago Brauni* GG., *Medicago rugulosa* Batt., *Medicago arabica* var. *faurei* Maire.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Sables maritimes à Atlas saharien. Non endémique. Floraison février à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle, ou bisannuelle, ou vivace (rarement). Tige couchée ou redressée, ou dressée (de 10–40 cm); pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 3–8 mm de long, 2–7 mm de large; ovale-elliptique (surtout obtriangulaire); pubescente; non régulière. *Stipule* dentée, ou très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 3–6 mm de long; 1–3 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Carène terminée par une pointe. Calice non glabre; 2 fois plus courte; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées à plus de la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 3–7 mm de large; ovoïde-globuleuse, ou cylindrique (à l'aspect cylindrique ou discoïde); glabre ou glabrescente; environ 10 veines latérales. Non rostrée. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Graine jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago rigidula* Desf.**

Synonymes *Medicago rigidula* (L.) Desr., *Medicago gerardi* Willk.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Plante glanduleuse ou odorante, ou non glanduleuse. Tige couchée ou redressée; glabre ou faiblement pubescente, ou pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 4–6(–8) mm de long, 3–6 mm de large; ovale-elliptique, ou cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); pubescente; non régulière (dans sa partie supérieure).

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphé). Fleur jaune; (3–)6–8 mm de long; 1–2(–6) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante (rarement plus courte). Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; plus de 2 fois plus courte; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5–10(–15) mm de large; ovoïde-globuleuse, ou cylindrique (à l'aspect discoïde ou cylindrique ou sphérique); glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (12 à 17 veines radiales). Non rostrée. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Poils unicellulés; glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 14 chromosomes.

***Medicago Murex* Willd**

Synonyme *Medicago muricula* St. Lag.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison avril à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–60 cm); glabre ou faiblement pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 7–15 mm de long, 5–12 mm de large; ovale-elliptique (seulement les supérieures), ou cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); glabre; non régulière (le tiers supérieure). *Stipule* dentée, ou très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 3–5 mm de long; 1–2(–5) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Pédoncule floral aristé. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; plus long que la corolle (moins de 2 fois plus courte); campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 4–10 mm de large; ovoïde-globuleuse (à l'aspect sphérique à ovoïde); non pendante; glabre ou glabrescente; réticulée (4 à 8 veines radiales non anastomosées n'atteignant pas la marge de la spire). Non rostrée. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 5 à 8 tours de spires. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes, ou 14 chromosomes.

***Medicago turbinata* (L.) Willd.**

Synonyme *Medicago aculeata* Gaertn.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–50 cm); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 10–15(–20) mm de long, 5–10(–15) mm de large; ovale-elliptique; pubescente; non régulière; mucronée ou acuminée. *Stipule* dentée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 4–6 mm de long; 1–2 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* indéhiscente; de (6–)8–10 mm de large; ovoïde-globuleuse; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (environ 10 veines radiales anastomosées arrivant au tiers distal de la surface de la spire); non incluse dans le calice. Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice. Spires serrées; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 5 à 8 tours de spires. Poils pluricellulés; glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago minima* Grufb.**

Synonymes *Medicago minima* (L.) L., *Medicago minima* (L.) Grufb., *Medicago minima* (L.) L. Amoen.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Plante glanduleuse ou odorante, ou non glanduleuse. Tige couchée ou redressée (de 10–30 cm, grisâtre); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 5–8(–12) mm de long, 2–7 mm de large; lancéolé (rarement), ou ovale-elliptique, ou cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); pubescente; non régulière (seulement le tiers supérieure); mucronée ou acuminée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphe). Fleur jaune; 2–4 mm de long; (2–)3–6(–8) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; moins de 2 fois plus courte; campanulé (en cloche); à 5 dents inégales; à dents soudées à plus de la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 25–45(–6) mm de large; ovoïde-globuleuse, ou cylindrique (à l'aspect discoïde ou cylindrique); non pendante; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (6 à 8 veines radiales bien marquées). Non rostrée. Contractée et à l'extérieur du calice. Spires lâches; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 3 à 5 tours de spires. Poils unicellulés; glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago arabica* (L.) All.**

Synonyme *Medicago maculata* Willd.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison mars à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 20–60 cm); glabre ou faiblement pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 10–25 mm de long, 10–25 mm de large; ovale-elliptique, ou cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); pubescente (seulement sur la partie inférieure); mucronée ou acuminée. *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphe). Fleur jaune; 4–5 mm de long; (1–)2–5(–6) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante (3 fois plus courte). Étendard plus long que la carène. Calice non glabre (presque 2 fois plus courte); campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube, ou à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 5–7 mm de large; cylindrique, ou discoïde (rarement); non pendante (jeune fruit naissant sur le côté du calice); glabre ou glabrescente; réticulée (avec de nombreuses veines radiales anastomosées uniquement

vers la marge de la spire en en réseau dense). Non rostrée. Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice. Spires lâches; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

***Medicago hispida* Gaertn.**

Synonymes *Medicago polymorpha* L., *Medicago lappacea* Dest., *Medicago denticulata* Boiss., *Medicago pentacycla* D.C., *Medicago terebellum* Willd.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien et Sud du sahara-Tassili n'Ajjer. Non endémique. Floraison mars à juin. Espèce très polymorphe.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle, ou bisannuelle. Tige couchée ou redressée (de 10–60 cm, anguleuse); glabre ou faiblement pubescente; branchée depuis la base. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 8–20 mm de long, 7–15 mm de large; ovale-elliptique, ou cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); glabre, ou pubescente (seulement sur la partie inférieure); non régulière (sur la moitié supérieure). *Stipule* très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 35–6 mm de long; (1–)2–10 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque; à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 35–10 mm de large; cylindrique, ou discoïde (se prolongeant sur le côté du calice); glabre ou glabrescente; réticulée (veines radiales nombreuses anastomosées, arrivant presque jusqu'à la marge de la spire). Non rostrée. Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice. Spires lâches; à marge lisse, ou tuberculeuse, ou avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 14 chromosomes.

Nodulation. Nodulée par *Sinorhizobium medicae*.

***Medicago laciniata* (L.) Mill.**

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien à Sud du sahara-Tassili n'Ajjer. Non endémique. Floraison février à juin.

Longévité et morphologie végétative. Annuelle. Tige couchée ou redressée (de 10–30 cm); pubescente. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole 5–10 mm de long, 25 mm de large; cunéiforme (émarginée ou tronquée au sommet); pubescente (seulement sur la partie inférieure);

non régulière (seulement la partie supérieure); mucronée ou acuminée. *Stipule* dentée, ou très découpée.

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune (sombre); (3–)3.5(–6) mm de long; 1–2(–3) fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; plus courte que la feuille correspondante, ou égale ou presque à la feuille correspondante, ou plus longue que la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice non glabre; moins de 2 fois plus courte; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou; à dents soudées à plus de la moitié du tube.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de (25–)3–5(–6) mm de large; ovoïde-globuleuse, ou cylindrique; glabre ou glabrescente à pubescente; réticulée (6 à 16 veines radiales proéminentes en S peu anastomosées rejoignant la veine latérale près de la suture dorsale de la spire). Non rostrée. Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice. Spires lâches; à marge avec de courtes épines, ou avec de longues épines; 1 à 3 tours de spires, ou 3 à 5 tours de spires, ou 5 à 8 tours de spires. Poils unicellulés; non glanduleux. Graine brune, ou jaune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 16 chromosomes.

Medicago arborea L.

Taxonomie, géographie, floraison. Papilionoideae. Trifolieae. Atlas tellien. Non endémique. Floraison novembre. Espèces cultivées (comme arbuste d'ornement et comme plante fourragère).

Longévité et morphologie végétative. Vivace. Tige ligneuse; dressée (arbuste de 1–4 m soyeux); glabre ou faiblement pubescente; très ramifiée à buissonnante. *Feuilles* imparipennées. 3 foliole(s). Foliole obovale-oblongue; pubescente (sur la face inférieure); mucronée ou acuminée. *Stipule* entière non foliacée (linéaire-lancéolée).

Fleur et inflorescence. *Étamines* 10, 9 soudées et une libre (diadelphes). Fleur jaune; 12–15 mm de long; 4–8 fleur(s). *Inflorescence* pédonculée; en grappe courte; seulement axillaire; plus courte que la feuille correspondante, ou égale ou presque à la feuille correspondante. Étendard plus long que la carène. Calice glabre; campanulé (en cloche); à 5 dents égales ou presque.

Fruit, graine et cytologie. *Gousse* non articulée; indéhiscente; de 12–15 mm de large; enroulée à spiralée (1 tour et demi de spire); glabre ou glabrescente. Non rostrée. Spires lâches; à marge lisse; 1 à 3 tours de spires. 2–3 graine(s). Graine réniforme; brune; lisse; non arillée. Cotylédons épigés foliacés. 32 chromosomes

III- Génération de clés conventionnelles

La génération de clés interactives a plusieurs avantages sur les clés conventionnelles, dont l'utilisation sans restriction de tous les caractères, le changement ou la déletion de

caractères, l'autorisation d'erreur (due à l'utilisateur ou aux données), l'expression de l'incertitude, la manipulation de valeur numérique (dont la force de discrimination s'est avérée comme la plus déterminante chez plusieurs groupes), et la facilité de mettre à jour les données (Dallwitz, 2000).

Nous proposons de générer trois clés d'identification pour le genre *Medicago*, en influant sur le choix des caractères à utiliser et sur la variabilité intrataxonique. Ces paramètres expriment respectivement les 'coûts' (i.e. la combinaison de la probabilité d'erreur dans le choix d'un caractère et l'effort consenti dans l'utilisation de ce caractère) et les 'fréquences' (i.e. l'abondance de l'élément nécessaire à son identification). Les hypothèses sont que les caractères sont additifs (le coût de deux caractères est la somme des coûts de chacun des caractères). Le programme essaie de construire une clé dans laquelle le coût moyen est minimal. La construction de la clé procède de la manière suivante. Le 'meilleur' caractère est sélectionné, et utilisé afin de diviser le groupe original de taxons en deux sous groupes ou plus. L'opération est réitérée ainsi de suite jusqu'à obtenir que chaque sous groupe ne contiennent plus qu'un seul taxon (ou qu'aucun caractère convenable ne puisse être trouvé pour séparer le groupe restant).

Pour la première clé tous les caractères auront le même poids.

Key 5. Confirmatory characters

Caractères: 115 indata, 104 included, 11 in key.

Éléments: 525 in data, 23 included, 35 in key.

Paramètres: Rbase = 1.40 Abase = 2.00 Reuse = 1.01 Varywt = .80

Caractères inclus: 7–8 10–59 61–104 106–113

Fiabilité: 1–115,5.0

1.	Gousse recourbée.....	<i>M.falcata</i>
	Gousse enroulée à spiralée	2
	Gousse ovoïde-globuleuse.....	3
	Gousse réniforme ou falciforme.....	11
	Gousse cylindrique	13
	Gousse discoïde.....	19
	Gousse lenticulaire	<i>M.orbicularis</i>
2(1).	Tige herbacée.....	<i>M.sativa</i>
	Tige ligneuse	<i>M.arborea</i>
3(1).	Foliolle glabre.....	4
	Foliolle pubescente.....	6
4(3).	Pédoncule floral aristé	<i>M.Murex</i>
	Pédoncule floral non aristé	5

5(4).	Gousse glabre ou glabrescente	<i>M.intertexta</i>
	Gousse pubescente.....	<i>M.ciliaris</i>
6(3).	Pédoncule floral aristé	7
	Pédoncule floral non aristé	9
7(6).	Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.littoralis</i>
	Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	8
8(7).	Stipule entière non foliacée	<i>M.rigidula</i>
	Stipule dentée	<i>M.tuberculata</i>
	Stipule très découpée.....	<i>M.tuberculata</i>
9(6).	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	<i>M. turbinata</i>
	Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube	10
10(9).	Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
	Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>
11(1).	Tige glabre ou faiblement pubescente	<i>M.lupulina</i>
	Tige pubescente	12
12(11).	Pédoncule floral aristé	<i>M.tuberculata</i>
	Pédoncule floral non aristé	<i>M.secundiflora</i>
13(1).	Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	14
	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	15
	Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	17
14(13).	Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.arabica</i>
	Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.truncatula</i>
	Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.italica</i>
15(13).	Gousse comprimée	<i>M.marina</i>
	Gousse non comprimée	16
16(15).	Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.arabica</i>
	Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
	Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.rigidula</i>
17(13).	Pédoncule floral aristé	<i>M.littoralis</i>
	Pédoncule floral non aristé	18
18(17).	Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
	Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>
19(1).	Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	20
	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	22
	Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	24
20(19).	Pédoncule floral aristé	<i>M.soleirollii</i>
	Pédoncule floral non aristé	21

21(20).Tige glabre ou faiblement pubescente	<i>M.arabica</i>
Tige pubescente	<i>M.italica</i>
22(19).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	23
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
23(22).Foliole glabre.....	<i>M.orbicularis</i>
Foliole pubescente	<i>M.arabica</i>
24(19).Foliole glabre.....	<i>M.rugosa</i>
Foliole pubescente	<i>M.scutellata</i>

La seconde clé donne plus de fiabilité aux caractères 80,81 et de 92 à 97 (caractères de la gousse).

Key 5. Confirmatory characters

Caractères: 115 indata, 104 included, 14 in key.

Éléments: 525 in data, 23 included, 57 in key.

Paramètres: Rbase = 1.40 Abase = 2.00 Reuse = 1.01 Varywt =.80

Caractères inclus: 7–8 10–59 61–104 106–113

Fiabilité: 80–81,8.0 92–97,8.0

1.	Spires lâches	2
	Spires serrées	25
2(1).	Gousse jusqu'à 3 mm de large.....	3
	Gousse de 3 à 10 mm de large	7
	Gousse de 10 à 20 mm de large.....	21
	Gousse de 20 mm de large ou plus	<i>M.scutellata</i>
3(2).	Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube..	<i>M.secundiflora</i>
	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	4
	Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube	5
4(3).	Foliole glabre.....	<i>M.falcata</i>
	Foliole pubescente	<i>M.lupulina</i>
5(3).	Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice	<i>M.scutellata</i>
	Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice.....	6
6(5).	Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
	Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>
7(2).	Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice	8
	Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice.....	11
	Jeune gousse non contractée.....	19
8(7).	1 à 3 tours de spires	<i>M.sativa</i>
	3 à 5 tours de spires	9
	5 à 8 tours de spires	<i>M.scutellata</i>

9(8). Foliolle glabre.....	10
Foliolle pubescente	<i>M.soleirollii</i>
10(9). Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.orbicularis</i>
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.sativa</i>
11(7). Spires à marge lisse	12
Spires à marge tuberculeuse	<i>M.hispida</i>
Spires à marge avec de courtes épines.....	13
Spires à marge avec de longues épines.....	16
12(11).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.orbicularis</i>
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.sativa</i>
13(11).Tige glabre ou faiblement pubescente	14
Tige pubescente	15
14(13).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.arabica</i>
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
15(13).Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>
16(11).Tige glabre ou faiblement pubescente	17
Tige pubescente	18
17(16).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.arabica</i>
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
18(16).Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>
19(7). Spires à marge lisse	20
Spires à marge avec de courtes épines.....	<i>M.intertexta</i>
Spires à marge avec de longues épines.....	<i>M.intertexta</i>
20(19).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.orbicularis</i>
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.sativa</i>
21(2). 1 à 3 tours de spires	<i>M.arborea</i>
3 à 5 tours de spires	22
5 à 8 tours de spires	23
22(21).Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.orbicularis</i>
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	<i>M.hispida</i>
23(21).Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice	<i>M.scutellata</i>
Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice.....	<i>M.hispida</i>
Jeune gousse non contractée.....	24
24(23).Gousse glabre ou glabrescente	<i>M.intertexta</i>
Gousse pubescente.....	<i>M.ciliaris</i>

25(1). Gousse jusqu'à 3 mm de large.....	26
Gousse de 3 à 10 mm de large.....	29
Gousse de 10 à 20 mm de large.....	37
26(25). Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	27
Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.....	28
Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	<i>M.littoralis</i>
27(26). Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante.....	<i>M.truncatula</i>
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.secundiflora</i>
28(26). Foliolle glabre.....	<i>M.falcata</i>
Foliolle pubescente.....	<i>M.lupulina</i>
29(25). Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	30
Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.....	32
Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	36
30(29). Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante.....	<i>M.truncatula</i>
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	31
31(30). Plante glanduleuse ou odorante.....	<i>M.soleirollii</i>
Plante non glanduleuse.....	<i>M.italica</i>
32(29). Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.marina</i>
Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante.....	33
Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	34
33(32). Tige glabre ou faiblement pubescente.....	<i>M.Murex</i>
Tige pubescente.....	<i>M.marina</i>
34(32). Pédoncule floral aristé.....	35
Pédoncule floral non aristé.....	<i>M. turbinata</i>
35(34). Stipule entière non foliacée.....	<i>M.rigidula</i>
Stipule dentée ou très découpée.....	<i>M.tuberculata</i>
36(29). Foliolle glabre.....	<i>M.rugosa</i>
Foliolle pubescente.....	<i>M.littoralis</i>
37(25). Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	<i>M.italica</i>
Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube.....	38
Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	<i>M.rugosa</i>
38(37). Foliolle glabre.....	<i>M.Murex</i>
Foliolle pubescente.....	39
39(38). Pédoncule floral aristé.....	<i>M.rigidula</i>
Pédoncule floral non aristé.....	<i>M. turbinata</i>

Cette seconde clé fait intervenir 57 taxons au lieu des 35 pour la première flore. En modifiant la variabilité intrataxonique ($Varywt=0.2$, valeur minimale pour obtenir une identification totale), on obtient une nouvelle flore qui minimise l'apparition des taxons.

1.	Pédoncule floral aristé	2
	Pédoncule floral non aristé	6
2(1).	Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.orbicularis</i>
	Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	3
	Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	4
3(2).	Tige glabre ou faiblement pubescente	<i>M.Murex</i>
	Tige pubescente	<i>M.littoralis</i>
4(2).	Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube	<i>M.soleirollii</i>
	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	5
5(4).	Stipule entière non foliacée	<i>M.rigidula</i>
	Stipule dentée	<i>M.tuberculata</i>
	Stipule très découpée.....	<i>M.tuberculata</i>
6(1).	Tige glabre ou faiblement pubescente	7
	Tige pubescente	12
7(6).	Calice glabre.....	8
	Calice non glabre.....	9
8(7).	Gousse jusqu'à 3 mm de large.....	<i>M.lupulina</i>
	Gousse de 3 à 10 mm de large.....	<i>M.sativa</i>
	Gousse de 10 à 20 mm de large.....	<i>M.arborea</i>
9(7).	Inflorescence plus courte que la feuille correspondante.....	<i>M.arabica</i>
	Inflorescence égale ou presque à la feuille correspondante	10
	Inflorescence plus longue que la feuille correspondante.....	<i>M.falcata</i>
10(9).	Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice.....	<i>M.hispida</i>
	Jeune gousse non contractée.....	11
11(10).	Gousse glabre ou glabrescente	<i>M.intertexta</i>
	Gousse pubescente.....	<i>M.ciliaris</i>
12(6).	Calice à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube.....	13
	Calice à dents soudées jusqu'à la moitié du tube	14
	Calice à dents soudées à plus de la moitié du tube.....	15
13(12).	Fleur jusqu'à 3 mm de long.....	<i>M.secundiflora</i>
	Fleur de 3 à 5 mm de long	<i>M.italica</i>
	Fleur 5 à 10 mm de long.....	<i>M.truncatula</i>
14(12).	Stipule entière non foliacée	<i>M.marina</i>
	Stipule dentée	<i>M. turbinata</i>
15(12).	Jeune gousse contractée et dans le prolongement du calice	16
	Jeune gousse contractée et à l'extérieur du calice.....	17
16(15).	Spires lâches	<i>M.scutellata</i>
	Spires serrées	<i>M.rugosa</i>

17(15). Calice à 5 dents égales ou presque	<i>M.laciniata</i>
Calice à 5 dents inégales.....	<i>M.minima</i>

On trouve 38 différences et 49 similitudes pour tous les caractères disponibles (d'après Intkey) entre ces 23 taxons.

Nous donnons ci-après les longueurs moyennes et maximales des clés, ainsi que les coûts moyen et maximum des clés ; dans l'ordre des clés respectivement apparues.

Longueur moyenne de la clé = 3.5 Coût moyen de la clé = 3.4

Longueur maximale de la clé = 5 Coût maximal de la clé = 5.0

Longueur moyenne de la clé = 4.6 Coût moyen de la clé = 2.7

Longueur maximale de la clé = 6 Coût maximal de la clé = 4.7

Longueur moyenne de la clé = 4.2 Coût moyen de la clé = 3.8

Longueur maximale de la clé = 6 Coût maximal de la clé = 5.3

Au vu des résultats la seconde clé possède le coût moyen le plus faible et peut sembler la plus préférable, mais sa longueur reste supérieure aux deux autres. La clé une est plus régulière en coût et en longueur, mais utilise des caractères pas toujours fiables. La troisième clé a le coût le plus élevé mais privilégie de ne pas tenir compte d'une variabilité pas toujours avérée. Il est par conséquent difficile de préférer une clé par rapport à une autre, le choix revient à l'utilisateur qui veut donner plus de fiabilités à certains caractères, d'exprimer une certaine variabilité intrataxonomique acceptable et de tenir compte des caractères qu'il dispose.

IV- Essai d'étude phylogénétique

Il était intéressant d'étudier manière l'organisation phylogénétique d'une division basée uniquement sur les données morphologiques provenant des flores références algériennes. Les études phylogénétiques ont montré que la plupart des classifications des sous groupes des *Fabaceae* sont artificielles, et cela à tous les niveaux hiérarchiques, en usant aussi bien de données morphologiques que moléculaires (Miller et Bayer, 2001, pour le genre *Acacia* le type de feuille, la vénation et la structure de l'inflorescence ne sont pas toujours des caractères synapomorphiques ; Week et *al.*, 2001 pour le groupe *Ceasalpinia* ; Jer-Ming pour la tribu *Millettieae*).

Pour cette étude, nous développerons les possibilités offertes par le logiciel d'exporter l'information codée au format approprié vers divers programmes phylogénétiques tels

que PAUP, Mac Clade ou Phylip. Dans notre cas, on s'est intéressé au package Phylip 3.5 (et la version 3.6 alpha 2 pour le programme pars,).

L'analyse du genre *Medicago*, a donné lieu à de nombreuses investigations (Heyn, 1963 ; Lesins et Gillies, 1972 ; Abdelguerfi, 1978). Ces études ont montré la complexité du groupe aux niveaux infragénériques, interspécifiques et infraspécifiques. Ainsi, les frontières génériques entre *Medicago* et les groupes apparentés (particulièrement *Trigonella*) ont longtemps été sujettes à discussion. De plus, certaines espèces forment des complexes (*sativa-falcata* et *ciliaris-intertexta*) qui présentent des variations morphologiques et physiologiques importantes entre autres, ce qui pose des problèmes de nomenclature et de classification. D'autre part, une espèce peut connaître des niveaux de ploïdies différents peu ou pas interféconds (*M. falcata*, *sativa*, *prostata*). A contrario, des espèces différentes peuvent être interfertiles et donner des hybrides spontanés (particulièrement la sous-section *falcatae*) (Génier et al., 1993).

Ce groupe comporte aussi des incongruences majeures entre les relations phylogénétiques et la classification du genre. La plupart des sous-genres se sont révélés être paraphylétiques, basés sur les séquences ITS et ETS (Bena et al., 1998).

Notre étude s'est basée sur 47 caractères morphologiques (codés au moins pour 18 taxons, voir tableau). *Cassia senna* a servi de 'outgroup' pour les 22 taxons enregistrés dans la flore de Quezel et Santa (plus *Medicago arborea* provenant des autres flores). Comme premier résultat, 55 arbres parcimonieux furent trouvés avec les longueurs de branches calculées pour chaque nœud (voir annexe 2). Afin de déterminer les 'clusters' les plus fréquents, les différentes topologies furent examinées à l'aide du logiciel Component 2.0. Nous déterminons finalement le strict arbre consensus.

10-17 20 22 25 27-28 31-34 36 38 42 45-48 55-58
 62-63 68 72-73 75-76 78-79 81-82 86 88 92-93 95
 100-101 (voir annexe 1).

Numéros des
 caractères

Cassia_senna
 211221111610001100211425??1111?00211?3000????9?
 Mlupulina
 ?110010123211011002224250310212002111010?????0
 Mmarina
 211001112321101100222425?210012?0211120???1???0
 Mfalcata
 211001012300101100222425??1021210211101?0?????0
 Msecundiflora
 01100111232?10110022242502102121020110110?????0
 Msativa
 21102101232010110222242021102120021111100?000?0
 Mscutellata
 0010011123211011022224252010012102211?11?00023?
 Morbicularis
 01100101232010110322242500100020021112100?00161
 Mrugosa
 00100111232010110022242500100120022112100010030
 Msoleirollii
 0010011?2321101103222425211020210201111000?0120
 Mitalica
 0110011123111011022224251210212102011200001??30
 Mintertexta
 011001012310101102222425?0101121020112100202200
 Mciliaris
 0110010123101011032224251?10112102?113110202200
 Mtuberculata
 0110011?232110110222242511102021021111100011130
 Mtruncatula
 0110011?232110110322242520101101220111100012?60
 Mlittoralis
 ?110011?232110110222242510101021?2211110??1?160
 Mrigidula
 0?10010?232110110022242520102021?21112100?1?130
 MMurex
 0110010?23201011022224251010102122111210001?230
 Mturbinata
 0110011123211011022224251010212102111210001?230
 Mminima
 0?100111231110110022242501102121?32110100102130
 Marabica
 0110010?232110110322242511100121020111100102130
 Mhispida
 0110010?23201011032224251110112102111210010?130
 Mlaciniata
 0110011123411011022224251010?121?22111100102?30
 Marborea
 2112210223510011002224253110012002?11310??00030

← Outgroup

* ? indique l'absence
 d'enregistrement

* les chiffres
 indiquent l'état du
 caractère

Tableau montrant le codage des caractères et de leurs états

Les résultats montrent en premier lieu que l'arbre obtenu (fig. 6) n'est pas polytémique (arbre non résolu). Il est à remarquer ensuite que la section Falcago regroupant les espèces pérennes (*sativa*, *arborea* et *falcata*) apparaît en premier sur le cladogramme, ce qui confirme son origine plus ancienne par rapport aux autres groupes. L'analyse par la méthode Nelson consensus (méthode montrant l'organisation des différents clusters) révèle par contre plusieurs classes de clusters ne correspondant pas à l'arbre final (12 clusters posant problèmes), et demandant à être redéfinis (annexe 3).

L'estimation phylogénétique par l'arbre consensus reste *a priori* en accord pour les sections définies par Heyn (1963). Heyn compte ainsi cinq sections : *Medicago*, *Orbiculares Urb.*, *Lupularia Ser.*, *Falcago Reichneb.*, *Spirocarpos Ser.*, basées sur la surface de l'enveloppe de la graine (sillonnée, tuberculée, lisse), secondairement sur la forme de la gousse et de sur la longévité de la plante.

En fait, après avoir soumis l'arbre à l'analyse du bootstrapping, seules la section Falcago et la sous-section *intertextae* (*Medicago intertexta* et *Medicago ciliaris*) représentent les deux seuls groupes monophylétiques fiables (supportés respectivement par des valeurs de bootstrap de 86.3% et de 82% pour 100 réplicats). Par contre les délimitations en sections des autres groupes ne sont pas significatives (valeurs de bootstrap inférieures à 50%), ainsi que celles des autres sous-sections (*rotatae* incluant *M. soleirolii*, *scutellatta* et *rugosa* ; *leptospirae* incluant *M. laciniata*, *polymorpha* et *arabica* ; *pachyspirae* incluant *M. littoralis*, *truncatula*, *rigidula*, *turbinata*, *tuberculata* et *murex*) puisque étant paraphylétiques.

L'évolution et l'étude des caractères le long des arbres ne seront pas faites mais juste données à titre indicatif (annexe 2).

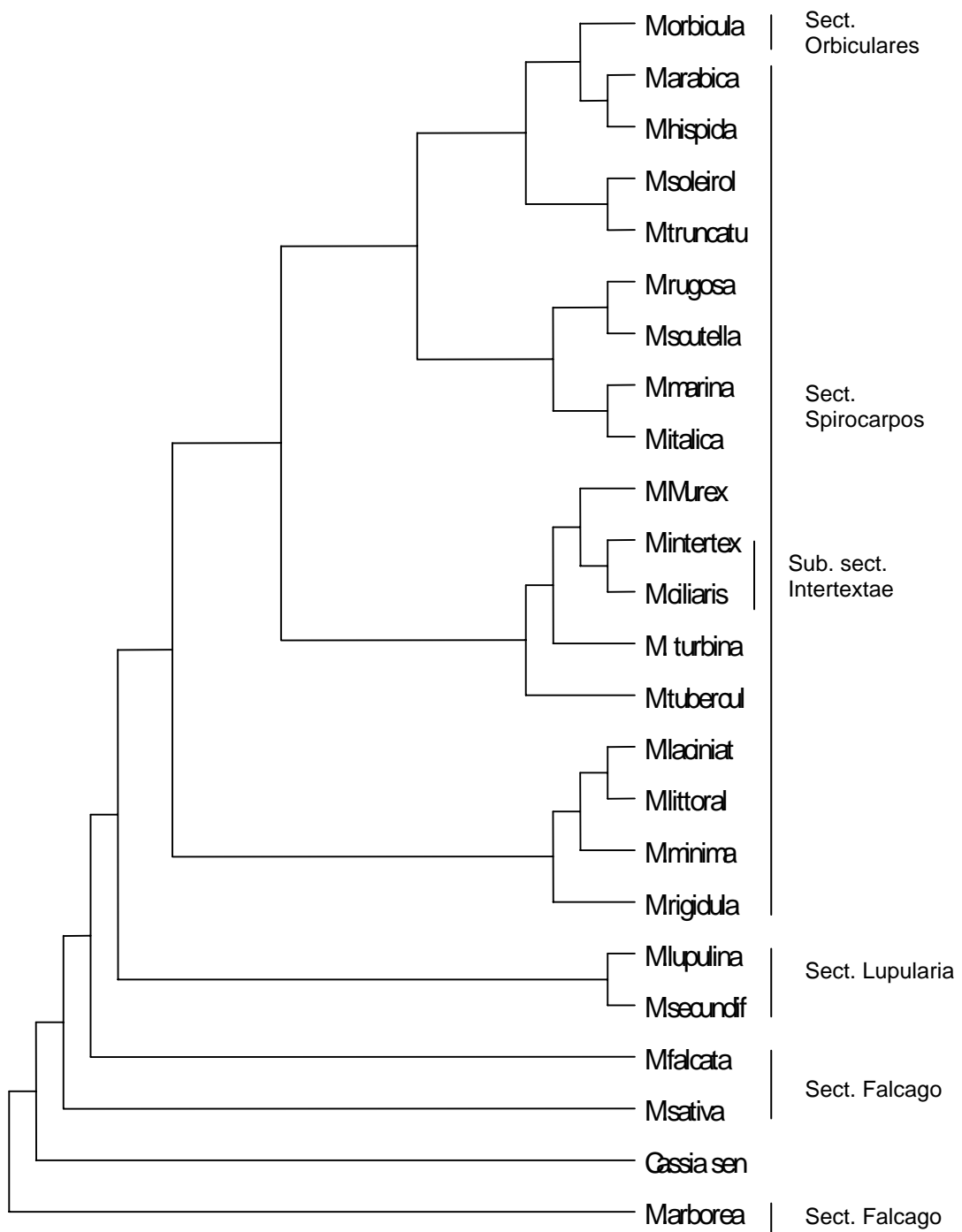


Figure 6. Arbre strict consensus avec règle majoritaire.

Conclusion

L'informatique et l'Internet ont pris une place primordiale dans tout projet touchant à la systématique. La masse et l'éparpillement de l'information demandent l'utilisation de nouveaux outils (programmes informatiques, algorithmes, recherches d'heuristiques,...) adaptés certes aux nouveaux types de caractères (séquences d'ADN, de protéines) mais aussi aux caractères plus traditionnels (morphologiques, anatomiques).

L'informatique nous a permis la maîtrise des concepts modernes d'information et de classification, ainsi que l'acquisition d'un langage spécialisé dans la description taxonomique. Ce langage permet à des non experts en taxonomie de faire des identifications rapides et fiables. Cette fiabilité de révèle essentielle pour le rhizobiologiste, où une détermination erronée de la plante hôte entraîne une mauvaise interprétation du Rhizobium.

Comme résultats nous avons créé une base de donnée des légumineuses d'Algérie au format DELTA, engendré des descriptions standardisées en langage naturel totalement inédites particulièrement sur la nodulation (ce qu'aucune flore ne donne), ainsi que la génération de clés conventionnelles multiples. Notre problématique de rendre fiable la détermination du macrosymbiote a été ainsi pleinement satisfaite, puisque tous les taxons sont identifiables pour une diagnose d'au moins du niveau 1.

L'aspect évolutif du système permet facilement l'enrichissement et la mise à jour par de nouvelles informations (concernant la nodulation, la biologie moléculaire, la synonymie, l'écologie, etc.). A terme, il devrait constituer un inventaire exhaustif de toutes les espèces nodulées d'Algérie.

La possibilité offerte de faire des analyses phylogénétiques à partir des données mises au format DELTA, montre là un nouvel intérêt. Dans notre cas, il reste à affirmer la robustesse de l'arbre obtenu par de nouvelles données (e.g. morphologiques ou moléculaires).

D'autres études peuvent être souhaitables comme l'évolution plante-Rhizobium (cospéciation), les tests de congruences (études de l'arbre des gènes et de l'arbre des espèces) et de biogéographie.

Les perspectives attendues sont :

- ◆ La création de nouvelles flores sous divers supports (papier, CD-ROM ou DVD)
- ◆ Comme outil didactique pour l'enseignement de la systématique
- ◆ L'étude de la biodiversité (à l'aide notamment de l'interface SQL-Access et du module XDELTA qui sont respectivement les standards d'interrogations des BD relationnelles et de l'échange des données sur Internet)

Références

- Abdelguerfi, A. (1978). Contribution à l'étude écologique des luzernes annuelles en Algérie. Mémoire de Magistère, INA, 116 p.
- Aiken, S.G., Dallwitz, M.J., McJannet, C.L., et Consaul, L.L. (1996). 'Festuca of North America: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval.
- Allard, M. W., et Miyamoto M. M. (1992). Testing phylogenetic approaches with empirical data, as illustrated with the parsimony method. *Mol. Biol. Evol.* **9**:778-786.
- Allkin, R. (1984). Handling taxonomic descriptions by computer. Pp. 263-278. In: R.Allkin and F.A. Bisby (eds.), Databases in Systematics. *Systematics Association Special Volume 26*, Academic Press, London.
- Angiosperm Phylogeny Group (1998). An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of Missouri Botanical Garden*, **85** (4) : 531-553.
- Awise, J.,C. et DeEtte, W. (2000). Abandon all species concept ? A response. Kluwer Academic Publishers. *Conservation Genetics* **1** : 77-80.
- Battandier J. A., et Trabut L. (1902). Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie, Alger.
- Bena, G., Prosperi, J-M., Olivieri, I., et Lejeune, B. (1998). Molecular phylogeny of the genus *Medicago*, Taxonomic and evolutionary implications. *Mol. Phyl. Evol.*
- Brewin N. J. (2002). Root nodules, Rhizobium and nitrogen fixation. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, lecture 2002.
- Bryan, G. B. D., et Gordon, J. C. (1996). Toward a new concept of symbiotic nitrogen fixation in the Leguminosae. *Plant and soil*, **186** (1): 151-159.
- Chaintreuil, C., Giraud, E., Prin, Y., Lorquin, J., Ba, A., Gillis, M., de Lajudie, P., et Dreyfus, B. (2000). Photosynthetic bradyrhizobia are natural endophytes of the African wild rice *Oryza breviligulata*. *Appl. Environ. Microbiol.* **66**: 54 pp. 37-47.
- Calvacanti, M. (1996). Taxonomic Databases. Reprinted in *Delta newsletter*.
- Claverie J. M. Audic, S., et Abergel, C. (2000). La bioinformatique une stratégie pour la valorisation du génome. <http://gs-serv.cnrs.fr>
- Dallwitz, M.J. (1974). A flexible computer program for generating identification keys. *Systematic Zoology* **23**, pp. 50–57.
- Dallwitz, M.J. (1980). A general system for coding taxonomic descriptions. *Taxon* **29**, 41–46.
- Dallwitz, M.J., Paine, T.A., et Zurcher, E.J. (1993). User's guide to the DELTA system: a general system for processing taxonomic descriptions. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>
- Dallwitz, M. J., Paine, T. A., et Zurcher, E. J. (1998). Interactive keys. In 'Information technology, *plant pathology and biodiversity*', pp. 201–212. (Eds P. Bridge, P. Jeffries, D. R. Morse, and P. R. Scott.) (CAB International: Wallingford.).

Dallwitz, M.J., Paine, T.A. et Zurcher, E.J. (2000). Principles of interactive keys. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>

Doyle, J. J. (1994). Phylogeny of the legume family: an approach to understanding the origins of nodulation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **25**: 325-349.

Doyle, J. J., Doyle, J. L., Ballenger, J. A., Dickson, E. E., Kajita, T. et Ohashi, H. (1997). A phylogeny of the chloroplast gene *rbcL* in the Leguminosae: taxonomic correlations and insights into the evolution of nodulation. *Amer. J. Bot.* **84**: 541-554.

Doyle, J. J. (1998). Phylogenetic perspectives on nodulation: evolving view of plants and symbiotic bacteria. *Trends in plants science* Vol.3, No. 12, pp. 473-477.

Felsenstein, J. (1993). PHYLIP : phylogeny inference package. Version 3.5. University of Washington, Seattle.

Felsenstein, J. (2001). PHYLIP : phylogeny inference package. Version 3.6 alpha 2. University of Washington, Seattle.

Flowering Plant Families (2002). Fabaceae. www.botany.hawaii.edu/faculty/carr/fab.htm

Génier, G., Guy, P., et Prosperi, J-M. (1993). Les luzernes. In Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. ed. inra, Paris, pp. 323-357.

Gouyon, P., H. (2001). Génétique et population : vers la coalescence. In systématique. Ordonner la diversité du vivant. Ordonner la diversité du vivant, Tillier, S.(ed), Académie des sciences. Rapport sur la science et la technologie, **11**

Heyn, C. C. (1963). The annual species of *Medicago*. Hebrew University, Jerusalem, 154p.

Hillis, D. M. (1996). Approaches for Assessing phylogenetics Accuracy. Department of Zoology, The University of Texas, Austin, Texas 78712. *Syst. Biol.* **44**(1) : pp. 3-16.

ILDIS (2002). International Legumes Database Information Service. <http://www.ildis.org>

Jer-Ming, H. (1999). Phylogenetic Systematics of the tribe Millettieae (Leguminosae), with emphases on *Callerya* Clade. Plant Biology Graduate, University of California, Davis.

Junhyong K., et Warnow T. (1999). Tutorial on Phylogenetic Tree Estimation. Department of Ecology Biology. Yale University, New Haven, Connecticut.

Kerfali, D., Machtoub, A., et Yagoub, L. (2002). Banque de données écologiques sur la steppe algérienne. Mémoire d'ingénieur d'état, USTHB.

Lesins K., et Gillies C.B. (1972). Taxonomy and Cytogenetics of *Medicago*. University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, pp. 53-85.

Lipscomb, D. (1998). Basics of Cladistic Analysis. George Washington University, Washington DC. 75 p.

Maire, R. (1987). Flore de l'Afrique du Nord volume XVI. Encyclopédie biologique, édition

Lechevalier, Paris.

Mayr, E., et Ashlock, P. D. (1991). Principles of Systematic Zoology, second edition. New York: McGraw-Hill, Inc.

Miller J. T., et Bayer R. J. (2001). Molecular phylogenetics of *Acacia* based on the chloroplast *matK* coding sequence and the flanking *trnK* intron spacer regions. *American Journal of Botany*, pp. 697-705.

Page, R. D. M. (1993). Component 2.0 a. Biogeography and conservatory Laboratory. National History Museum, Cromwell road, London, SW5 8DB, U.K.

Pankhurst, R.J. (1991). Practical Taxonomic Computing. Cambridge University Press, Cambridge. 202 p.

Paul, E. A., et Clark, F. E. (1989). Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press, Inc., London.

Persson, P. (2002). Fabales. www.mobot.org/MOBOT/research/APweb

Pleijel F., et Rouse, G. W. (2000). Least-inclusive taxonomic unit: a new taxonomic concept for biology. *Proceedings Royal Society London (Biological Sciences)* **267**: 627-630.

Pottier-Alapetite, G. (1979). Flore de la Tunisie, Angiospermes-Dicotylédones, Apétales-Dialypétales. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et le Ministère de l'Agriculture, pp. 290-426.

Pullan, R., Watson, M. F., Kennedy, J. B., Raguenaud, C., et Hyam, R. (2000). The Prometheus Model : a practical approach to representing multiple classifications. *Taxons* **49** : 55-75.

Quezel, P., et Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 2, Editions du CNRS, Paris.

Sneath, P.H. A., et Sokal R. R. (1973). The Principles and Practice of Numerical Taxonomy. W. H., Freeman. San Francisco. 573 p.

Sprent, J. I. (2001). Nodulation in legumes. Royal Botanical Gardens, Kew, UK, 221 p.

Soil Ecology Restoration Group (2000). Evolution and diversity in the legume-rhizobium symbiosis : chaos theory ? <http://www.serg.sdsu.edu/SERG/publications/94allen1.html>

Sullivan, J. T., et Ronson, C. W. (1998). Evolution of rhizobia by acquisition of a 500-kb symbiosis island that integrates into a phe-tRNA gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **95**: 5145-5149.

van Rhijn, P., et Vanderleyden, J. (1995). The Rhizobium-plant symbiosis. *Microbiol. Rev.* **59**: 124-142.

Vignes-Lebbe R., et Rechenmann, F., Gautier, C., et Tillier, S. (2000). Informatique et systématique. In systématique. Ordonner la diversité du vivant, Tillier, S.(ed), Académie des sciences. Rapport sur la science et la technologie, **11** : 132-143. Editions Tec&doc, Paris.

Watson, L., Dallwitz, M. J., et Johnston, C. R. (1986). Grass genera of the world: 728

detailed descriptions from an automated database. *Aust. J. Bot.* **34**, 223–30.

Watson L., et Dallwitz M. J. (1991). Grass Genera of the World : an INTKEY package for automated identification and information retrieval of data including synonyms, morphology, anatomy, physiology, cytology, classification, pathogens, world and local distribution, and references. 2nd edition. *Flora online* 22.

Watson L., et Dallwitz M. J. (1992). The Families of Flowering Plants: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval. Version: 14th December 2000.

Watson L., et Dallwitz M. J. (1994). The grass genera of the world. 2nd edition. 1081 pp. (CAB International : Wallingford.)

Week, A., Larkin, L., et Simpson, B. B. (2001). A chloroplast DNA molecular study of the phylogenetic relationships of members of the Caesalpinia group (Caesalpinieae: Caesalpinioideae: Fabaceae). Integrative Biology and the Plant Resources Center, The University of Texas, Austin, Texas 78712.

Annexe 1

Character List

Synonymes.

#1. Incluant <les synonymes des espèces ou genres>/

Taxonomie, géographie, etc.

#2. Taxon <exclu ou dénommé>/

#3. <Sous-familles>/

1. Mimosoideae/
2. Caesalpinioideae/
3. Papilionoideae/

#4. <Tribus>/

1. Acacieae/
2. Adenanthereae/
3. Aeschynomeneae/
4. Amherstieae/
5. Bauhinieae/
6. Caesalpinieae/
7. Cassieae/
8. Galegeae/
9. Genisteae/
10. Hedysareae/
11. Indigoferae/
12. Ingeae/
13. Loteae/
14. Millettieae/
15. Mimoseae/
16. Phaseoleae/
17. Podalyrieae/
18. Psoraleeae/
19. Robinieae/
20. Sophoreae/
21. Trifolieae/
22. Vicieae/

#5. <Zone géographique en algérie si l'espèce est indigène>/

1. Sables maritimes/
2. Atlas tellien/
3. Atlas saharien/
4. Nord du Sahara/
5. centre du Sahara/
6. Sud du sahara-Tassili n'Ajjer/
7. Hoggar/

#6. <Endémisme>/

1. endémique à l'Algérie/
2. endémique à l'Afrique du Nord/
3. non endémique <espèces méditerranéenne, subméditerranéenne ou tropicales>/

#7. Floraison/

1. janvier/
2. février/
3. mars/
4. avril/
5. mai/
6. juin/
7. juillet/
8. août/
9. septembre/

- 10. octobre/
- 11. novembre/
- 12. décembre/

#8. Espèces <si cultivées>/

- 1. cultivées/
- 2. non cultivées/

Beaucoup de trèfles (genre *Trifolium*), luzernes (genre *Medicago*), Sainfoin (genre *Onobrychis*) sont utilisés comme fourrages.

Le rôle agronomique joué en tant que précédent cultural, l'amélioration des sols (notamment les luzernes par leur important système racinaire) et le reliquat azoté disponible pour les cultures suivantes est à souligner (G. Génier, P. Guy. et J.M. Prospéri)

#9. <Si l'espèce est polymorphe: sa morphologie, son mode de reproduction, etc>/

La polymorphie de certaines plantes est la conséquence d'une grande variabilité intrataxonique d'abord génétique puis morphologique. Ce qui aboutit à une ensemble de sous espèce plus ou moins rattachée entre elles.

Les flores selon les auteurs classeront ainsi un taxon soit comme espèce à part entière ou comme sous espèce. Pour ma part j'ai suivi la classification donnée par Quézel et Santa dans la **nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales** (1962).

Longévité et morphologie végétative.

#10. <Longévité des plantes>/

- 1. annuelle/
- 2. bisannuelle/
- 3. vivace/

#11. Plante <si glanduleuse (hormis la gousse) ou odorante>/

- 1. glanduleuse ou odorante <dégageant parfois une odeur caractéristique>/
- 2. non glanduleuse /

#12. Tige <si acaule>/

- 1. acaule <ou très réduite ; folioles naissant directement sur la souche>/
- 2. non acaule /

#13. <Nature de la> tige/

- 1. herbacée /
- 2. herbacée à base ligneuse/
- 3. <entièrement> ligneuse <sous-arbrisseau, arbrisseau, arbuste ou arbre>/

#14. Tige <port>/

- 1. couchée ou redressée/
- 2. lianescente ou grimpante/
- 3. dressée/

#15. Tige <si épineuse>/

- 1. épineuse/
- 2. non épineuse /

#16. Tige <texture>/

- 1. glabre ou faiblement pubescente/
- 2. pubescente <ou soyeuse>/
- 3. hirsute/

#17. Tige <ramifications>/

- 1. non ou peu ramifiée/
- 2. plus ou moins ramifiée /
- 3. très ramifiée à buissonnante/

#18. Foliole <si réduite à des phyllodes>/

- 1. réduite à une phyllode/
- 2. non réduite à une phyllode /

Les phyllodes sont des feuilles ou folioles réduites en pétioles aplatis donnant l'aspect à de vraies feuilles.

#19. Foliole <si caduque: i.e tombant rapidement>/

- 1. caduque <remplacée parfois par des épines>/
- 2. non caduque /

#20. Feuilles <disposition>/

- 1. simples/
- 2. paripennées/
- 3. imparipennées/
- 4. bipennées ou multipennées/
- 5. digitées/

- #21. Feuilles <primordiales *sialternes*>/
 1. primordiales *alternes*/
 2. primordiales opposées/
 #22. <Nombre de folioles>/
 foliole(s)/
 #23. <Longueur de la> foliole <ou de la phyllode :données très incomplètes>/
 mm de long/
 #24. <Largeur de la> foliole <ou de la phyllode :données très incomplètes>/
 mm de large/
 #25. Foliole <forme : données incomplètes>/
 1. linéaire/
 2. lancéolé/
 3. ovale-elliptique/
 4. spatulée/
 5. cunéiforme/
 6. obovale-oblongue/
 7. arrondie ou réniforme <voire bilobée>/
 #26. Foliole <si ayant des tailles toutes identiques>/
 1. identiques /
 2. non identique <au mois une foliole de taille différente>/
 #27. Foliole <ou phyllode: texture>/
 1. glabre <ou faiblement pubescente>/
 2. pubescente <ou soyeuse>/
 3. hirsute/
 4. épineuse/
 #28. <Marge de la> foliole/
 1. régulière /
 2. dentée <ou denticulée>/
 #29. Foliole <si mucronée ou acuminée>/
 1. mucronée ou acuminée/
 2. non mucronée/
 #30. Vrille <présence>/
 1. présente <parfois remplacée par une soie>/
 2. absente /
 #31. Stipule <présence>/
 1. présente /
 2. absente <ou très réduite ou très caduque>/
 #32. Stipule <si soudé au pétiole ou à la tige>/
 1. soudée <au moins dans sa partie inférieure>/
 2. non soudée /
 #33. Stipule <si membraneuse>/
 1. membraneuse/
 2. non membraneuse /
 #34. Stipule <si identiques>/
 1. identiques entre elles /
 2. disymétriques <non identiques entre elles ou réduites à une seule>/
 #35. <Taille du> stipule <par rapport au foliole>/
 1. plus petite que la foliole /
 2. aussi longue ou plus longue que la foliole/
 #36. Stipule <forme>/
 1. entière non foliacée /
 2. foliacée/
 3. dentée <parfois seulement à la base>/
 4. très découpée <en lanière>/
 5. en demi fer de flèche/
 6. hastée <triangulaire>/
 7. spinescente/
 #37. Stipelle <présence>/
 1. présente/
 2. absente /

Fleur et inflorescence.

- #38. <Nombre des> étamines/
 #39. <Disposition des> étamines/
 1. <toutes> libres/
 2. 9 soudées et une libre (diadelphie)/
 3. 9 soudées et une devenant libre <dans sa partie supérieure>/
 4. <toutes> soudées en un tube (monadelphie)/
 #40. Tube des étamines <si coupé transversalement : données incomplètes>/
 1. coupé transversalement/
 2. non coupé transversalement/
 #41. Ovaire <insertion>/
 1. sessile ou subsessile/
 2. stipitée/
 #42. Ovule <nombre>/
 1. solitaire/
 2. peu nombreux <2-5>/
 3. nombreux <5> /
 #43. Style <forme: données incomplètes>/
 1. droit/
 2. courbé/
 3. en spirale/
 #44. Style <si glabre>/
 1. glabre/
 2. non glabre <au moins dans sa partie inférieure>/
 #45. <Symétrie de la> fleur/
 1. régulière <actinomorphe>/
 2. peu irrégulière <légèrement zygomorphe, non papilionacée>/
 3. très irrégulière <zygomorphe> /
 #46. Fleur <nombre de pétales>/
 1. apétale/
 2. à un pétale/
 3. à 3 pétales <dont 2 avortés>/
 4. à 4 pétales/
 5. à cinq pétales non soudés <sauf ceux qui forment la carène des papilionacées (pentamère)> /
 6. à cinq pétales tous ou en partie soudés entre eux <par leurs parties étroites ou tous soudés sauf l'étendard>/
 7. à cinq pétales tous libres <paraissant 6>/
 #47. <Sexualité de la fleur>/
 1. monoïque/
 2. dioïque/
 3. hermaphrodite /
 #48. Fleur <donner la couleur de l'étendard pour les papilionacées>/
 1. bleue, violette/
 2. purpurine/
 3. lila/
 4. rose/
 5. rouge/
 6. jaune/
 7. orange/
 8. blanche/
 9. verdâtre/
 #49. <Présence de striation>/
 1. striée/
 2. non striée/
 #50. <Présence de maculation>/
 1. maculée <au niveau de l'étendard>/
 2. non maculée /
 #51. <Couleur de la maculation si la tache se distingue nettement de la couleur principale>/
 1. de noire/
 2. de bleue, violette/
 3. de pourpre/
 4. de jaune, orangée/
 5. de blanche/

- 6. de lila/
- 7. de rouge/
- 8. rose/
- #52. Avec les ailes ou la carène <donner la couleur correspondante si elle est différente de celle de l'étendard>/
 - 1. de couleur différente/
 - 2. de couleur non différentes /
- #53. <Couleur des pétales> avec carène ou ailes/
 - 1. noirâtre/
 - 2. bleue, violette/
 - 3. purpurine/
 - 4. rose, rouge/
 - 5. lila/
 - 6. jaune/
 - 7. orange/
 - 8. blanche/
- #54. Pétale <si glabre : prendre l'étendard pour les papilionacées>/
 - 1. glabre <ou presque glabre> /
 - 2. non glabre/
- #55. <Longueur de la fleur>/
 - mm de long/
- #56. <Nombre de fleurs>/
 - fleur(s)/
- #57. Inflorescence <si sessile>/
 - 1. sessile ou subsessile/
 - 2. pédonculée/
- #58. Inflorescence <forme>/
 - 1. en grappe courte <parfois réduite à une fleur ou en verticille>/
 - 2. en grappe allongée <à spiciforme>/
 - 3. en grappe capituliforme/
 - 4. en grappe ombelliforme/
 - 5. en glomérule/
 - 6. en corymbe/
 - 7. en panicule/
- #59. <Nombre de glomérule(s)>/
 - glomérule(s)/
- #60. Inflorescence <diamètre>/
 - mm de diamètre/
- #61. Inflorescence <position>/
 - 1. seulement axillaire/
 - 2. seulement terminale/
- #62. <Longueur de> inflorescence <par rapport à la feuille correspondante>/
 - 1. plus courte que la feuille correspondante/
 - 2. égale ou presque à la feuille correspondante/
 - 3. plus longue que la feuille correspondante/
- #63. Pédoncule floral <terminé par une pointe d'au moins 3 mm de long>/
 - 1. <terminé par une pointe> aristé/
 - 2. <non terminé par une pointe ou inférieure à 3 mm> non aristé /
- #64. Bractée <présence>/
 - 1. présente/
 - 2. absente <ou très petite ou très caduque>/
- #65. Bractéole <présence>/
 - 1. présente/
 - 2. absente <ou très petite ou très caduque>/
- #66. Bractéole <forme>/
 - 1. petite n'entourant pas le bourgeon floral/
 - 2. relativement grande et entourant le bourgeon floral/
- #67. Étendard <forme: données très incomplètes>/
 - 1. orbiculaire <parfois émarginé au sommet>/
 - 2. orbiculaire apiculé/
 - 3. tronqué au sommet/
 - 4. ovale-obovale/
 - 5. triangulaire/
 - 6. nettement atténué en onglet/

- 7. étroit-lancéolé/
- 8. plié vers l'intérieur/
- 9. déplié vers l'extérieur/
- #68. <Longueur de l'> étendard <par rapport à la carène>/
 - 1. plus court que la carène/
 - 2. aussi long ou presque que la carène/
 - 3. plus long que la carène/
- #69. Carène <forme: données très incomplètes>/
 - 1. rostrée <terminée par un bec>/
 - 2. oblongue ou obtuse au sommet/
 - 3. terminée par une pointe/
 - 4. tronquée au sommet obliquement/
 - 5. enroulée en spirale/
- #70. Calice <si caduque>/
 - 1. caduque/
 - 2. non caduque /
- #71. Calice <si se renflant après la floraison en vessie>/
 - 1. se renflant/
 - 2. ne se renflant pas /
- #72. Calice <si glabre>/
 - 1. glabre/
 - 2. non glabre/
- #73. <Taille du> calice/
 - 1. plus court que la corolle /
 - 2. aussi long ou presque aussi long que la corolle/
 - 3. plus long que la corolle/
- #74. <Forme du> calice/
 - 1. tubuleux/
 - 2. campanulé (en cloche)/
- #75. Calice <nombre de dents>/
 - 1. bilabié/
 - 2. à 4 dents/
 - 3. à 5 dents égales ou presque/
 - 4. à 5 dents inégales/
- #76. <Longueur des dents du> calice/
 - 1. à dents libres jusqu'à la base ou nettement plus longue que le tube/
 - 2. à dents soudées jusqu'à la moitié du tube/
 - 3. à dents soudées à plus de la moitié du tube/
 - 4. à dents presque ou entièrement soudées/
 - 5. coupé circulairement après l'anthèse/
- #77. <Nombre de nervures du tube du> calice/
 - 1. de 1 à 9 nervures/
 - 2. de 10 à 19 nervures/
 - 3. à 20 nervures ou plus/

Fruit et graine.

- #78. Gousse <si articulée>/
 - 1. articulée <au moins un article, se détachant à maturité en articles>/
 - 2. non articulée /
 - 3. non articulée <septée longitudinalement par introflexion>/
- #79. <Déhiscence de la> gousse/
 - 1. déhiscence <s'ouvrant à maturité par 2 valves ou se séparant en articles>/
 - 2. indéhiscence/
- #80. Gousse de <longueur>/
 - mm de long/
 - le fruit ou la gousse des légumineuses peut être déhiscence (i.e. qui s'ouvrent à maturité par deux valves) ou indéhiscence (qui ne s'ouvrent pas à maturité), contient une ou plusieurs graines.
- #81. Gousse de <largeur ou diamètre>/
 - mm de large/
- #82. Gousse <si comprimée>/
 - 1. comprimée/
 - 2. non comprimée /

- #83. Gousse <si toruleuse : i.e. reserrée entre les graines>/
1. toruleuse/
 2. non toruleuse/
- #84. <Forme de la> gousse/
1. linéaire <ou légèrement arquée ; articulée ou non pouvant présenter sur ses faces des ornements>/
 2. recourbée/
 3. enroulée à spiralee/
 4. trigone/
 5. ovoïde-globuleuse/
 6. oblongue <renflée>/
 7. réniforme ou falciforme/
 8. cylindrique <présentant une section circulaire>/
 9. orbiculaire <ou semi-orbiculaire>/
 10. discoïde/
 11. lenticulaire/
- Parmi les gousses linéaires j'ai regroupé toutes celles qui présentent une symétrie dorsi-ventrale avec ou non une ornementation sur l'un des bords, parfois en zig-zag mais toujours dans un seul plan.
- #85. Gousse <si pendante>/
1. pendante/
 2. non pendante <dressée ou étalée>/
- #86. Gousse <texture>/
1. glabre ou glabrescente/
 2. pubescente/
 3. membraneuse-papyracée/
 4. tuberculeuse/
 5. ligneuse/
- #87. Gousse <si ailée>/
1. ailée/
 2. non ailée /
- #88. Gousse <si réticulée>/
1. réticulée/
 2. non réticulée/
- #89. Gousse <si incluse>/
1. incluse dans le calice <ou l'égalant>/
 2. non incluse dans le calice /
- #90. <Présence de rostre>/
1. rostrée/
 2. non rostrée/
- #91. <Genre Medicago>/
1. <medicago>/
 2. <autres> /
- #92. <Position et contraction de la jeune gousse par rapport au calice>/
1. contractée et dans le prolongement du calice/
 2. contractée et à l'extérieur du calice/
 3. non contractée/
- #93. <Enroulement des> spires/
1. lâches/
 2. serrées/
- #94. <Texture des spires> à marge/
1. lisse/
 2. tuberculeuse/
 3. avec de courtes épines/
 4. avec de longues épines/
- #95. <Nombre de spires>/
1. 1 à 3 tours de spires/
 2. 3 à 5 tours de spires/
 3. 5 à 8 tours de spires/
- #96. <Types de> poils/
1. unicellulés/
 2. pluricellulés/
- #97. Poils <si glanduleux>/
1. glanduleux/
 2. non glanduleux/

- #98. <Nombre de graines>/
graine(s)/
- #99. Graine <forme>/
1. ovoïde-globuleuse/
 2. ovale-oblongue/
 3. réniforme/
 4. arquée/
 5. lenticulaire/
 6. anguleuse/
- #100. Graine <couleur>/
1. noire/
 2. grise/
 3. rouge/
 4. brune/
 5. violette/
 6. pourprée/
 7. jaune/
 8. olive/
 9. marbrée/
 10. blanchâtre/
- #101. Graine <texture>/
1. lisse/
 2. non lisse <tuberculée ou verruqueuse>/
- #102. Graine <si arillée>/
1. arillée/
 2. non arillée/
- #103. Graine <sia/albuminée>/
1. exalbuminée /
 2. albuminée/
- #104. <Type de> cotylédons/
1. épigés foliacés/
 2. épigés charnus
 3. hypogés charnus/
- #105. <Nombre basique de chromosomes>/
chromosomes/

Nodulation.

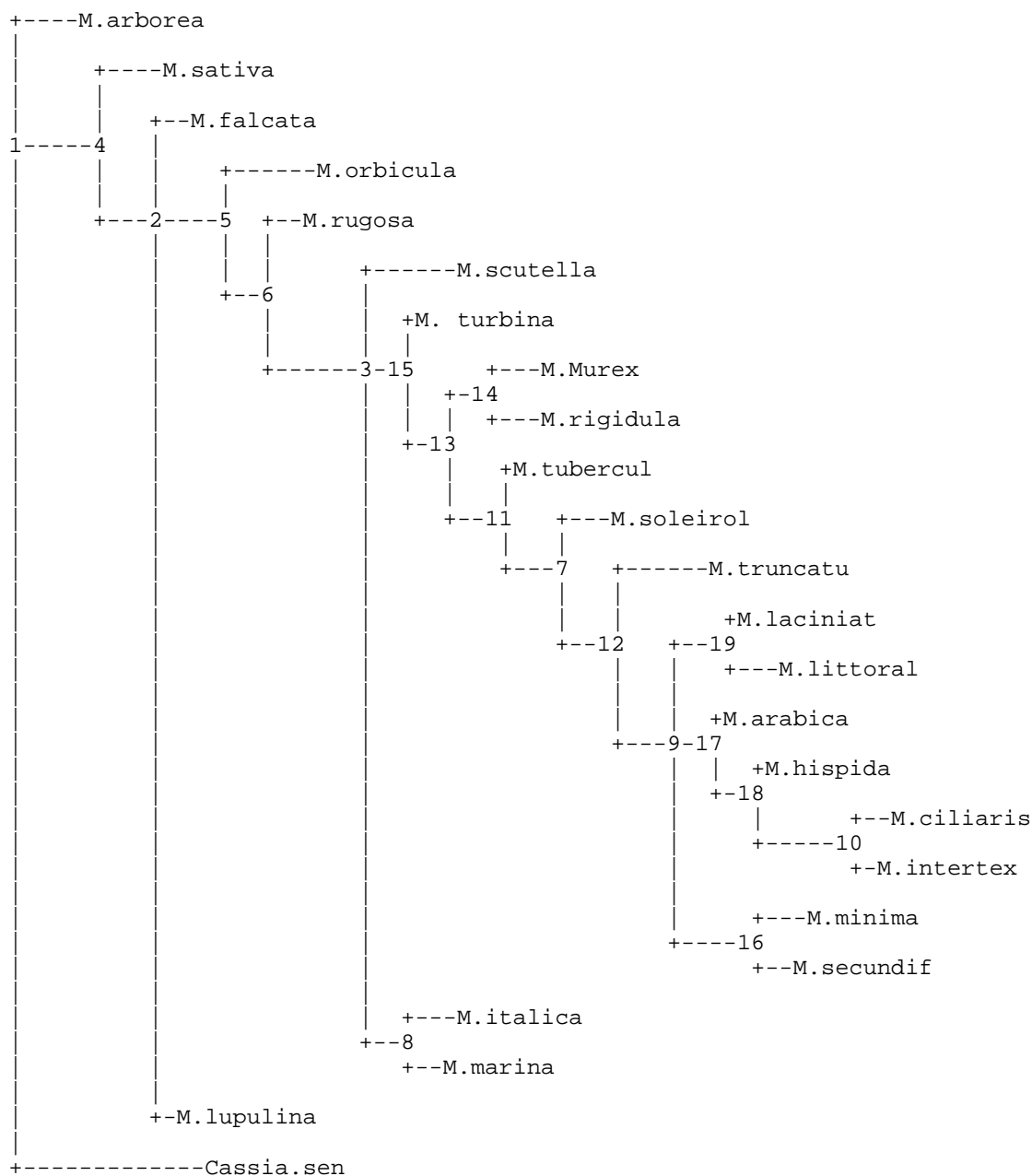
- #106. <Présence de> nodulation/
1. présence /
 2. absence/
- #107. Nodule <type structural>/
1. déterminé/
 2. indéterminé/
- #108. Nodule <branchement>/
1. branché/
 2. non branché/
- #109. Nodule <forme>/
1. aechynomenoïde/
 2. desmodioïde/
 3. caesalpinioïde/
 4. lupinoïde/
 5. astragaloïde/
- #110. Nodule <répartition>/
1. <surtout> collet/
 2. <surtout> racine primaire/
 3. <surtout> racines secondaires/
 4. indifféremment /
- #111. Nodule <localisation>/
1. <uniquement> aux aisselles/
 2. le long de la racine/
- #112. Lenticelle <présence>/
1. présente/

2. absente/
#113. <Type de Rhizobium> nodulée par/
1. *Sinorhizobium meliloti*/
2. *Sinorhizobium medicae*/
3. *Rhizobium cowpea*/
4. *Rhizobium* sp. BR 816/
5. *Rhizobium* sp. N 33/
6. *Sinorhizobium saheli*/
7. *Sinorhizobium terangae*/
8. *Rhizobium leguminosarum* biovar. *trifolii*/
9. *Rhizobium leguminosarum* biovar. *viciae*/
10. *Rhizobium leguminosarum* biovar. *phaseoli*/
11. *Rhizobium tropici*/
12. *Rhizobium etli*/
13. *Rhizobium galegae*/
14. *Rhizobium lupini*/
15. *Mesorhizobium loti*/
16. *Mesorhizobium ciceri*/
17. *Mesorhizobium huakuii*/
18. *Mesorhizobium mediterraneum*/
19. *Bradyrhizobium* sp./
#114. Références/
#115. <Abbréviation des taxons:>/

Annexe 2

Discrete character parsimony algorithm, version 3.6a2.1

Un des 55 arbres parcimonieux, avec les longueurs de chaque branche représentées sur les nœuds.



requires a total of 114.000

between	and	length
-----	---	-----
1	M.arborea	3.73
1	4	4.40
4	M.sativa	3.27
4	2	2.93
2	M.falcata	2.00
2	5	3.67
5	M.orbicula	5.00
5	6	2.00
6	M.rugosa	2.00
6	3	5.00
3	M.scutella	5.00
3	15	1.00
15	M.turbina	0.00
15	13	1.50
13	14	1.50
14	M.Murex	3.00
14	M.rigidula	2.50
13	11	2.50
11	M.tubercul	1.00
11	7	2.50
7	M.soleirol	2.50
7	12	3.00
12	M.truncatu	4.50
12	9	2.50
9	19	3.00
19	M.laciniat	1.00
19	M.littoral	3.00
9	17	1.00
17	M.arabica	1.00
17	18	2.00
18	M.hispida	1.00
18	10	4.50
10	M.ciliaris	2.00
10	M.intertex	1.50
9	16	4.00
16	M.minima	3.00
16	M.secundif	2.00
3	8	2.00
8	M.italica	3.00
8	M.marina	2.00
2	M.lupulina	1.67
1	Cassia.sen	9.33

steps in each site:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
*	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	|	2	3	0	1	1	0	4	1	1
10	|	1	7	5	1	0	0	0	9	0
20	|	1	1	0	0	1	8	8	0	1
30	|	4	1	2	2	1	7	0	0	7
40	|	3	0	2	4	2	5	6	1	

From To Any Steps? State at upper node
(. means same as in the node below it on tree)

	1		2112210123	?000110022	2425?110?1	2002111310
1	M.arborea	yes	.....2..	51.....	....3...0.?.....
1	4	yes	...0.....	2.1.....	.....2.?..
4	M.sativa	yes	.....	.....2..	...02.....	.....1..
4	2	yes	....0.....	.....	....0?....	.....0..
2	M.falcata	yes	.....	0.....	....??....	.1.....?
2	5	yes	0.....	.....	....0..0.	.....2..
5	M.orbicula	yes	.....	.....3..	.....0	.....
5	6	yes	.....1..	.....	.....	.....
6	M.rugosa	yes	.0.....	.....	.....	.....2....
6	3	yes	.....	.1....2..	....1.....	.1.....
3	M.scutella	yes	.0.....	.....	....2.....	....2..?1
3	15	yes	.....	.....	.....2.	.....
15	M. turbina	no	.....	.....	.....	.....
15	13	yes	.....	.....	.....0	.....
13	14	yes	.....0...	.....	.....	..?.....
14	M.Murex	yes	.....?..	.0.....	.....1.	.2.....
14	M.rigidula	yes	.?.....?	.....0..	....2.....	..?.....
13	11	yes	.....	.....	....1.....	.....1..
11	M.tubercul	maybe	.....?..	.....	.....	.....
11	7	yes	.....	.....3..	....?.....	....0.....
7	M.soleirol	yes	.0.....?	.....	....2.....	.....
7	12	yes	.....	.....	.....11	.....
12	M.truncatu	yes	.....?..	.....	....20....	0.2.....
12	9	maybe	.....	.....	....1.....	.....
9	19	yes	.....	.....2..	....0.....	....2.....
19	M.laciniat	yes	.....	4.....?	..?.....
19	M.littoral	yes	?.....?	.....	.....0	..?.....
9	17	yes	.....0...	.....	.....	.....
17	M.arabica	yes	.....?..	.....	.....0.	.....
17	18	yes	.....	.0.....	.....	.....2..
18	M.hispida	yes	.....?..	.....	.....	.....1.....
18	10	yes	.....	1.....	.....?	.....
10	M.ciliaris	yes	.....	.....	....?.....	....?..3.1
10	M.intertex	yes	.....	.....2..	....?0....	.....
9	16	yes	.....	.....0..	....0...2.	.....0..
16	M.minima	yes	.?.....	1.....	.....	..?32....
16	M.secundif	yes	.....	.?.....	....2.....	.....1
3	8	yes	.....	.....	....2.....	.....0.
8	M.italica	yes	.....	1.....	.....2.	....0.....
8	M.marina	yes	2.....	.....0..?.....	..?.....?
2	M.lupulina	yes	?.....	.1.....	....3.....	.....
1	Cassia.sen	yes	.....1.16	1.....1	1...??..11.	?.....?0.
	1		0000030			
1	M.arborea	maybe	??.....			
1	4	no	.....		
4	M.sativa	maybe	.?...?.			
4	2	no	.....		
2	M.falcata	maybe	.?????.			
2	5	no	.....		
5	M.orbicula	yes	.?..161			
5	6	yes	..1....			
6	M.rugosa	no	.....		
6	3	yes	....2..			
3	M.scutella	yes	?0...?			
3	15	no	.....		
15	M. turbina	maybe	...?...			
15	13	maybe?..			
13	14	no	.....		
14	M.Murex	maybe	...?2..			
14	M.rigidula	maybe	.?..?1..			
13	11	maybe	....1..			
11	M.tubercul	yes	...1...			
11	7	no	.....		
7	M.soleirol	yes	..?..2.			
7	12	yes	...2....			
12	M.truncatu	yes	....?6.			

12	9	yes	.10....
9	19	no	.....
19	M.laciniat	maybe?..
19	M.littoral	yes	??1?.6.
9	17	no	.....
17	M.arabica	no	.....
17	18	no	.....
18	M.hispida	maybe	...?...
18	10	yes	.2..20.
10	M.ciliaris	no	.....
10	M.intertex	no	.....
9	16	no	.....
16	M.minima	no	.....
16	M.secundif	maybe	.?????.
3	8	no	.....
8	M.italica	maybe	...???
8	M.marina	maybe	??.???
2	M.lupulina	maybe	??????.
1	Cassia.sen	yes	.????9?

Annexes 3

Cluster table. Les nombres de droite indiquent le nombre de fois que le cluster apparaît.

	1	1111111112	222	
	1234567890	1234567890	123	
	-----	-----	----	
1	.....*..**	**..*****	...	2
2*...	**.	3
3	...**.....	3
4*****	...	9
5	.....**	*****	...	38
6	***.*****	...	9
7	.....*..**	*****	**.	8
8	.....***	**..*****	...	4
9	.....*..**	*****	...	6
10	.....*..**	*****	**.	21
11	.....*..**	*****	...	5
12	.....***	**..*****	...	4
13**..	**.	1
14*..*****	...	3
15	.....*.....	.*.....	...	6
16	**..*****	...	3
17	.....***	*****	...	28
18	.....***	*****	**.	12
19*****	...	25
20	.....***	*****	**.	55
21	.....***	*****	**.	52
22	.....***	*****	...	13
23	...*****	*****	**.	55
24*****	...	40
25	..*.....*	1
26	**.....*	6
27*****	...	2
28*.*.....	...	11
29	*****	...	40
30**.....	...	32
31**.	13
32***.....	...	7
33***.	...	55
34	.....*	**..*****	...	3
35**.	...	55
36**.*	1
37	..*****	*****	***	49
38	..*****	*****	***	55
39	.....*	*****	...	4
40	.....***	*****	*..	5
41	.....*	***.*****	...	4
42	.....***	*****	*..	5
43	.....*	**..*****	...	6
44	.....*	..*.....	...	5
45	.....*	*****	...	45
46*****	...	28
47****.	...	55
48*..*****	...	3
49	**..*****	...	3
50	.....**	**..*****	...	4
51	**.	50
52*..*****	...	17
53**.	...	55

Largest cliques

[5 17..25 29 30 33 35 37 38 45..47 51 53]

Cluster partitions

```
T:[ 5 17..25 29 30 33 35 37 38 45..47 51 53 ]  
A:[ ]  
F:[ 1..4 6..16 26..28 31 32 34 36 39..44 48..50 52 ]
```

T indique le nombre de clusters se retrouvant dans l'arbre consensus ('vrai').

A indique le nombre d'arbres ambigues (ici aucun).

F indique le nombre de clusters ne se retrouvant pas dans l'arbre consensus.

Glossaire

- **Analogie** : Cas où des caractères ressemblants, mais non homologues, remplissent les mêmes fonctions biologiques.
- **Apomorphie** : Etat apomorphe d'un caractère c'est-à-dire, état qui qualifie chacun des stades dérivés de l'état ancestral dans une séquence de transformations phylogénétiques. *Par extension* : **Synapomorphie**, apomorphie partagée par au moins deux taxons.
- **Caractère** : Fonction qui assigne à chaque élément d'un ensemble d'objets à décrire (ou domaine) un élément unique d'un ensemble fini de descripteurs (ou champ)
- **Caractère (Etat de)**: Tout élément de l'ensemble fini des descripteurs d'un caractère (ou champ)
- **Clade** : Taxon monophylétique : ensemble comprenant un ancêtre et tous ses descendants. Un clade est caractérisé par une ou plusieurs synapomorphies.
- **Cladogramme** : Dendrogramme issu de l'analyse cladistique. Il permet la représentation d'une hypothèse sur les relations de parentés phylogénétiques entre plusieurs taxons. Chaque noeud est défini par une ou plusieurs synapomorphies.
- **Classification** : Arrangement des êtres vivants en groupes ou taxons d'après l'étude comparative de caractères variables (morphologiques, physiologiques, écologiques, éthologiques, géographiques).
- **Congruence** : Lorsque plusieurs jeux de caractères sont analysés pour un même ensemble de taxons, se dit d'une situation dans laquelle les inférences phylogénétiques sont concordantes (inv. incongruence).
- **Convergence** : Ressemblance apparue indépendamment dans différents taxons.
- **Dendrogramme** : Diagramme arborescent permettant la représentation des affinités phénétiques (phénogramme) ou phylogénétiques (cladogramme) entre taxons.
- **Dérive génétique**: En génétique des populations, désigne une fluctuation aléatoire de la fréquence allélique dans une population d'effectif limité, liée à l'effet d'échantillonnage.
- **Duplication** : mutation due à un appariement décalé entre chromosomes homologues.
- **Espèce biologique**: Ensemble de populations naturelles interfécondes, isolé sur le plan reproductif d'autres ensembles équivalents et qui occupe une niche particulière.
- **Espèce collective** (ou agrégat) : Ensemble de populations naturelles interfécondes bien que présentant de grandes différences morphologiques.
- **Espèce cryptique** (ou "sibling species") : Ensemble de populations naturelles non interfécondes bien que présentant de grandes similitudes morphologiques.
- **Espèce phénétique** : ensemble d'organismes qui se ressemblent plus entre eux qu'ils ne ressemblent à des organismes appartenant à d'autres ensembles équivalents.
- **Espèce phylogénétique** : Plus petite lignée de populations qu'il est possible de diagnostiquer par une combinaison unique d'états de caractères; la lignée correspond à une suite d'ancêtres et de descendants, qui maintient son identité à l'égard des autres lignées et présente ses propres tendances évolutives.

- **Grade:** Niveau d'organisation atteint par une lignée lorsqu'elle entre dans une nouvelle zone adaptative. Un grade est en général caractérisé par un ensemble d'apomorphies remarquables.
- **Homéotique (gène) :** gène s'il est muté conduit à un mutant homéotique. En général, ces gènes spécifient la formation et la localisation des organes.
- **Homologie :** Cas où des caractères ressemblants sont hérités d'un ancêtre commun. homologie : similitude liée à l'héritage d'un ancêtre commun. Homologie ancestrale : similitude due au partage par deux ou plusieurs taxons d'un état ancestral de caractère (symplesiomorphie).
- **Homologie dérivée :** similitude due au partage par deux ou plusieurs taxons d'un état dérivé de caractère (synapomorphie).
- **Homoplasie :** Similitude entre deux ou plusieurs espèces dont on présume qu'elle ne provient pas de l'héritage d'un ancêtre commun (Ex : convergence, analogie...).
- **Incongruence:** Lorsque plusieurs jeux de caractères sont analysés pour un même ensemble de taxons, se dit d'une situation dans laquelle les inférences phylogénétiques ne sont pas concordantes entre elles. (inv. congruence).
- **Mutation nucléotidique :** Modification brusque et héréditaire de la séquence nucléotidique.
- **Orthologue :** vraie homologie de séquences moléculaires. Des séquences orthologues existent en une seule copie par organisme, et reflète avec précision les relations phylogénétiques des espèces.
- **Outgroup :** taxon terminal (ou groupe de taxons), préférablement proche du groupe d'étude (ingroup), qui est utilisé pour enraciner un cladogramme. La racine est placée entre le(s) outgroup(s) et l'ingroup.
- **Parcimonie (Principe de) :** En systématique phylogénétique, principe selon lequel, lorsque plusieurs cladogrammes sont possibles, on doit choisir le plus simple, c'est-à-dire celui qui nécessite le moins de transformations d'états pour l'ensemble des caractères considérés.
- **Paralogue :** des séquences paralogues résultent d'une duplication d'un gène (indépendant de la spéciation) et existent en multiples copies par organisme et servent à reconstruire la phylogénie des gènes plutôt que celles des espèces.
- **Phénogramme :** Dendrogramme issu de l'analyse phénétique, il peut traduire la phylogénie d'un groupe sous réserve que les ressemblances observées entre taxons soient dues à l'héritage d'un ancêtre commun
- **Phylogénèse :** Suite des événements évolutifs ayant mené à la diversification d'un groupe d'êtres vivants. Par extension, étude de la diversité en tant que résultat d'une évolution par transformation des caractères héréditaires.
- **Phylogénie :** Représentation inférée de la phylogénèse ou de l'étude phylogénétique.
- **Plésiomorphie :** Etat plésiomorphe ou ancestral d'un caractère. *Par extension :*
Symplesiomorphie : plésiomorphie partagée par au moins deux taxons.
- **Pression de sélection:** En génétique des populations, désigne tout processus pouvant entraîner des modifications dans les fréquences alléliques d'une population au cours des générations successives (mutation, dérive génétique, migration, sélection).
- **Polypléidie:** Forme de variation du nombre de chromosomes dans laquelle le caryotype est composé d'assortiments complets de plusieurs jeux de chromosomes.

- **Polytémie** : correspond à un point de branchement dans un arbre et donnant plus de deux descendants. Une polytémie est dite 'hard' quand on suppose qu'elle est due à l'absence de données pour résoudre un branchement dichotomique. Elle est dite 'soft' quand elle reflète d'une incertitude (incongruence) entre deux ou plus cladogrammes pleinement résolus.
- **Rang (ou catégorie)** : Désigne tout niveau hiérarchique d'une classification.
- **Régression (ou réversion)** : dans une série de transformations d'un caractère qualifie un retour à un état morphologique semblable à celui d'un stade précédent.
- **Systématique évolutionniste**: Ecole de systématique dans laquelle les êtres vivants sont classés d'après leurs liens de parenté et leurs similitudes globales. Les taxons paraphylétiques caractérisés par un ensemble d'autapomorphies remarquables (notion de grade) sont reconnus comme valides.
- **Systématique phénétique**:Ecole de systématique dans laquelle les êtres vivants sont classés d'après leurs similitudes globales sans aucune référence particulière concernant la valeur des caractères ou la nature ancestrale ou dérivée de leurs états. L'analyse phénétique met en œuvre des méthodes numériques pour calculer des distances permettant d'évaluer le degré de similitude entre taxons; lorsque la polarisation des caractères est impossible, c'est la seule méthode envisageable.
- **Systématique phylogénétique (ou cladisme)**: Ecole de systématique dans laquelle les êtres vivants sont regroupés d'après leurs liens de parenté présumés. Les seuls taxons valides sont des ensembles monophylétiques (ou clades) définis par un ou plusieurs états dérivés partagés (synapomorphies). L'analyse cladistique vise à déterminer pour chaque caractère l'état ancestral et les états dérivés ainsi qu'à reconstituer les séquences de transformations évolutives de ces caractères.
- **Taxon** : Ensemble d'organismes contenus dans un niveau hiérarchique (ou catégorie ou rang) d'une classification.
- **Taxon monophylétique**: voir clade.
- **Taxon paraphylétique**: En systématique phylogénétique, désigne un taxon constitué par un ancêtre et une partie seulement des descendants.
- **Taxon polyphylétique**: En systématique phylogénétique, désigne un taxon constitué de plusieurs taxons n'ayant pas d'ancêtres communs directs.
- **Taxon polythétique** : Taxon défini par une combinaison d'états de caractères ou syndrome, chacun de ces états pouvant éventuellement se rencontrer hors du taxon considéré, ou faire occasionnellement défaut chez un des membres du taxon considéré.
- **Taxonomie**: Science de la classification des êtres vivants.
- **Topologie** : Ensemble des éléments définissant la structure d'un dendrogramme (position des nœuds, longueur des branches...).
- **Vicariance**: Type de distribution géographique d'espèces phylogénétiquement affines occupant les mêmes niches écologiques mais dans des sites éloignés.