



UMR 5602 CNRS



Université de Toulouse

MASTER 1

Mention

Géographie et Aménagement

Spécialité

Géographie de l'Environnement et du Paysage

Rapport de stage

Inventaire des plantes médicinales, usages et répartition géographique



Spirale ethnobotanique du JBHG (source UT3)

Busserolle Paul

Sous la direction de :

Soutenu le **7 septembre 2016**

Maître de stage : **Fatiha EL-BABILI**

Tuteur-enseignant : **Gérard BRIANE**

Remerciement : *Je tiens d'abord remercier toute l'équipe du Jardin botanique pour m'avoir accueilli au sein de cette structure. Merci d'avoir tout mis en œuvre pour que mon stage se déroule dans les meilleures conditions possibles. Je souhaite aussi remercier G. Briane pour m'avoir suivi pendant ce stage qui a été très instructif du point de vue des connaissances et des compétences professionnelles.*

Sommaire

Introduction.....	6
1. Présentation de la structure d'accueil : Le jardin Botanique Henri Gaussen.....	8
1.1 Statut	8
1.2 Historique	8
1.3 Missions.....	9
1.4 Les collections du JBHG	9
2. Présentation du stage et du travail demandé.....	10
2.1 Inventaire 2016 des plantes médicinales	10
2.2 Historique de la phytothérapie	11
2.3 Aspects réglementaires	12
3. Méthodologie	13
3.1 Objectif de l'inventaire.....	13
3.2 Inventaire des plantes médicinales.....	13
3.2.1 Actualisation du plan de plantation existant et l'inventaire 2014	13
3.2.3 Réalisation d'une « base de données ».....	14
3.2.4 Ouverture et valorisation futures de la « base de données ».....	15
4. Résultats	17
4.1 Usages traditionnels et actuels des plantes médicinales.....	17
4.1.1 Nombres de plantes inventoriées retenues par l'ANSM.....	17
4.1.2 Plantes dont l'usage actuel correspond à l'usage traditionnel	17
4.1.3 Plantes dont l'usage actuel ne correspond pas à l'usage traditionnel.....	18
4.1.4 Proposition de modification de l'emplacement de certaines plantes	19
4.1.5 Organes des plantes utilisées en médecines moderne	20
4.2 Répartition des plantes médicinales par famille	21
4.3 Répartition géographique et exemples d'adaptation des plantes médicinales en fonction de leurs milieux	22
4.3.1 Définition des grands biomes terrestres	22
4.3.2. Caractéristiques des différents biomes émergés.....	24
4.3.2 Répartition à l'échelle globale.....	31
4.1.3 Exemple d'adaptation au milieu : le froid et la sécheresse.....	32
5. Limites et critiques du travail réalisé.....	37
Conclusion	39
Bibliographie.....	40

Articles.....	40
Ouvrage	40
Sitographie	41
Annexes	42
Glossaire	43

Introduction

Les sociétés humaines partout dans le monde ont toujours entretenu des relations fortes avec leurs milieux en en tirant les ressources indispensables à leur développement. Les plantes sont utilisées comme telles depuis la préhistoire pour des usages thérapeutiques, mais aussi pour comme sources d'alimentation, pour des usages industriels, pour des cérémonies religieuses etc... Toutefois ces usages ont changé avec le temps du fait de l'évolution des sociétés et de leurs préoccupations. D'autre part le développement de la médecine moderne « oblige » à confronter les usages traditionnels des plantes avec les découvertes scientifiques récentes. Les usages traditionnels des plantes médicinales ne sont pas toujours validés scientifiquement. Certaines plantes médicinales ont un usage traditionnel qui ne correspond pas à leurs usages actuels, et, au contraire, on extrait aujourd'hui de certaines plantes longtemps considérées comme toxiques des molécules qui entrent dans la composition des médicaments utilisés en médecine.

Dans le cadre du master 1 « Géographie de l'Environnement et du Paysage », j'ai réalisé un stage de fin d'année au Jardin Botanique Henri Gaussen (JBHG) à Toulouse. J'ai choisi de réaliser mon stage au sein de cette structure afin d'améliorer mes connaissances en botanique et en phytogéographie. Durant cette période d'immersion d'environ deux mois, j'ai participé à l'entretien « courant » des collections végétales : désherbage, arrosage, mise en place de filets de protection contre les oiseaux, taille des végétaux, plantation, installation d'un réseau d'arrosage automatique etc.

Parallèlement j'ai travaillé à la réalisation d'un inventaire des plantes médicinales de la spirale ethnobotanique du JBHG. Après avoir inventorié les plantes présentes, mon travail a consisté à vérifier si, les usages et les propriétés médicinales attribués traditionnellement à certaines plantes de la spirale ethnobotanique étaient confirmés par la médecine moderne. Enfin j'ai essayé d'analyser la répartition géographique de ces plantes. Ce travail m'a amené à m'interroger sur les notions de plantes médicinales, d'adaptation et de répartition géographique afin de répondre à la problématique suivante.

Les usages traditionnels des plantes médicinales de la spirale ethnobotanique du JBHG correspondent-ils à ceux reconnus par l'ANSM ¹ ? Certaines plantes peuvent-elles éventuellement être déplacées

Quelles sont les familles les plus représentées parmi les plantes médicinales présentes à la fois dans la spirale ethnobotanique et dans les listes de l'ANSM ?

Quelle est la répartition géographique des plantes médicinales présentes à la fois dans les listes et dans la spirale ethnobotanique en fonction des grands biomes terrestres et de leurs climats ? Quelles stratégies mettent-elles en place pour s'adapter aux milieux secs et froids ?

¹ Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé.

Dans un premier temps, il me semble important de présenter la structure qui m'a accueillie pour ce stage : son histoire, son fonctionnement, ses missions etc... Puis nous verrons la réalisation de l'inventaire ainsi que la relation entre usages traditionnels et usages reconnues par la pharmacopée pour les plantes médicinales inventoriées. Et enfin leur répartition géographique.

1. Présentation de la structure d'accueil : Le jardin Botanique Henri Gaussen

1.1 Statut

Le JBHG est administré par le Service Commun d'Etude et de Conservation des Collections Patrimoniales (SCECCP). Ce service est rattaché à l'Université Paul Sabatier. Il a pour mission de gérer, de valoriser et de mettre les collections à disposition des équipes de recherches mais aussi de contribuer à des opérations de sensibilisation et de communication auprès du public. Il gère deux types de collections. Une collection de spécimens vivants au JBHG et à L'Arboretum Henri Gaussen de Jouéou dans les Pyrénées et une seconde qui concerne des spécimens inertes. La collection de spécimens inerte est composée par des herbiers soit plus de 400 000 planches (herbier régional de Midi-Pyrénées, herbier Gaussen...) mais aussi d'un fond photographie dédié principalement à la flore et les paysage des Pyrénées françaises. Ces herbiers ont été constitués aux XIXème et XXème siècle, le plus ancien date de 1811.

1.2 Historique²

Le Jardin botanique de Toulouse est créé au début du XIXème siècle. Il fait alors partie du jardin des plantes créé par Philippe Picot de Lapeyrouse (naturaliste et maire de Toulouse de 1800 à 1806), il est installé dans les dépendances de l'ancien monastère des Carmes. Il est organisé selon plusieurs « écoles » (plantes médicinales, industrielles, fourragères...). Il compte alors plus de cinq mille espèces régionales, pyrénéennes et exotiques. Après l'exposition universelle de 1887 seule "l'école générale de Botanique" est conservée, c'est à son emplacement que se trouve le jardin botanique actuel. Il y'a plus de quarante ans, il fut placé sous la responsabilité de l'université de Paul Sabatier. En 1991 il prend le nom de jardin botanique Henri Gaussen (1891-1981) en mémoire du botaniste et phytogéographe toulousain qui le dirigea de 1948 à 1958. En 1997 le jardin ferme ses portes, en même temps que le muséum d'histoire naturelle. Il est alors intégré au projet de restauration du muséum et rouvre au public en 2008. Cette restauration est l'occasion d'une réorganisation importante du jardin : création de plusieurs serres (plantes



1Herbier de J. Serres, "Flore de France" (source : ©
Véronique Prévost - 2014 UPS, Pôle Culture)

² Source : tela-botanica.org

carnivores, tropicales, tropicale sèche...), création de la spirale ethnobotanique... En 1998 il obtient l'agrément "Jardin Botanique de France et des pays francophones".

1.3 Missions

Le jardin botanique Henri Gaussen a de multiples missions :

- Comme les jardins botaniques du monde entier le JBHG est « une institution qui rassemble des collections documentées de végétaux vivants à des fins de recherche scientifique, de conservation, d'exposition et d'enseignement »³.
- Dans le cadre du SCECCP le JBHG s'investit dans le l'enseignement supérieur et offres des supports aux équipes de recherche. La formation du grand public est assurée à travers des expositions ou des visites guidées à destination des groupes scolaires mais aussi des visiteurs du muséum d'histoire naturelle de Toulouse.
- Enfin le JBHG a pour mission la conservation du patrimoine végétal et de la biodiversité. Ainsi chaque année le JBHG propose un catalogue de semences à destination des autres jardins botaniques du monde entier (l'Index Seminum). Les échanges de graines se font à travers le réseau IPEN, qui est un réseau d'échange de ressources génétiques entre jardin botanique. Le JBHG participe à la gestion et à la conservation des d'espèces végétales menacées des Pyrénées en collaboration avec le Conservatoire Botanique de Midi-Pyrénées notamment à travers la récolte de semences qui permet de conserver le patrimoine génétique végétal.

1.4 Les collections du JBHG

Les collections du JBHG sont composées de deux secteurs, une collection extérieure et une collection en serre.

La collection extérieure compte environ 1000 taxons. Elle est composée de :

- La spirale ethnobotanique
- La collection « fleurs, architecture florale »
- Les plantes menacées de Midi-Pyrénées
- Une tourbière « artificielle ».

La collection en serre regroupe environs 1300 taxons répartis dans plusieurs serres :

- Une serre tropicale humide abritant des plantes myrmécophiles, des plantes tropicales humide, plantes épiphytes...
- Une serre tropicale sèche où se trouvent les plantes succulentes avec différentes plantes xérophytes (environs 400 espèces).



2 Serre tropicale sèche (source JBHG)

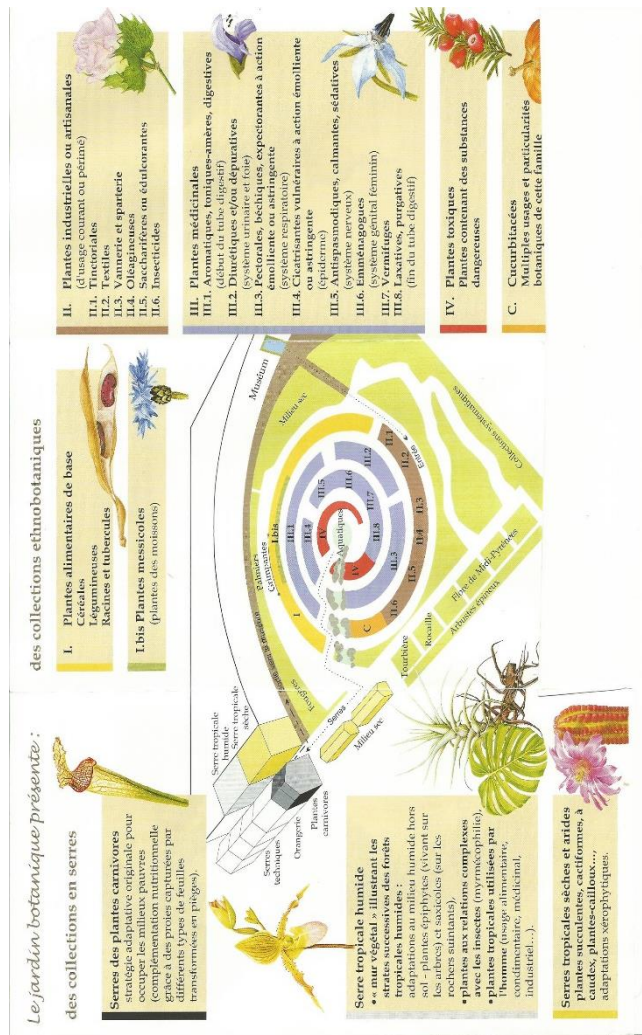


3 Serre tropicale humide (source JBHG)

³ Source : Botanic Gardens Conservation international (BGCI)

2. Présentation du stage et du travail demandé

2.1 Inventaire 2016 des plantes médicinales



4 Plaquette JBHG avec plan de masse (source JBHG)

La spirale ethnobotanique du Jardin Botanique Henri Gaussen est composée de végétaux parfois utilisés par les sociétés humaines depuis des millénaires et originaires du monde entier. Les plantes y sont classées en fonction de l'usage passé ou présent qu'elles ont pour ces sociétés : plantes tinctoriales, plantes alimentaires, plantes médicinales, plantes industrielles etc... (Cf. plaquette JBHG avec plan de masse). Le cas des plantes médicinales est particulier car on a pu, par le passé, leur attribuer certaines vertus curatives sans que celles-ci ne soit vérifiées scientifiquement par une série d'expériences et des essais cliniques. Il s'agit d'un classement réalisé à partir de l'usage traditionnel de ces plantes (Fournier, 1947). Leurs utilisations ont évolué, en particulier ces dernières années, en fonction des progrès scientifiques dans les domaines de la botanique, de la médecine, de la pharmacologie, de la chimie etc... la première partie du travail que j'ai réalisé

lors de mon stage a été d'inventorier les plantes médicinales de la spirale ethnobotanique et de vérifier si leurs usages traditionnels et les vertus thérapeutiques qui leurs étaient attribuées étaient reconnus par la médecine moderne.

La seconde partie du travail que j'ai réalisé consistait à regarder la répartition des plantes médicinales en fonction de leurs milieux (tempéré, méditerranéen, tropicale, aride... etc.) et d'analyser leurs stratégies d'adaptations à ces différentes conditions en particulier le froid et la sécheresse. Mais d'abord nous verrons comment la phytothérapie a évolué dans le temps et ainsi que les aspects réglementaires en ce qui concerne l'usage des plantes médicinales.

2.2 Historique de la phytothérapie⁴

L'usage des plantes comme moyen de guérison est aussi ancien que l'humanité, voir plus ancien si l'on prend en compte le fait que certains animaux utilisent les végétaux pour se « soigner ». Toutefois l'usage des plantes médicinales pendant la préhistoire reste peu connu. Les débuts de la phytothérapie procèdent par le tâtonnement, par l'observation des effets provoqués sur les animaux. Ces connaissances empiriques dont la pharmacopée moderne est redevable se sont transmises de génération en génération.

Dès l'antiquité des pharmacopées sont développées dans le monde entier. On peut citer le Pen Tsao de Shen Nung, le plus vieux traité de médecine chinoise daté de 2900 av. J.-C. Il mentionne quelques 365 remèdes à base de plantes. Les connaissances de l'Egypte antique nous ont été transmises par le « Papyrus de Ebers » (XVIème siècle av. J.-C.). Hippocrate (460-355 av. J.-C.) utilise les plantes sous forme de boissons, il s'agit de plantes indigènes mais aussi de plantes importées d'Inde ou d'Egypte. Ce qui tend à montrer des échanges de connaissances entre différentes civilisations de l'antiquité.

Au Moyen-âge les connaissances concernant les plantes médicinales se concentrent dans le monde Arabe. Au XIIIème siècle, Ibn et Baïthar décrivent près de 1400 plantes. A cette période la médecine occidentale est surtout l'affaire des moines avec le développement des jardins de simples. En 827 l'abbé de Reichenau publie son Hortulus qui met en évidence les propriétés médicinales de 25 plantes. Au XIème siècle l'Ecole de Salerne avec Constantin l'Africain fait passer dans la médecine occidentale les pratiques et les drogues de la médecine arabe.

La Renaissance est une période marquée par de nombreuses avancées en science naturelle. En 1536 Jean Ruelle, médecin de François Ier, publie une Flore médicinale de France (De natura stirpium).

Comme leurs prédécesseurs, les botanistes du XVIIIème comme Linné ne séparent pas la botanique de la phytothérapie. Ils joignent aux parties descriptives et géographiques de leurs ouvrages des écrits consacrés aux propriétés des plantes dont certains traitent de botanique médicale.

Au XIXème siècle les progrès (de la) chimie permettent d'isoler certains principes actifs des végétaux ou de les produire synthétiquement. Un exemple de la chimie extractive développée à cette période concerne le pavot à opium (*Papaver somniferum* L.) dont Sertürner a extrait la morphine et Robiquet la codéine, ces substances sont toujours utilisées dans le traitement de la douleur. Avec le développement de ces drogues de synthèse produites industriellement les végétaux perdent leur place prédominante dans les traités de pharmacologie. On constate l'abandon de végétaux dont l'efficacité est pourtant certaine.

⁴ FOURNIER P.V., (1947)

Toutefois le fait d'isoler les principes actifs des plantes ne donne pas toujours des résultats aussi intéressants que l'utilisation de la plante dans sa totalité. Dès la fin du XIX^{ème} siècle on constate un retour aux simples et plus largement aux végétaux, en particulier dans le traitement des maladies de carences (avitaminoses) car ils sont riches en vitamines.

On constate donc que la phytothérapie moderne est le résultat d'une longue histoire faite de tâtonnements, recherches et de transmissions de savoirs depuis l'antiquité.

Les plantes constituent l'essentiel de la pharmacopée jusqu'au XX^{ème} siècle sous forme « native » ou sous forme de préparations galéniques (teintures, tisanes etc...). Elles demeurent aujourd'hui une source majeure pour la préparation de médicaments soit pour leurs principes actifs soit parce que les chimistes ont appris à modifier leurs structures pour les rendre plus efficaces et moins toxiques (Chast 2012).

Enfin au cours du XX^{ème} siècle on constate la mise en place d'une réglementation afin d'encadrer l'utilisation, la distribution et la production des plantes médicinales.

2.3 Aspects réglementaires

Malgré la parenthèse du XIX^{ème} siècle les médicaments à base de plantes sont toujours utilisés que ce soit dans les pays en voie de développement, où les « tradipraticiens » jouent un rôle important du fait du prix des médicaments ; que ce soit dans les pays industrialisés où leur utilisation tient souvent de l'automédication. L'opposition entre des plantes qui guérissent « en douceur » et une chimie « violente » pour l'organisme malade est sans fondements scientifiques (Chast 2012). En effet les plantes ne sont pas sans danger : 5% à 10% des intoxications constatées aux urgences hospitalières seraient dues à l'ingestion de plantes. Si certaines plantes utilisées en médecine comme l'If (*Taxus bacata L.*) ou la Belladone (*Atropa belladonna L.*) peuvent causer des intoxications mortelles d'autres comme le chanvre cultivé (*Cannabis sativa L.*) ou le cocaïer (*Erythroxylum coca Lam.*) peuvent provoquer des toxicomanies graves (Lehmann 2015). Pour être efficaces les plantes doivent être mises sous formes pharmaceutiques avec un dosage précis et elles doivent être accompagnées d'un suivi rigoureux pour en déterminer les effets (Chast 2012).

Pour cela les plantes médicinales, leurs usages et leur distribution sont réglementés par la loi à l'échelle nationale et européenne. Depuis 2002, la pharmacopée européenne prime sur la pharmacopée française. En France la vente des plantes médicinales⁵ relève du monopole pharmaceutique, elles ne peuvent être prescrites qu'en pharmacie (Lehmann 2015) conformément à l'article L. 4211-1/5° du code de la santé publique. En dehors des pharmaciens, les herboristes diplômés avant 1941-qui ont progressivement disparu- ont le droit de délivrer des plantes médicinales « non-libérées » à l'exception de celles

⁵ Circulaire n°346 du 2 juillet 1979 « les plantes à usage exclusivement médicinal à l'exception de tous usages alimentaires, condimentaires et hygiéniques ».

inscrites sur la liste des plantes vénéneuses ou stupéifiantes comme le stipule l'article L. 4211-7 du code de la santé publique.

Les plantes inscrites à la pharmacopée Française dont la première édition remonte à 1818 (il s'agit actuellement de la 11^{ème} édition parue en 2012), sont divisé en deux listes :

- La liste A (Chapitre IV.7.A de la pharmacopée française) comprend des plantes médicinales utilisées traditionnellement (365 plantes).
- La liste B (Chapitre IV.7.B de la pharmacopée française) comprend les plantes médicinales utilisées traditionnellement en l'état ou sous forme de préparations dont les effets indésirables potentiels sont supérieurs aux effets thérapeutiques (123 plantes).

Enfin certaines plantes dont l'usage populaire est banalisé ont été libérées du monopole pharmaceutique par le décret n°79-480 du 15 Juin 1979. Lors de sa dernière actualisation en 2008⁶ elle comportait 147 plantes. Ces plantes libérées du monopole pharmaceutique peuvent être vendues dans le commerce mais ne doivent pas comporter d'indication thérapeutique.

On constate donc que la législation concernant les plantes médicinales est rigoureuse, et dictée par des questions qui relèvent de la santé publique. Toutefois le fait que leur distribution relève d'un monopole n'est probablement pas étranger à des intérêts financiers.

3. Méthodologie

3.1 Objectif de l'inventaire

L'inventaire spatialisé des végétaux présents dans le jardin permet de savoir à un instant T quelles espèces sont présentes. Ce qui facilite le suivi de la production en serre et assure la qualité des collections. Il permet de retrouver plus facilement « l'adresse » d'une espèce spécifique parmi les plus de deux mille plantes du jardin si l'on doit travailler dessus. Il permet de mettre à jour les étiquettes ainsi que la nomenclature car celle-ci évolue régulièrement en fonction des découvertes scientifiques en particulier en génétique.

3.2 Inventaire des plantes médicinales

Afin de réaliser l'inventaire des plantes médicinales de la spirale ethnobotanique du Jardin Botanique Henri Gaussen, j'ai commencé par faire l'inventaire des plantes présentes au printemps 2016.

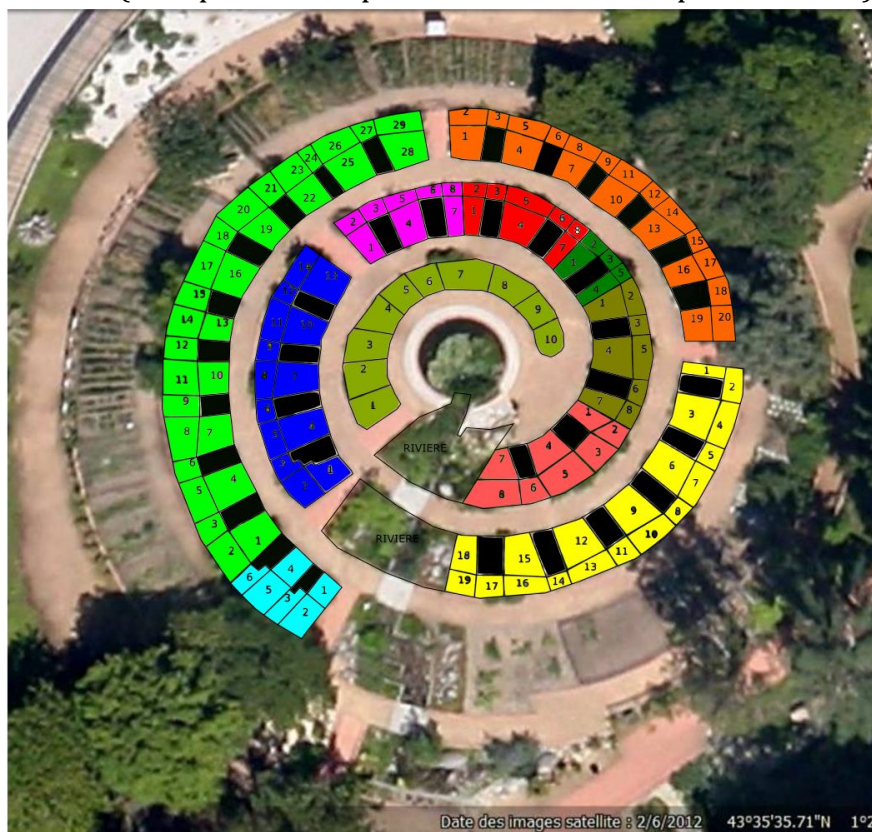
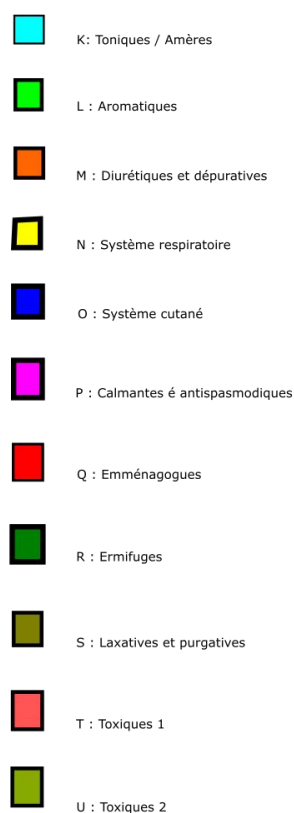
3.2.1 Actualisation du plan de plantation existant et l'inventaire 2014

Pour ce faire j'ai commencé par simplifier le plan de plantation existant (Cf. annexe n°1 : plan plantation de la spirale) en divisant les différents massifs en rectangles numérotés

⁶ Application des décrets n° 2008-839 ET 2008-841 relatif à la vente des plantes médicinales inscrite à la pharmacopée.

et en utilisant les repères visuels que sont les allées et les dalles de granit. Chaque massif correspondant à un usage traditionnel (ex : plantes tonique-amer) est identifié par une lettre allant de K à T (Cf. plan de plantation de la spirale 2016).

Plan de plantation inventaire 2016



5 Plan de plantation de la spirale 2016

Ensuite je me suis basé sur l'inventaire réalisé en 2014. J'ai reporté les nouvelles adresses des plantes présentes en 2014 et toujours présentes en 2016. J'ai supprimé les plantes qui ne sont plus présentes et j'ai ajouté celles présentes qui ne figuraient pas dans l'inventaire 2014. Pour cela, j'ai utilisé des clefs de détermination. Mes connaissances en botanique étant limitées, j'ai fait valider mes relevés par les jardiniers responsables de la collection extérieure (J.Y. Marc et P. Bermudes). J'ai obtenu une nouvelle liste de végétaux avec un nouvel adressage.

Cet inventaire a été l'occasion de réaliser un suivi des étiquettes et de la nomenclature. Les étiquettes peuvent être absentes, cassées, illisibles etc... La nomenclature (nom binominale, famille) évoluant régulièrement, elle doit être l'actualisée. Pour ce faire j'ai consulté des sites internet de référence comme Tela Botanica.org ou The plantlist.org. The plantlist.org est un site internet qui référence les différents noms binominaux des plantes et note leur pertinence. Ce qui permet de déterminer la nomenclature la plus communément admise.

3.2.3 Réalisation d'une « base de données »

J'ai ensuite comparé la liste des plantes obtenue avec les listes A et B de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM). Ces listes correspondent aux

plantes reconnues officiellement comme plantes médicinales en France. C'est-à-dire qu'elles ont fait l'objet de d'expériences scientifiques et d'essais cliniques afin de déterminer leurs utilités mais aussi leurs toxicités.

Les 365 végétaux référencés dans la liste A de ANSM sont « des plantes médicinales utilisées traditionnellement », certaines ont aussi été identifiées comme pouvant avoir des usages alimentaires et/ou condimentaires.

Celles appartenant à la liste B (123 végétaux) sont des « plantes médicinales utilisées traditionnellement en l'état ou sous forme de préparation dont les effets indésirables potentiels sont supérieurs au bénéfice thérapeutique attendu » (H. Lehmann, 2015).

Lorsqu'une plante était présente dans la spirale ethnobotanique et dans l'une des listes de l'ANSM, j'ai fait une recherche bibliographique pour déterminer son usage en médecine moderne en m'appuyant principalement sur l'ouvrage de J. Bruneton *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales* paru en 2009. Ce livre intègre les données de l'édition 2008 de la pharmacopée* européenne ainsi que « les conclusions des travaux du Comité européen des médicaments à base de plantes mis en place après 2004 au sein de l'Agence européenne du médicament ».

Ensuite j'ai effectué des recherches pour en déterminer leur répartition géographique en prenant en compte d'une part leur origine et d'autre part les « zones » où elles ont été naturalisées et cultivées⁷. Cette recherche m'a permis de déterminer la répartition de ces plantes en fonction de grands ensembles géographiques et des grands biomes terrestres, chacun de ces ensembles pouvant contenir une grande diversité de milieux.

A ce stade j'ai obtenu un tableau Excel contenant :

- Le nom binominal de la plantes
- La Famille
- L'usage traditionnel de la plante retenu pour la spirale ethnobotanique (ex : plantes aromatiques).
- La nouvelle adresse de la plante (ex : K1).
- Les remarques concernant la plante (ex : étiquette manquante).
- La liste de l'ANSM (A ou B) à laquelle appartient la plantes.
- Les parties de la plante utilisées en médecine selon ANSM (ex : feuille).
- L'emploi de la plante admis par l'agence du médicament (ex : système digestif).
- La toxicité lorsque j'ai trouvé et compris les informations. (ex : fruit toxique).

3.2.4 Ouverture et valorisation futures de la « base de données »

Pour rester pertinente cette base de donnée doit être mise à jour régulièrement et éventuellement enrichie car je n'ai pas pu pendant mon stage couvrir l'intégralité des plantes présentes au JBHG. J'ai donc laissé à disposition du personnel et des futurs stagiaires mes données sous forme de fichier Excel ainsi que le fichier Inkscape pour que

⁷ Source utilisées : telabotanica.org et grintaxonomy.

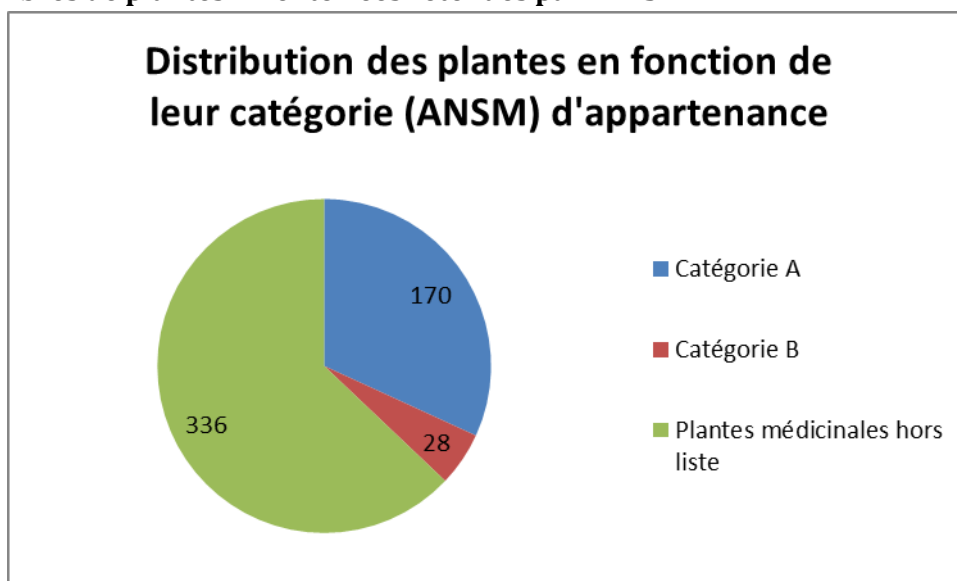
celui-ci puisse être modifié facilement. Ce logiciel n'étant pas connu du personnel j'ai ajouté des liens internet vers différents tutoriels.

Nous avons évoqué avec J.Y. Marc (responsable de la collection extérieure) la possibilité de valoriser les données recueillies sous forme de SIG. Cela pourrait permettre d'avoir un accès rapide et un meilleur suivi des plantations du jardin botanique, éventuellement de réaliser des cartes pouvant servir pour des outils de communication destinés au public (poster, panneaux, etc...). Etant donné l'usage prévu du logiciel SIG je lui est conseillé QGIS car contrairement aux autres SIG que je connais (Mapinfo ou Arcgis) il s'agit d'un logiciel open source.

4. Résultats

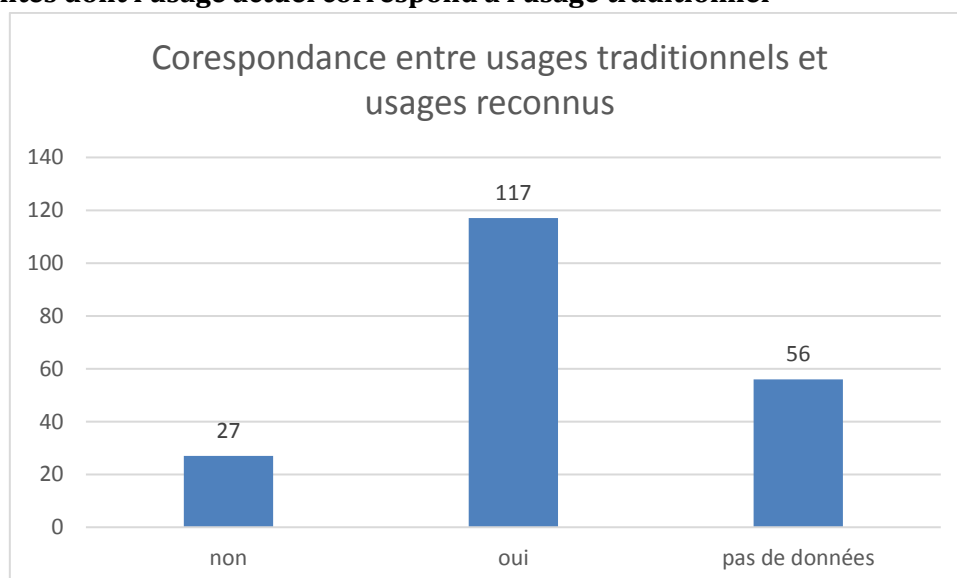
4.1 Usages traditionnels et actuels des plantes médicinales

4.1.1 Nombres de plantes inventoriées retenues par l'ANSM



Parmi les 534 plantes médicinales inventoriées dans la spirale ethnobotanique du jardin botanique Henri Gaussen, 198 sont retenues par l'ANSM. 170 font partie de la liste A (soit 46,6% de l'ensemble de la liste A) et 28 de la liste B (soit 22,8% de l'ensemble de la liste B). On constate que la plupart des plantes retenues comme médicinales pour la conception de la spirale ethnobotanique ne sont pas retenues comme telle par l'ANSM.

4.1.2 Plantes dont l'usage actuel correspond à l'usage traditionnel



Après avoir comparé les usages traditionnels des plantes inventoriées appartenant aux listes A et B de l'ANSM il apparaît que :

- Pour 117 d'entre elles soit 58,5%, il y a correspondance entre l'usage retenu pour la spirale et l'usage actuel reconnu en médecine moderne. Ce qui signifie qu'au moins l'un des usages reconnus par la médecine moderne correspond à l'usage retenu pour placer la plante dans la spirale du jardin Botanique. (cf annexe n° 1 plaquette de Jardin botanique).
- En revanche pour 27 d'entre elles soit 13,5% je n'ai pas pu établir de correspondance, il peut s'agir d'une mauvaise interprétation de ma part.
- Enfin pour 56 plantes je n'ai pas trouvé d'informations satisfaisantes, ce qui ne signifie pas que les usages traditionnels et reconnus ne correspondent pas.

4.1. Plantes dont l'usage actuel ne correspond pas à l'usage traditionnel

Voici la liste des plantes dont les usages médicaux modernes et traditionnels ne correspondent pas.

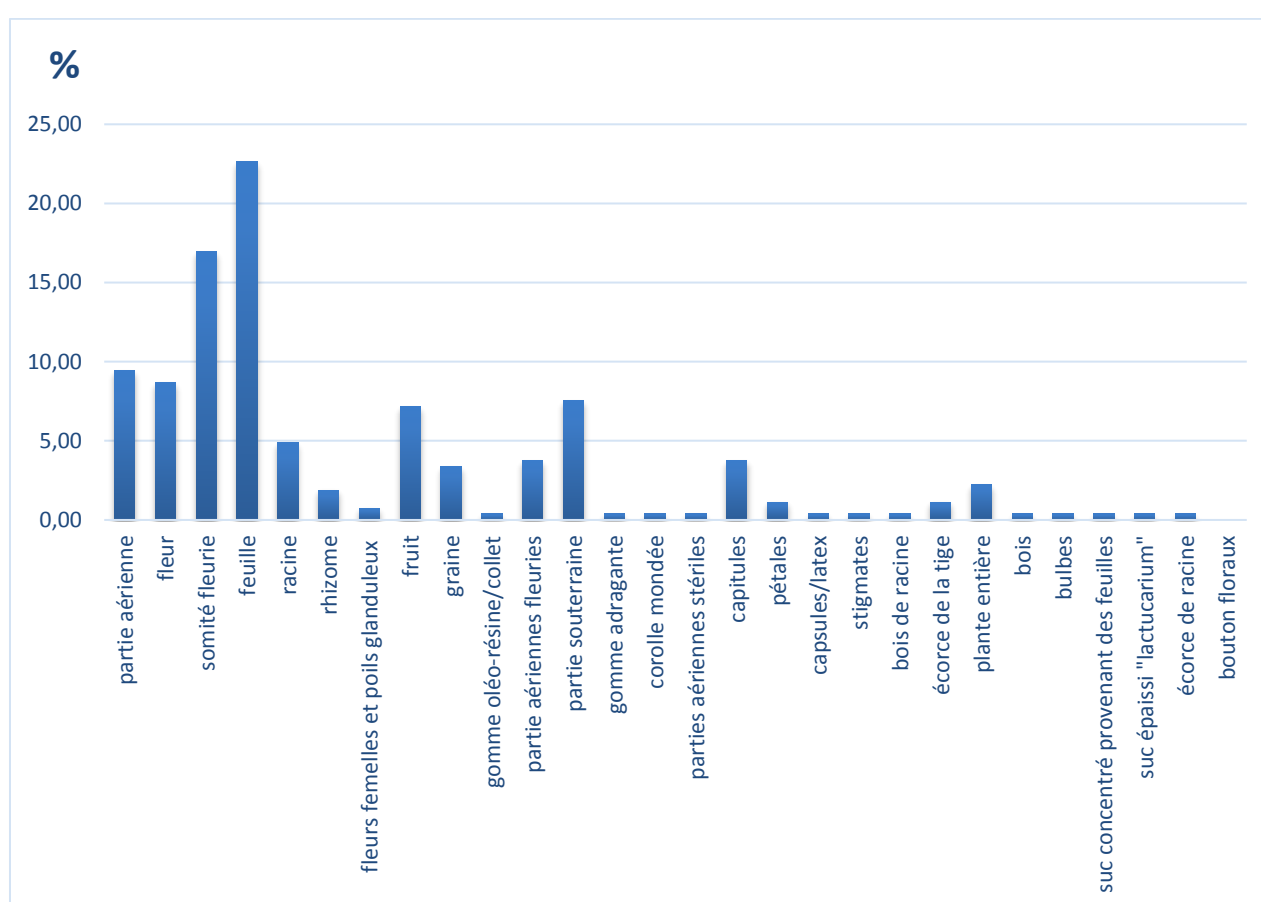
Achillea millefolium L.	Petasites hybridus (L.) Gaertn., B. Mey. & Scherb.
Agrimonia eupatoria L.	Plantago lanceolata L.
Calendula officinalis L.	Plantago major L.
Centaurea cyanus L.	Potentilla erecta (L.) Raeusch.
Chamaemelum nobile (L.) All.	Punica granatum L.
Chamaemelum nobile (L.) All. Var. 'flore pleno'	Rheum officinale Baill.
Chelidonium majus L.	Ruscus aculeatus L.
Crocus sativus L.	Salvia officinalis L.
Cucurbita pepo L.	Senecio vulgaris L.
Cucurbita pepo subsp "pepo"	Silybum marianum (L.) Gaertn.
Cucurbita pepo var styriaca	Tropaeolum majus L.
Cynoglossum officinale L.	Veronica officinalis L.
Lythrum salicaria	
Matricaria recutita L.	
Melilotus officinalis (L.) Lam.	

4.1.4 Proposition de modification de l'emplacement de certaines plantes

Nom scientifique	Usages traditionnels retenus pour la spirale	Propositions de modifications de l'emplacement des plantes dont les usages traditionnels et actuels ne correspondent pas
Achillea millefolium L.	emménagogues	système digestif/ système cutané
Agrimonia eupatoria L.	système cutané	anti virale
Calendula officinalis L.	emménagogues	système cutané
Centaurea cyanus L.	système respiratoire	système cutané
Chamaemelum nobile (L.) All.	emménagogues	système digestif/ système cutané
Chamaemelum nobile (L.) All. Var. 'flore pleno'	emménagogues	système digestif/ système cutané
Chelidonium majus L.	système cutané	système digestif
Crocus sativus L.	emménagogues	poussée dentaire douloureuse chez l'enfant
Cucurbita pepo L.	Vermifuges	système urinaire
Cucurbita pepo subsp "pepo"	Vermifuges	système urinaire
Cucurbita pepo var styriaca	Vermifuges	système urinaire
Cynoglossum officinale L.	système respiratoire	Aucuns intérêts thérapeutiques
Lythrum salicaria	système respiratoire	système sanguin/ système digestif
Matricaria recutita L.	emménagogues	système digestif/ système cutané
Melilotus officinalis (L.) Lam.	diurétiques et dépuratives	système cutané/système sanguin/ système digestif/ calmante
Petasites hybridus (L.) Gaertn. B. Mey. & Scherb.	système respiratoire	système urinaire
Plantago lanceolata L.	système respiratoire	système cutané
Plantago major L.	système respiratoire	système cutané
Potentilla erecta (L.) Raeusch.	système cutané	système cutané
Punica granatum L.	Vermifuges	les racines ne sont plus utilisées/ nombreux usages du fruit mais pas d'études pour en attester
Rheum officinale Baill.	laxatives et purgatives	calmante (poussée dentaire douloureuse chez l'enfant)
Ruscus aculeatus L.	diurétiques et dépuratives	insuffisance veineuse
Salvia officinalis L.	Emménagogues	système digestif
Senecio vulgaris L.	Emménagogues	système sanguin
Silybum marianum (L.) Gaertn.	diurétiques et dépuratives	système digestif
Tropaeolum majus L.	diurétiques et dépuratives	système respiratoire/ système cutané
Veronica officinalis L.	Toniques-Amères	arthrite et rhumatismes

- Certaines plantes comme la courgette (*Cucurbita pepo* L.) pourraient être déplacées dans des « catégories » existantes, en l'occurrence « système urinaire ».
- D'autre comme la véronique officinale (*Veronica officinalis* L.) qui est prescrite pour soigner l'arthrite et les rhumatismes pourraient faire l'objet d'une nouvelle catégorie si l'inventaire complet des plantes médicinales du JBHG révèle que cet usage est reconnu pour d'autres plantes.
- Enfin certaines plantes comme la cynoglosse officinale (*Cynoglossum officinale* L.) ne présentent « aucun intérêt thérapeutique » reconnu (Bruneton, 2009).

4.1.5 Organes des plantes utilisées en médecines moderne⁸



Le premier constat est la diversité des organes utilisés : toutes les parties des plantes sont utilisées pour confectionner des traitements. On constate que les parties aériennes des plantes sont les plus utilisées. Les organes les plus utilisés sont les feuilles, les fleurs, les sommités fleuries et l'ensemble de la partie aérienne. Ce qui s'explique peut-être, par le fait que « les feuilles, grâce à la photosynthèse sont le lieu de réactions biochimiques à l'origine d'un très grand nombre de métabolites secondaires » (Augerau, in Hallé 2008). Dans une moindre mesure sont utilisés les racines, l'ensemble des parties aériennes et les

⁸ Source listes A et B de l'ANSM

fruits. Certains organes sont propres à une espèce. Ainsi le « latex de capsule » correspond à la partie du pavot à opium (*Papaver somniferum L.*) qui est utilisée pour la fabrication d'anti-douleur comme la morphine, ou encore le « suc concentré provenant des feuilles » est propre à l'*Aloe vera (L.)*.

D'autre part on constate l'importance de la saison de la récolte par exemple, les principes actifs extraits des fleurs et des fruits doivent être récoltés au bon stade de maturité correspondant à un moment précis du cycle annuel (Augerau, in Hallé 2008).

4.2 Répartition des plantes médicinales par famille

Familles	%	Familles	%	Familles	%
Adoxaceae	1,03	Equisetaceae	0,51	Papaveraceae	3,59
Amaranthaceae	1,54	Ericaceae	1,54	Passifloraceae	0,51
Anacardiaceae	0,51	Euphorbiaceae	1,03	Plantaginaceae	2,05
Apiaceae	5,64	Fabaceae	3,59	Poaceae	2,05
Apocynaceae	2,56	Gentianaceae	1,03	Polygonaceae	1,54
Araliaceae	0,51	Geraniaceae	0,51	Primulaceae	1,03
Aristolochiaceae	0,51	Grossulariaceae	0,51	Rhamnaceae	0,51
Asparagaceae	1,03	Hamamelidaceae	0,51	Rosaceae	4,10
Asteraceae	15,90	Hypericaceae	0,51	Rubiaceae	0,51
Boraginaceae	4,62	Iridaceae	0,51	Rutaceae	0,51
Brassicaceae	3,08	Lamiaceae	13,85	Scrophulariaceae	0,51
Buxaceae	0,51	Lauraceae	1,2	Solanaceae	0,51
Cannabaceae	1,03	Linaceae	1,03	Tropaeolaceae	0,51
Caprifoliaceae	0,51	Lythraceae	1,54	Urticaceae	2,05
Caryophyllaceae	0,51	Malvaceae	1,54	Verbenaceae	1,54
Cucurbitaceae	3,08	Myrtaceae	1,03	Violaceae	1,03
Droseraceae	0,51	Paeoniaceae	0,51	Xanthorrhoeaceae	1,03
Dryopteridaceae	0,51			Zingiberaceae	1,03

Parmi les plantes inventoriées appartenant aux listes A et B de l'ANSM cinquante-quatre familles sont représentées, trois d'entre elles se détachent nettement par leurs effectifs : les Astéracées (15,9%), les Lamiacées (13,85%) et les Apiacées (5,64%).

Les Astéracées comptent environ 25 000 espèces à travers le monde, réparties en environ 1100 genres. En Midi Pyrénées, on trouve quelques 3000 espèces⁹. Ces plantes se caractérisent par des fleurs tubulées et/ou ligulées qui regroupées forment une

⁹ Botagora

capitule, d'où leur ancien nom « Composées ». Ce sont souvent des fleurs très colorées afin d'attirer les insectes qui assurent leur fécondation¹⁰ (ex : bleuet (*Centaurea cynus.L.*).

Les Lamiacées comptent 3200 espèces dans le monde réparties en 200 genres, en Midi Pyrénées 120 espèces ont été observées (30 genres). Ces plantes ont une tige en générale quadrangulaire. Les feuilles sont opposées décussées, sans stipules. L'inflorescence est groupée autour de l'axe et dans un même plan, n'entourant pas complètement la tige¹¹. Cette famille compte beaucoup de plantes aromatiques et ou condimentaires : la mélisse (*Melissa officinalis L.*), la menthe verte (*Mentha spicata L.*).

Les 3000 espèces d'Apiacées décrites dans le monde sont regroupées en quelques 420 genres. En Midi Pyrénées, environs 150 espèces et 60 genres sont recensées. Cette famille est très répandue dans les régions tempérées. Leur inflorescence se compose d'une ou plusieurs ombelles d'où leur ancien nom ombellifère (ex : *Pimpinella anisum L.*).

4.3 Répartition géographique et exemples d'adaptation des plantes médicinales en fonction de leurs milieux

Comme nous l'avons vue dans la partie historique de la phytothérapie, les plantes médicinales ont fait l'objet d'échanges très anciens entre différentes sociétés humaines occupant des biomes aux climats différents. Ce qui implique un élargissement de l'aire de répartition de certaines de ces plantes suite à des échanges et des procédés d'acclimatation. D'autre part les plantes médicinales sont la seule source de traitement pour plus de 80% de la population mondiale (Augereau, in Hallé 2008). Celle-ci n'a pas accès à la médecine moderne qui a un coût important alors que les traitements végétaux sont plus accessibles. Dans ce contexte, il semble intéressant de savoir dans quelles régions du monde les plantes médicinales sont les plus présentes et peuvent être considérées comme une ressource locale pour les sociétés humaines.

Nous allons maintenant voir comment se répartissent les plantes inventoriées au jardin Botanique appartenant aux listes A et B en fonction des grands espaces climatiques.

4.3.1 Définition des grands biomes terrestres

La notion de biome a été développée au début du XXème siècle aux Etats-Unis, suite aux travaux d'écologues comme Shelford, Clements ou Forbes. Cette notion vise non plus à développer les connaissances sur les communautés végétales mais à travailler sur les communautés animales et leurs relations avec la phytocénose* en les replaçant dans « une écologie des successions biotique », c'est à dire dans un milieu qui évolue d'un stade initial à une formation climacique théorique. Pour Shelford (1931, in Acot 1988) le biome peut

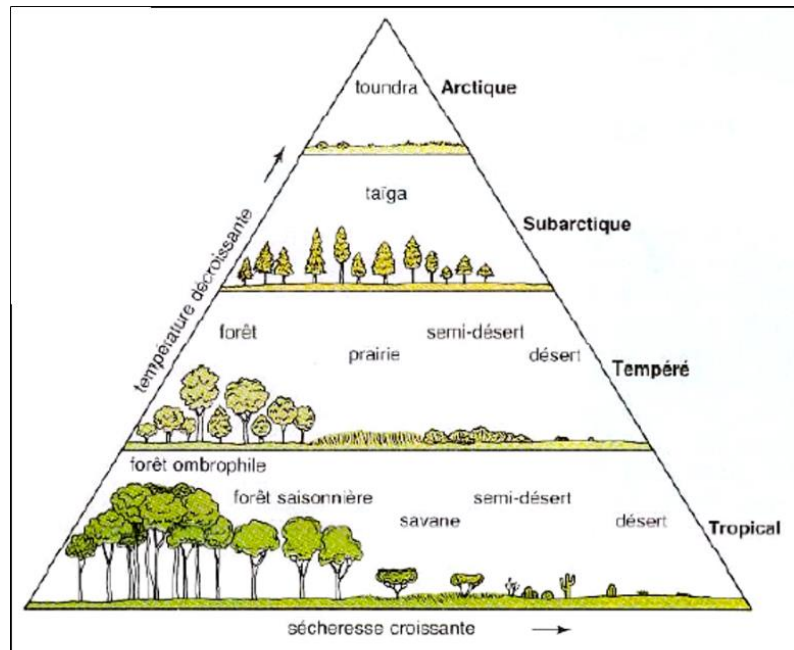
¹⁰ Source INRA (<http://ephytia.inra.fr/fr/C/11480/hypp-Asteraceae-Asterales>)

¹¹ Source Midi Pyrénées Nature (Botagora)

se définir comme : « l'entité et l'unité biogéographique que constitue une formation végétale et la formation animal qui lui correspond ».

Le nombre de biomes à la surface du globe varie selon les auteurs et le degré de précision souhaité ; les différences peuvent donc être importantes selon les sources. Cela s'explique par le fait que la démarche typologique n'a jamais donné lieu des catégories claires et indiscutables. En France on a longtemps préféré à la notion de biomes les notions de milieux terrestres ou de paysages végétaux.

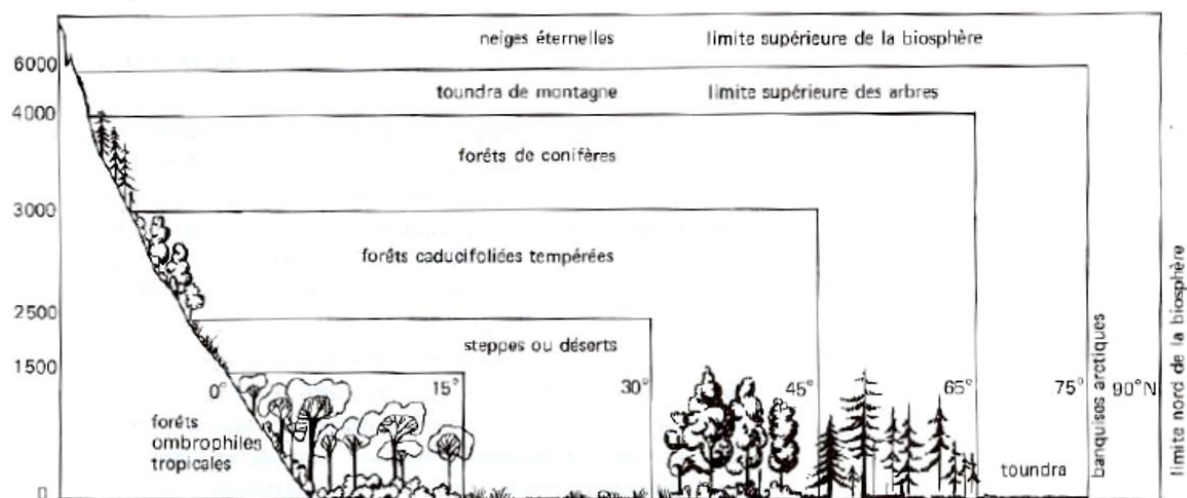
En effet la biodiversité n'est pas répartie de manière homogène à la surface de la Terre. Les naturalistes, dès le XVIIIème siècle ont essayé d'en définir les grandes figures spatiales. Ils ont constaté une relation forte entre d'une part la forme et les caractéristiques de la végétation et d'autre part les variations du climat (cf. fig. : Distribution des grands biomes en fonction de la température et de la pluviométrie). Ce constat d'une différence spatiale



Distribution des grands biomes terrestre en fonction de la température et de la pluviométrie (Mader, 1988)

horizontale à la surface du globe a permis d'élaborer la loi de la zonalité telle que « dans chaque zone climatique, le sol issus de roche-mère différentes et les biocénoses correspondantes tendent à converger vers un type assez uniforme, sinon unique » (Godron, 1984). Pour Ramade 1994, il existe une corrélation entre la répartition latitudinale et altitudinale des grands biomes terrestres (cf. fig. n° : corrélation entre la répartition latitudinale et altitudinale des grands biomes terrestres).

Corrélation entre altitude et latitude (Ramade, 1994)



Il faut aussi prendre en compte le fait que les activités humaines, en particulier depuis la révolution industrielle, provoquent des modifications du climat à l'échelle de la planète. Ce phénomène global a tendance à modifier la zonalité des biomes (fontes des glaces, déplacement d'espèces animales et végétales) (Bremond, 2005).

La différence entre les différents biomes est leur degré de productivité primaire¹² et leur biomasse. Ce gradient est décroissant de l'équateur aux pôles que ce soit pour la végétation ou la faune. Pour Ricklefs et Miller (2005) : « Les biomes organisent la diversité du monde vivant à grande échelle ». C'est-à-dire que le biome correspond à une aire bioclimatique et à une formation écologique homogène à l'échelle continentale ou sous continentale. Toutefois à cette échelle les biomes ne reflètent pas la diversité des gradients de végétation qui résultent de conditions climatiques régionales particulières comme c'est le cas par exemple de l'étagement de la végétation en montagne.

Enfin dans la mesure où les plantes inventoriées sont des plantes terrestres je ne me suis pas intéressé aux biomes aquatiques ou marins qui couvrent pourtant la plus grande partie de la Terre.

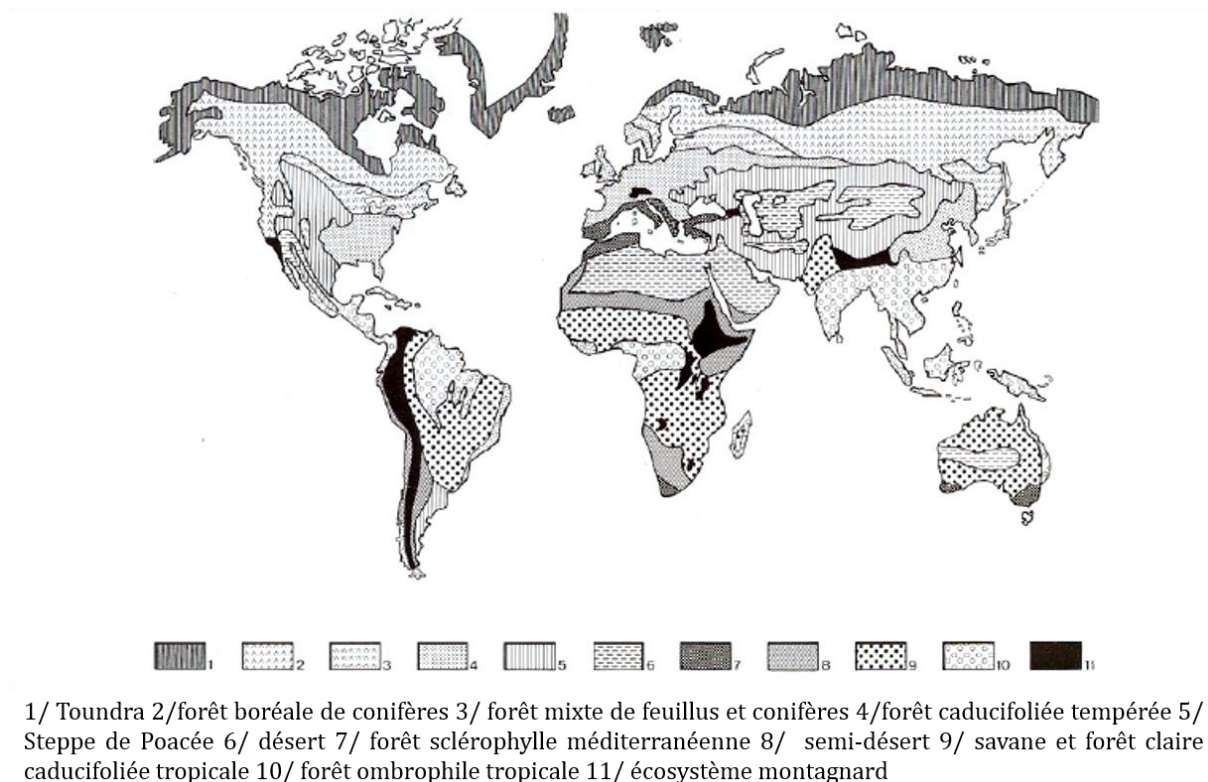
4.3.2. Caractéristiques des différents biomes émergés

Comme nous l'avons vu ci-dessus le nombre de biomes terrestres à la surface de la terre varie selon les auteurs et le degré de précision nécessaire à l'étude d'un phénomène donné. Il a donc été nécessaire pour mon travail sur la répartition des plantes médicinales que je choisisse un degré de précision suffisant qui fasse consensus. J'ai opté pour la « Distribution des grands biomes continentaux » (Ramade, 1994) car c'est celle qui a été

¹² Désigne en écologie la production de matière organique végétale (biomasse), issue de la photosynthèse, par des organismes autotrophes, dits producteurs primaires. Elle traduit la vitesse à laquelle se forme, par unité de temps, une quantité donnée de matière organique, à partir de la matière minérale et d'un apport d'énergie. Elle s'exprime en masse de carbone assimilée par unité de temps.

retenue dans le cours de G. Briane sur lequel je me suis appuyé pour rédiger cette partie.

Distribution des grands biomes immergés (Ramade, 1994)



Parmi les différents biomes on peut distinguer les formations herbacées et les forêts. Les premières sont les plus importantes, elles couvrent environ 33% des terres émergées alors que les forêts en couvrent 24% (Demangeot, 1996, in (Bremond, 2005). On trouve des biomes des régions froides, des régions tempérées, des régions méditerranéennes, des régions sèches et des régions tropicales.

Biomes des régions froides :

- **La montagne** : présente sur tous les continents et sous toutes les latitudes, elle se caractérise par une pente et une dénivellation importante qui amplifie les phénomènes liés à la gravité (érosion, mouvement de terrain...). D'autre part les facteurs altitudinaux et biogéographiques expliquent la présence de limites (limite de l'arbre, limite de la neige) et un étagement variable selon la latitude et l'exposition. Pour Soutadé, 1991 « l'étagement des cadres de vie est la meilleure expression de la spécificité montagnarde ». Dans les montagnes tempérées les feuillus occupent les étages les plus bas (collinéens, montagnards) puis laissent progressivement place aux conifères (étage subalpin). « Les traits vraiment originaux de la montagne n'apparaissent qu'à partir de l'étage subalpin où commencent à s'imposer dans le paysage les orophytes*, les endémiques* et les plantes vivaces au fur et à mesure où s'accroissent que les facteurs typiquement montagnards que sont le vent, le froid et l'insolation » s'accroissent (Soutadé, 1991). Un autre caractère commun aux montagnes du monde entier est l'appareil

floral de la végétation alpine marqué par « l'éclat des fleurs et la soudaineté de la floraison ». Les biomes montagnards ont été très impactés par les activités humaines (agriculture, exploitation forestière, aménagement...).

- **Toundra** : la toundra est une formation basse, herbacée, à hémicryptophytes* ou à chasmophytes* qui résulte de conditions climatiques particulièrement extrêmes. En effet elle s'étend autour du cercle polaire arctique (Canada, Alaska, Russie) et à haute



6 : Toundra sibérienne (source Google image)

altitude dans certaines chaînes montagneuses. La température moyenne annuelle est inférieure à 0°C et la durée des températures supérieures à 0°C est inférieure à trois mois. Les températures très basses qui ne dépassent jamais 10°C s'accompagnent de vents violents ce qui est un facteur limitant pour le développement d'une strate arborée. Les sols gorgés d'eau sont le plus souvent gelés en profondeur. On y trouve des Saules rampant, des bouleaux nains, des bruyères, des carex mais la végétation est principalement composée de mousses et de lichens. (Notion de plantes pionnières ??)

- **La forêt boréale (Taïga)** : ces forêts sont présentes uniquement dans l'hémisphère Nord (Amérique du Nord et Sibérie), sous des latitudes comprises entre 45 et 57° de latitude Nord. Elles représentent 40% des forêts mondiales et se développent sur des territoires où les températures sont basses (inférieures à 0°C pendant au moins six mois dans l'année), l'amplitude thermique y est importante. Les sols dégèlent en



7 : Forêt boréale canadienne (source Google image)

surface sur un à deux mètres mais restent gelés en profondeur. Ils sont jeunes et peu évolués du fait de la déglaciation récente, de la présence d'eau stagnante et de dépôts morainiques. Les sols sont acides du fait des dépôts siliceux et de la mauvaise décomposition de la matière organique issue des forêts de conifères. La flore est peu diversifiée en genres et en espèces. Ces forêts sont composées principalement de conifères (épicéa, mélèze, sapin) dont la résine permet une meilleure résistance de l'arbre au froid. On y trouve aussi quelques feuillus comme le tremble ou le bouleau. Le sous-bois est aussi pauvre en espèces et composé d'Ericacée comme la canneberge ou la bruyère. Ces forêts se caractérisent par leur homogénéité et leur pauvreté floristique. Dans leurs limites nord, les milieux

tourbeux sont fréquents du fait de l'hydromorphie et de l'acidité importante des sols et des basses températures.

Biomes des régions tempérées :

- **La forêt tempérée** : elle s'étend entre 40 et 50° de latitude Nord (façade pacifique américaine et asiatique, Europe de l'ouest). Il s'agit surtout de forêts caducifoliées parfois associées à des résineux avec une période végétative de 4 à 7 mois. Ces forêts sont dominées par la famille des Fabacées (chêne, hêtre, aulne...) sont marquées par une forte stratification verticale. Il y a quatre saisons avec une opposition marquée entre l'été et l'hiver. L'amplitude thermique est faible avec des hivers doux et des étés rarement marqués par les sécheresses. L'humidité de ces forêts favorise la pédogénèse* : en effet, la présence de feuillus dont la décomposition des feuilles par minéralisation de la matière organique forme généralement des sols de type mull (sol brun forestier à humus doux). La présence ponctuelle de résineux peut entraîner la formation de sols podzoliques acides. Même si ces formations présentent de nombreuses similitudes, la biodiversité des forêts tempérées américaines est plus importante que celle des forêts d'Europe (effet des glaciations en Europe à l'ère quaternaire). Ces forêts ont subi une anthropisation importante et ancienne.
- **La lande** : elle peut être naturelle du fait des conditions topo morphologiques particulières (roches affleurantes, exposition aux vents violents). Mais le plus souvent elle résulte de la dégradation de forêts de feuillus par les activités humaines et peut évoluer vers la reconstitution de la forêt. Les sols présentent des caractéristiques intermédiaires entre la prairie et la forêt. Ils dépendent de la densité et des caractéristiques du couvert végétal. Par exemple la terre de bruyère est un sol acide plus ou moins podzolisé et lessivé. Les végétaux sont souvent persistants et xéromorphes du fait du manque de nutriments et de l'exposition au vent.
- **La friche tempérée** : elle résulte de l'évolution en plusieurs stades de la végétation après une perturbation du milieu. Le premier stade est composé de plantes herbacées annuelles et nitrophile (chénopodes, fumeterres, lamiers) qui s'implantent rapidement après l'abandon d'une parcelle agricole par exemple. C'est la friche basse. Le second stade (friche haute) apparaît deux à trois ans après l'abandon, ce sont des plantes vivaces (rumex, orties, bardanes) et des lianes (liserons). La fruticée est le dernier stade avant la forêt. Elle est caractérisée par la présence de ligneux, d'abord des buissons (aubépine, prunelier), puis des arbres pionniers (bouleau, merisier).
- **La prairie continentale** : on la rencontre sous les climats tempérés continentaux avec hivers rigoureux (4 à 5 mois avec des températures inférieures à 0°C) et des étés chauds et secs peu propices au développement de la forêt. Les précipitations sont faibles (500mm/an) associées à des vents desséchants. La végétation est composée de poacées, d'astéracées, de fabacées et de plantes bulbeuses. Ce sont des sols riches de type « terres noires » propice aux cultures céréalières. Ces

biomes ont donc souvent été mis en cultures, il en résulte des formations dégradées.

- **La forêt mixte** : elle est composée d'un mélange de résineux et de feuillus, en ce sens elle est proche des forêts des régions froides. Elle se forme sur des sols hydromorphes (ex : forêt de Biebrza en Pologne). On rencontre ces formations dans le Nord de la Chine, dans l'Est et le Nord de l'Europe, et dans le Nord-Est des USA.

Biomes des régions sèches :

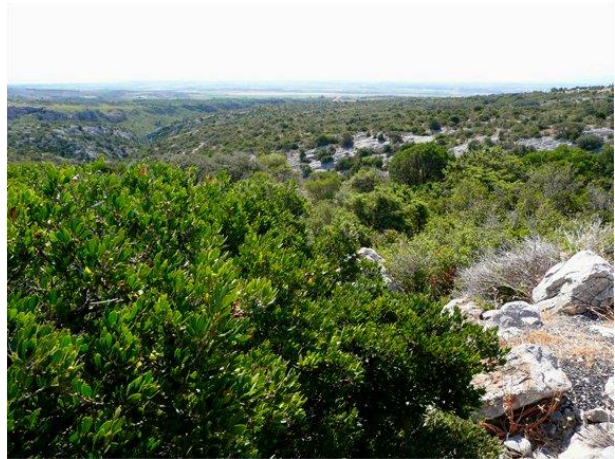
- **La steppe** : ce terme vient du russe et désigne de vastes étendues au relief peu marqué et dépourvues de strates arborescentes. Les précipitations y sont faibles avec une période de sécheresse de trois à cinq mois. Ces paysages sont donc dominés par des groupements herbacés xérophiles*. Les sols sont



8 Steppe de Mongolie (source Google image)

- souvent de type tchernozyms*. Ils sont souvent issus de loess* à granulométrie fine et ont un horizon humifère important. La litière se transforme rapidement en humus.
- **Le désert** : désigne un territoire où les précipitations sont très faibles (inférieures à 200mm/an), les températures moyennes élevées (25/30°C) et l'insolation très importante (3500 heures de soleil/an). De plus l'amplitude thermique entre jour et nuit peut être extrême. Ces biomes se trouvent aux latitudes intertropicales et dans des conditions propres à certaines chaînes de montagne (désert d'Atacama). La végétation est rare et dominée par les therophytes* et éphémérophytes* capables de germer, fleurir et fructifier en quelques semaines si les conditions sont favorables. On note aussi la présence d'arbustes persistants xérophytes et de plantes succulentes (Cactacées, Euphorbiacées...).

Les formations végétales méditerranéennes : ce biome correspond à l'aire de répartition de l'olivier, limitée au nord par le froids et les chaines montagneuses et au sud par la sècheresse. La végétation est thermophile avec beaucoup de sclérophylles et nécessite des hivers doux. Les conditions pédologiques sont importantes pour la formation des différents paysages végétaux méditerranéens.



9 Maquis France (66) (source Google image)

- Ainsi la forêt méditerranéenne est présente en Turquie, au Moyen-Orient, au Portugal entre 30° et 40° de latitude Nord mais aussi en Australie, en Californie, et en Afrique du sud. On y rencontre des chênes sclérophylles adaptés à la sécheresse, et plus largement un mélange de plantes des régions tempérées et tropicales. Cette forêt est composée de feuillus persistants (chênes verts, chênes lièges) et de résineux (pins parasol, pins d'Alep).
- La garrigue est une formation buissonnante d'une hauteur inférieure à deux mètres et composée de végétaux ligneux (genévrier cale, lavande, thym, chêne kermès...). Elle correspond à la dégradation de la yeusaie* et se développe sur calcaire et mince (brun et rendzine*). C'est une formation fortement anthropisée, par endroit : défrichements, pâturages, brulis*, et érosion ont entraîné la disparition de la couche d'humus d'où des zone de « troues ».
- Le maquis s'implante sur des sols acides de type ranker* (en Corse, dans les Maures), la végétation y est calcifuge* et silicicole (Arbousier, Bruyère arborescente). Plus haute et dense que la garrigue avec beaucoup de végétaux épineux, le maquis est difficilement pénétrable. Cette formation est fréquemment sujette aux incendies.

Biomes des régions tropicales :

- **La savane :** est une formation herbeuse composée principalement de graminées pérennes capables de rester en dormance pendant la saison sèche et de germer lorsque les conditions sont favorables. Par endroit on y rencontre des arbres isolés (baobab, Acacia...). La savane se trouve entre les deux tropiques sur des sols souvent ferrugineux. Ce paysage végétal peut résulter de facteur zonaux ou de l'anthropisation.



10: Savane, Afrique tropicale (source Google image)

La forêt tropicale : c'est un écosystème complexe qui se caractérise par des températures élevées. Cette forêt est présente entre 15° de latitude Nord et 15° de latitude Sud. Elle renferme une biodiversité beaucoup plus importante que les forêts tempérées d'Europe. La stratification de cette forêt est aussi plus complexe avec une strate arborescente (canopée), une strate arbustive, une strate herbacée et une strate lianéscente

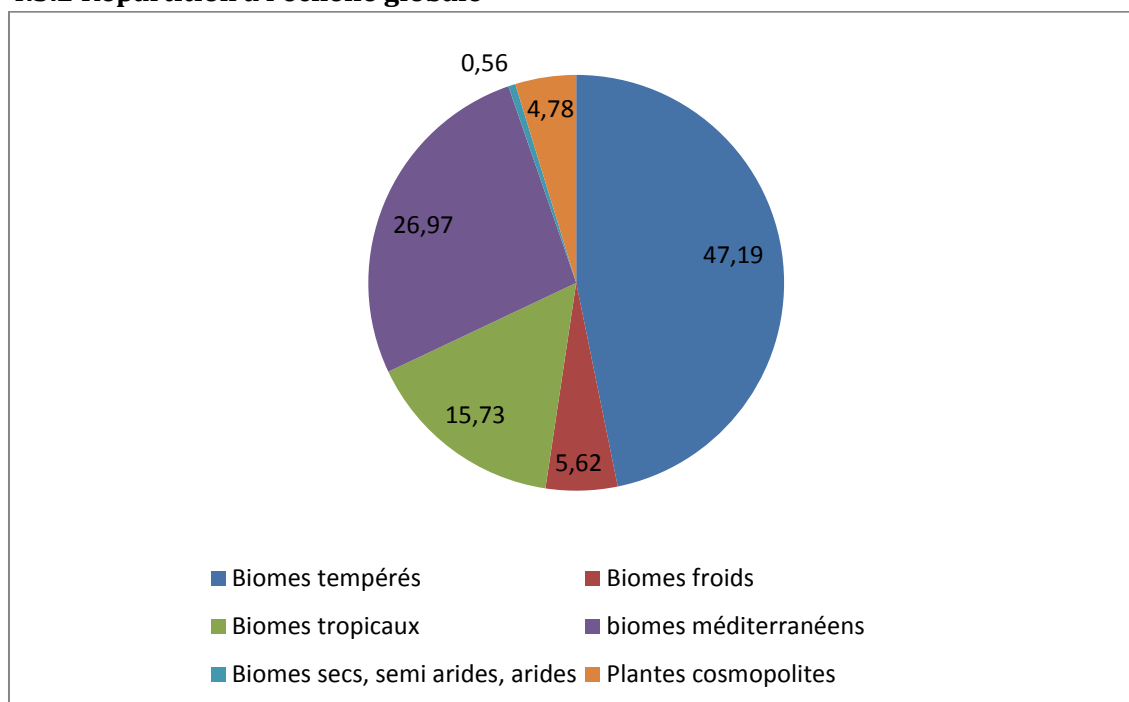


11 : Chablis, forêt ombrophile, Amérique du sud (source Google image)

auxquelles il faut ajouter les plantes épiphytes* (Orchidées, Broméliacées...). L'enracinement des arbres est superficiel ce qui favorise les phénomènes de chablis et la croissance rapides des arbres pionniers. Les sols sont ferralitiques*, riches en oxyde de fer et en alumine, le lessivage est intense avec la formation de minéraux argileux.

- **La forêt ombrophile ou rain forest :** elle est présente sous les climats les plus humides (1500mm/an) avec une période de sécheresse inférieure à trois mois, souvent entre 10° de latitude nord et 10° de latitude sud. Il s'agit d'une forêt sempervirente avec un enracinement superficiel, les feuilles sont grandes et rigides. Les lianes et les plantes épiphytes sont abondantes, ce sont les forêts les plus riches en biodiversité.
- **La forêt tropophile ou forêt décidue sèche tropicale et subtropicale :** est une forêt sèche avec arbres caducs, on la trouve dans les régions tropicales contrastées avec une période sèche marquée pendant quatre à neuf mois (ex : forêt de teck au Décan). Il s'agit du biome le plus répandu des régions tropicales. Il a été très impacté par les activités humaines en particulier l'agriculture.
- **La forêt mésophile :** ce sont les forêts de mousson d'Asie du Sud-est. Elles sont semi-décidues avec des arbres qui perdent leurs feuilles à la saison sèche, ce qui permet la pénétration de la lumière et favorise le développement d'une strate herbacée riche en graminées. La strate arbustive compte beaucoup d'espèces sempervirentes.

4.3.2 Répartition à l'échelle globale¹³



Les plantes inventoriées appartenant aux listes de l'ANSM sont principalement des plantes présentes dans les régions tempérées et méditerranéennes : respectivement 47,19% et 26,97% soit 74,16% de l'ensemble. Cela s'explique probablement par la situation géographique de Toulouse, à la limite entre climat tempéré océanique et climat méditerranéen.

Certaines plantes tropicales sont toutefois présentes (comme le curcuma (*Curcuma longa* L.) ou le gingembre (*Zingiber officinale* Roscoe) originaire d'Asie tropicale. Elles représentent 15,73%.

Les plantes présentes dans les régions froides représentent 5,62% c'est par exemple le carvi (*Carum carvi* L.) présent en Sibérie.

Les plantes des milieux arides ou semi-arides sont très peu représentées avec moins de 1% c'est l'aloë vrai (*Aloe vera* L.) qui est planté en pot et qui est rentrée en serre l'hiver.

On trouve quelques plantes cosmopolites c'est-à-dire présentes dans de nombreuses régions aux conditions écologiques différentes, ce sont souvent des espèces cultivées comme l'avoine cultivée (*Avena sativa* L.).

Les plantes médicinales inventoriées inscrites dans les listes de l'ANSM sont présentes sous différents climats malgré le fait que les climats méditerranéen et tempéré soient largement plus représentés. Ces plantes doivent parfois faire face à des conditions extrêmes comme c'est le cas dans les régions boréales où le froid est le principal facteur

¹³ Source : <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx> et telabotanica.org

limitant de la végétation. Dans les biomes arides ou semi arides voir méditerranéens le manque d'eau oblige les végétaux à s'adapter.

4.1.3 Exemple d'adaptation au milieu : le froid et la sécheresse

Les formes et les stratégies d'adaptation des plantes à leurs milieux sont très nombreuses et diversifiées : adaptation au feu, au sel, à l'ombre etc... ici nous nous limiterons aux stratégies d'adaptation aux milieux froids et aux milieux secs.

L'adaptation aux milieux froids :

Les températures et les précipitations sont des facteurs déterminant de la répartition de la végétation à la surface du globe. Si les températures supérieures à 40°C perturbent le fonctionnement des protéines, à l'inverse celles inférieures à 0°C peuvent provoquer le gel de l'eau et des liquides biologiques et entraîne la mort de la plante. Ce qui oblige les végétaux à mettre en place des stratégies adaptatives. Ces plantes adaptées aux températures négatives se rencontrent à proximité des pôles et en haute altitude car la résistance des plantes au froid augmente avec la latitude (Ozenda 1985, in Hallé 2008), mais aussi avec l'altitude.

Face au froid on constate deux stratégies principales :

L'évitement : la plante évite que le froid n'atteigne les tissus de l'organisme. Pour cela la taille, la forme ou l'implantation de la plantes sont des solutions évitement car contrairement aux animaux, qui peuvent se déplacer (ex : migrations saisonnières, hibernation), les plantes sont fixes.



12: *Salix arctica* (source Google image)

Dans les régions les plus froides comme la Toundra ou les étages les plus hauts des montagnes les plantes sont souvent de petites tailles ce qui leur permet de profiter de températures moins froides au niveau du sol ou de la protection de la neige, la température sous 40 cm de neige restant proche de 0°C. Cette petite taille limite aussi l'action du vent et de la neige qui peuvent casser les branches (ex : *Salix arctica* Pall.).

Le port en coussin permet à la plantes de réduire sa surface exposée au froid et de limiter la perte de chaleur, cette forme est très courante en montagne au-dessus de la limite de l'arbre (ex *Androsace helvetica* L.). D'autre part, elle limite la prise au vent et l'évapotranspiration ce qui explique que l'on rencontre ce port en boule aussi chez des végétaux des milieux secs. Ces plantes jouent un rôle important dans les écosystèmes car des espèces végétales et animales profitent du microclimat créé par les coussins pour se protéger du froid.

Les plantes à port pachycaule sont caractéristiques des hautes montagnes tropicales (au-dessus de 3500-4000 mètres). On retrouve aussi cette forme d'adaptation dans des régions froides non tropicales comme les îles Kerguelen. Ces plantes ne possèdent qu'un seul méristème* protégé par une rosette de feuilles. Sa température ne descend pas en dessous de 0°C, il produit des feuilles et assure la croissance de la plante pendant plusieurs années avant de fleurir et assure ainsi la survie et la reproduction de la plante.



13: *Androsace Helvetica* L. (source Google image)

Le port en touffe répandu chez les Poacées et le Cyperacées offre un microclimat favorable d'un point de vue thermique et hydrique.

La présence de poils isolant permet à certaines plantes de hautes montagnes comme l'edelweiss (*Leontopodium alpinum* Cass.) de se protéger du froid. Ils permettent aussi de réfléchir une partie des rayonnements solaires en excès et limite l'effet desséchant du vent. Cette forme d'adaptation peut se combiner avec d'autre comme le port en coussin ou le port pachycaule.



14: *Leontopodium alpinum* (source google image)

La tolérance : le froid atteint les tissus mais la plante a mis en place des moyens afin d'éviter que ses cellules ne gèlent.

Afin d'éviter que l'intérieur des tissus ne gèle certaines plantes abaissent le point de congélation des liquides cellulaires. En effet si l'eau pure gèle à 0°C, l'eau contenant du sucre gèle à des températures d'autant plus basses que la concentration est importante. Cette stratégie a une efficacité limitée mais elle permet au végétaux de résister à des températures de -5°C.

La surfusion est une propriété physique qui permet aux liquides de ne pas geler en

dessous de leur point de congélation. Cette propriété est d'autant plus importante que la plante a la capacité d'éliminer les noyaux de nucléation responsable de la formation des premiers cristaux de glace. Cette capacité très efficace, permet aux plantes de résister à des températures de -40°C . Elle augmente avec l'altitude (D. Côme 1992). Ainsi on observe une corrélation entre l'aire de répartition du Bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), arbre emblématique de la forêt boréale du Canada et l'isotherme -40°C .

Le bouleau du Canada (*Betula papyrifera* Marshall) supporte des températures inférieures à -40°C grâce à une dessiccation poussée des cellules. L'eau contenue à l'intérieur des cellules est transportée à l'extérieur de la cellule jusqu'à ce que celle-ci ne contienne plus d'eau congelable. Ce phénomène permet à l'arbre de protéger ses tissus conducteurs de sèves et ses bourgeons.

La réviviscence* est une capacité de résistance face au froid et à la sécheresse rencontrée chez certains organismes vivant (lichens, mousses) qui leur permettent de survivre à des températures de -195° (Rascio, 2005). Il s'agit d'un état de déshydratation extrême (perte de 90% de l'eau) associé à un état de vie ralentie. Les activités physiologiques de l'organisme reviennent à la normale lorsque l'eau est disponible et les températures clémentes.

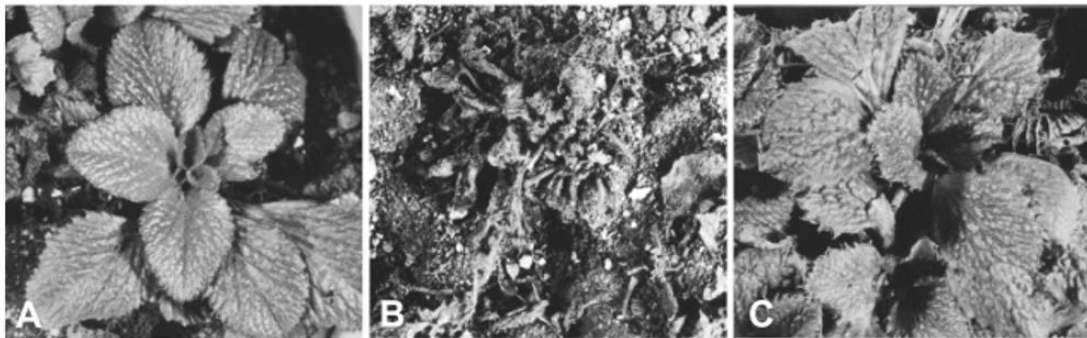


FIG. 1. The resurrection plant *Ramonda nathaliae* Panc. et Petrov (Gesneriaceae). (A) fully hydrated plant. (B) desiccated plant. (C) plant rehydrated for 24 hours.

15: réviviscence (source: Rascio 2005)

L'endurcissement* est une capacité d'adaptation des plantes à supporter des températures très basse pendant les saisons froides alors qu'elles ne les supporteraient pas pendant les saisons chaudes. Cette capacité demande une grande quantité d'énergie à la plante, elle ne se met donc en place qu'à l'automne. Elle correspond à une modification des propriétés des membranes cellulaires, accumulation de sucres etc... l'endurcissement est déclenché par les premières températures négatives et la diminution de la longueur du jour grâce aux phytochromes*. Ainsi le Pin Cembro (*Pinus cembra* L.) présent à l'étage subalpin dans les Alpes survit à des températures de -40°C l'hiver alors qu'il ne tolère pas des températures inférieures à -5°C en été.

Le froid est un agent stressant qui agit rarement seul, il peut être associé au manque de nutriments par exemple, comme c'est le cas dans les tourbières très fréquentes à la limite entre la forêt boréale et la Toundra ou en montagne. Ainsi les plantes carnivores capturent

des insectes qu'elles digèrent ensuite grâce à des enzymes*. Les insectes constituent donc une source de matières azotées et de minéraux qui fait défaut au milieu. La capture et la digestion des insectes leur demande beaucoup d'énergie qu'elle trouve dans l'eau la lumière et le carbone.

Adaptation à la sécheresse.

L'eau est indispensable aux cellules vivantes, or les plantes contrairement aux animaux terrestres ont un système circulatoire ouvert. L'eau pénètre dans la plante, en générale par les racines et s'évapore au niveau des parties aériennes : c'est la transpiration. Il en résulte l'aspiration foliaire qui est l'un des mécanismes qui permet la « montée » de la sève brute dans les parties aériennes où se déroule la photosynthèse. Si certains animaux peuvent vivre en recyclant une grande partie de l'eau nécessaire à leur survie, les plantes doivent mettre en place d'autres stratégies. En dehors de la réviviscence déjà développée plus haut les plantes peuvent soit capter un maximum d'eau disponible et la stocker, soit l'économiser au maximum.

Lorsqu'il s'agit de capter l'eau le rôle du système racinaire est essentiel. Beaucoup de plantes ligneuses des régions sèches ou arides ont un système racinaire qui descend jusqu'à dix mètres de profondeur. C'est le cas du chêne kermès (*Quercus coccifera* L.) dans les garigues méditerranéennes, ce qui lui permet de s'implanter sur des roches à nu et de profiter des fissures pour atteindre les dépressions en profondeur où s'accumule l'eau de pluie. Un arbuste du désert du Néguev (*Zygophyllum dumosum* Boiss.) développe un système racinaire superficiel et éphémère lors des pluies abondantes. Celui-ci disparaît lorsque la sécheresse revient (Berthet, in Hallé 2008).

Toutefois les racines ne sont pas les seuls organes capables de capter l'eau, les parties aériennes en sont aussi capables en particulier le feuillage. La rosée constitue alors une ressource en eau essentielle dans certaines régions désertiques. Cette ressource en eau n'est pas explicitement prise en compte dans les études sur l'humidité des sols car elle représente de très faibles volumes (rarement plus de 0,5mm/nuit) difficiles à mesurer. Pourtant elles jouent un rôle essentiel dans les processus physiques et biologiques des écosystèmes des régions arides et semi-arides, qui se caractérisent par des précipitations faibles ou négligeables et où l'eau est un facteur limitant (Chen, 2013).

Dans les déserts côtiers longés par des courants marins froids, l'humidité atmosphérique se condense sous forme de brouillard (désert d'Atacama, désert de Namibie). Dans le Nord du Chili, le Humboldt* entraîne la formation d'un brouillard (la camanchaca) qui entoure les contreforts des Andes entre 400 et 800 mètres d'altitude. C'est l'habitat de grandes Cactacées du genre *Eulychnia* recouverte de lichens -ce qui indique un brouillard fréquent. Dans cette région où les précipitations sont extrêmement faibles (0,6 mm/an), ces plantes survivent en absorbant l'eau du brouillard grâce à des aiguillons très développés qui jouent un rôle de capteur d'eau atmosphérique.

L'évaporation de l'eau dans les feuilles a un rôle essentiel pour la plante puisqu'elle contribue à la circulation de la sève brute. Pourtant lorsque l'eau se fait rare certaines plantes limitent cette évaporation pour économiser l'eau indispensable à leur survie.

L'économie d'eau

La solution la plus simple mise en place par les végétaux des régions tropicales à saison sans sèches marquées est de se débarrasser de leurs feuilles. Elles tombent au début de la saison sèche et sont remplacées avec le retour des précipitations. Pendant cette période la photosynthèse est ralentie mais elle se poursuit parfois dans les rameaux et les tiges. On trouve ces forêts caducifoliées au Sahel, au Brésil, à Madagascar ou en Australie.

Ces plantes « caduques » cohabitent avec des plantes à feuillage persistant qui utilisent d'autres « mécanismes » pour limiter l'évaporation foliaire et donc la perte en eau. Le feuillage des plantes est recouvert d'un « vernis » : la cuticule*. Celle-ci, beaucoup plus épaisse chez les végétaux des milieux secs, constitue un frein à l'évaporation. De plus les végétaux persistant des régions sèches ont souvent des feuilles de petite taille ce qui limite la surface foliaire et l'évaporation (ex : *Juniperus communis* L.).



16 *Asplenium ceterach* avec détail de la feuille (source Google image)

Le rôle des stomates* est aussi important lorsqu'il s'agit d'économiser l'eau car ce sont les points de passage de l'évaporation. La plante confine l'air là où ils se trouvent généralement sur la face antérieure des feuilles, de manière à former une « chambre humide » où le renouvellement de l'air sera ralenti, ce qui limitera la perte d'eau. Le confinement de l'air autour des stomates se présente de diverses façons : le Ceterach (*Asplenium ceterach* L.) présente des écailles membraneuses sur la face inférieure de ces feuilles. La lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) et le romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) ont les stomates sur le bord des feuilles. Pour économiser l'eau les feuilles s'enroulent et forment une chambre humide. Les

poacées ont les stomates sur la face supérieure, lorsque la plante se déshydrate les feuilles se replient vers le haut formant ainsi une chambre humide (Berthet, in Hallé 2008).

Chez les succulentes, plantes dont les tissus sont gorgés d'eau, la réduction de la surface par rapport au volume conduit à des formes globuleuses. Les crassulacées auxquelles appartiennent les orpins ont un feuillage très charnu. D'autres succulentes comme les cactacées ont non seulement pas de feuillage à proprement parlé, seulement des écailles éphémères et non fonctionnelles. La photosynthèse est assurée par la tige charnue. Certaines cactacées sont recouvertes d'aiguillons courts, souple et blanchâtre qui forme une sorte de « duvet » et recouvre la partie verte de la plante. Ces poils ont une double fonction : ils

réfléchissent la lumière et réduise la température de l'épiderme et ralentissent la circulation de l'air créant une atmosphère confinée plus humide (ex: *Oreocereus leucotrichus Phil.*).

Stockage de l'eau :

Les plantes stockent l'eau dans les vacuoles* de leurs cellules, dans le cas des cactacées cette eau est retenue par un mucilage*. Les baobabs stockent l'eau dans des tissus aquifères au niveau de la tige à la saison des pluies. Certaines plantes qui présentant des organes de réserve souterrains (bulbes, rhizomes) peuvent être considérées comme des xérophytes. A la saison sèche les parties aériennes disparaissent pour limiter l'évaporation, la vie ralentie se concentre alors dans les parties souterraines qui ont stockées l'eau.

5. Limites et critiques du travail réalisé

La première limite de mon travail tient au fait que l'inventaire des plantes médicinales du JBHG n'est pas complet. En effet sur les quelques 2500 taxons présentés dans ce jardin seul 650 environ sont concernés par l'inventaire soit un peu plus de 20% de la collection totale. Il est évident que si l'inventaire avait concerné l'ensemble des collections le nombre de plantes dont l'usage médicinale est reconnu par l'ANSM serait plus important. Par exemple certaines plantes placées dans la spirale ethnobotanique comme des plantes industrielles, alimentaires ou tinctoriales ont un usage médical reconnu. C'est le cas du pastel (*Isatis tinctoria L.*) qui fait partie des plantes de la liste A. Cette plantes dont la culture et le commerce ont fait la richesse du Midi toulousain entre le XIIème et le XVIème siècle (Brumont, 1994) est « logiquement » placée parmi les plantes tinctoriales à côté de la Garance (*Rubia tinctorum L.*). Pourtant depuis l'antiquité on lui prête des vertus curatives pour le système cutané et plus récemment elle a été associée au traitement de la leishmaniose (Ahmad et Al. 2016).

D'autre part, cet inventaire partiel n'a concerné que des plantes de la spirale donc des plantes qui supportent les conditions écologiques du jardin. Les résultats sur la répartition géographique des plantes aurait sûrement été différents si l'inventaire avait aussi concerné les serres tropicales sèches, tropicales humides et les châssis.

Pour confronter les usages traditionnels et actuels des plantes inventoriées, je n'ai pas trouvé ou pas compris l'usage actuel de 28% des plantes des listes A et B de l'ANSM. Ce qui a forcément un impact sur les résultats obtenus.

En France certains législateurs tentent aujourd'hui de faire reconnaître le métier d'herboriste comme profession de santé ¹⁴(Lehmann, 2015), de plus on constate depuis les années 1980 un regain d'intérêt des populations pour les plantes médicinales et aromatiques (EL MESKAOUI, 2008). Dans ce contexte, il aurait été intéressant de savoir ce que les visiteurs du JBHG pensent de cette question afin de savoir s'ils visitent le jardin

¹⁴ En 2011 le sénateur Jean-Luc Fichet a déposé un projet de loi visant la recréation de la profession d'herboriste.

pour sa collection de plantes médicinales et d'évaluer leurs connaissances sur ce sujet. Leur avis aurait pu être recueilli à l'aide d'un questionnaire distribué à chaque visiteur volontaire. Après traitement statistique la communication sur les plantes médicinales du jardin pourrait être adaptée et améliorée pour répondre aux attentes des visiteurs.

Conclusion

Sur l'ensemble des plantes inventoriées seulement 37% sont reconnues comme plantes médicinales par l'ANSM. Les plantes appartenant à la liste A de l'ANSM sont plus nombreuses que celles de la liste B. Ce qui semble logique puisque cette dernière comprend moins d'espèces.

On constate que toutes les parties des plantes sont exploitées pour confectionner des traitements mais les parties aériennes sont les plus utilisées.

Cet inventaire même partiel des plantes médicinales de la spirale ethnobotanique m'a permis de mettre en évidence que beaucoup d'usages traditionnels de celles-ci sont confirmés par la médecine moderne (58,5%). Toutefois certaines modifications pourraient être apportées au plan de plantation, en déplaçant certaines espèces et en créant éventuellement de nouvelles catégories.

Lorsque l'on regarde leur répartition géographique, on constate que les plantes occupant les biomes des régions tempérées et méditerranéennes sont très représentées alors que celle des milieux secs sont quasiment absentes. Ce qui s'explique par le fait que ces végétaux sont cultivés hors serre : les résultats auraient sans doute été différents si l'inventaire avait aussi concerné les plantes de la serre tropicale sèche.

En m'intéressant aux stratégies que les végétaux mettent en œuvre pour supporter le froid et la sécheresse j'ai constaté une grande diversité. Certains types d'adaptation, comme la réviviscence ou le port en coussin, leurs permettent de supporter le froid ou la sécheresse, deux facteurs limitant prépondérants.

Toutefois ce travail comporte de nombreuses limites. D'abord c'est un inventaire partiel : il concerne une petite partie de la collection et de nombreuses informations concernant les usages modernes sont manquantes. Cela fausse les résultats et limite la pertinence des propositions de modification du plan de plantation. D'autre part dans un contexte où les plantes médicinales connaissent un regain d'intérêt auprès des populations, il serait intéressant de recueillir et d'analyser l'avis des visiteurs du Jardin afin d'adapter la communication à ce sujet.

Ce stage au Jardin botanique de Toulouse m'a permis d'améliorer mes connaissances en botanique et de découvrir les exigences professionnelles propres à ce type de structure.

Bibliographie

Articles

- AHMAD A., WEI Y., SYED F., KHAN S., KHAN GM., TAHIR K., KHAN AU., RAZA M., KHAN FU., YUAN Q., (2016). Isatis tinctoria mediated synthesis of amphotericin B-bound silver nanoparticles with enhanced photoinduced antileishmanial activity: A novel green approach.
- BRUMONT F. (1994), La commercialisation du pastel toulousain (1350-1600) Annales du Midi : revue archéologique, historique et philologique de la France méridionale Année 1994 Volume 106 Numéro 205 p. 25-40
- CALVO MI, CAVERO R.Y. (2014) Medicinal plants used for cardiovascular diseases in Navarra and their validation from official sources.
- CHAST F. (2012) La médecine par les plantes ne peut être qu'une médecine scientifique, Annales Pharmaceutiques Françaises 70, 59—61
- EL MESKAOUI A., BOUSTA D., DAHCHOUR A., GRECHE H., HARKI H., FARAH A., ENNABILI A., (2008) Les plantes médicinales et aromatiques marocaines : opportunités et défis.
- HANNACHE B, BAZIN D, BOUTEFNOUCHET A, DAUDON M. (2012) Effect of plant extracts on the in vitro dissolution of cystine stones: a study at the mesoscopic scale.
- LEHMANN H. (2015) Les plantes médicinales en France, entre pharmacie et herboristerie: aspects historiques et législatifs, Annales Pharmaceutiques Françaises n°73, 391—398
- LIE CHEN, RALPH MEISSNER, YUQING ZHANG, HUIJIE XIAO, (2013) Studies on dew formation and its meteorological factors, Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (2): 1063-1068.
- RASCIO N. AND LA ROCCA N. (2005) Resurrection Plants: The Puzzle of Surviving Extreme Vegetative Desiccation p 210-221
- SOUTADÉ G. (1991) Les montagnes dans le monde vivant ; Annales de Géographie, 100e Année, No. 558 (MARS-AVRIL), pp. 221-223

Ouvrage

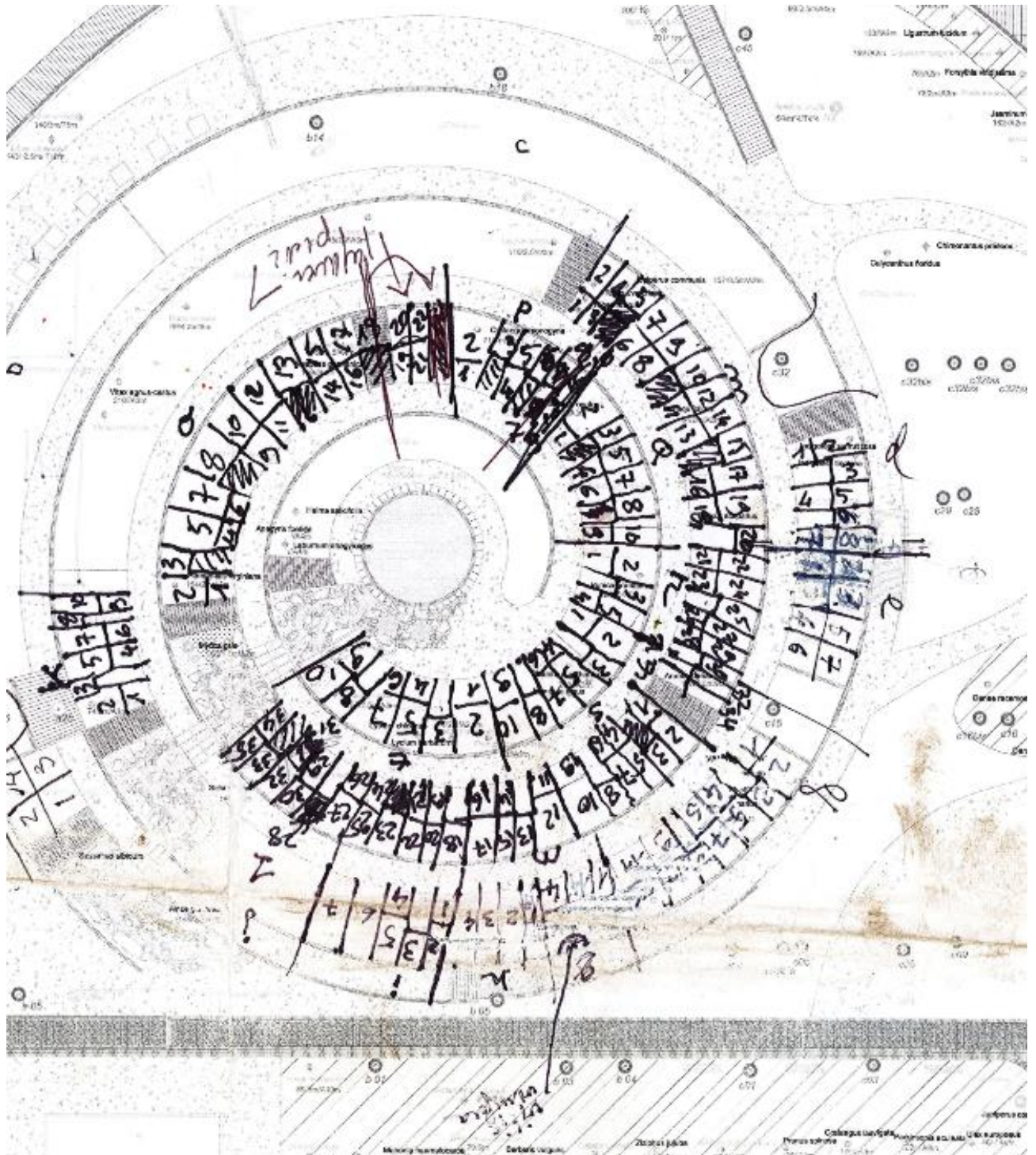
- ACOT P. (1988) : Histoire de l'écologie, 285p.
- BRUNETON J., (2009) Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales, 1292p.
- CÔME D. (1992) Les végétaux et le froid, 600 p.
- DUVIGNEAUD P. (1980) : La synthèse écologique.
- FOURNIER P.V., (1947) Dictionnaire des plantes médicinales et vénéneuses de France, 1047p.
- GODRON M. (1984) : Ecologie de la végétation terrestre, 196 p.
- HALLE F. (2008) Aux origines des plantes, des plantes anciennes à la botanique du XXIème siècle, 675 p.
- HALLE F. (2008) Aux origines des plantes, des plantes et des hommes, 665p.
- NOVAK F.A. (1965) Encyclopédie illustrée du monde végétal, 559p.

- RICKLEFS R.E., MILLER G.L. (2005) : Ecologie., 822 p.

Sitographie

- [Http://serres.u-bourgogne.fr/article.php3?id_article=390](http://serres.u-bourgogne.fr/article.php3?id_article=390)
- Tela-botanica.org
- Botanique.org
- <http://uses.plantnet-project.org/fr/>
- <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch.aspx>
- <http://www.hypergeo.eu/>

Annexe n° 1 : Plan de plantation de la spirale



Glossaire

Chasmophytique : Les chasmophytes sont les plantes qui vivent dans les fissures de la roche ou, secondairement, dans les fentes des murs.

Epiphyte: plante aérienne dont les racines ne s'ancrent pas dans le sol mais qui germent et se développent sur d'autres végétaux pour trouver soleil et humidité.

Hémicryptophytes : les hémicryptophytes dont les bourgeons, au ras du sol, sont enfouis dans des rosettes de feuilles (pissenlits, plantains, iris, etc.).

Loess: est une roche sédimentaire détritique meuble formée par l'accumulation de limons issus de l'érosion éolienne (déflation), dans les régions désertiques et périglaciaires.

Pharmacopée : Recueil officiel des pharmaciens contenant la nomenclature des médicaments et leur description (composition, effets, etc.), naguère appelé Codex, en France.

Plantes myrmécophiles : plantes qui vivent en association symbiotique avec des fourmis.

Plantes toniques-amer : plantes qui stimule l'appétit.

Réseau IPEN : « IPEN est un réseau international des jardins botaniques pour faciliter l'échange de plantes à des fins non commerciaux et en accord avec la [Convention de Rio CDB](#). »

Sol ferrallitique : sols rouges très riches en oxydes de fer et en oxydes d'alumine. Ces sols se forment sous couvert forestier et en climat tropical ou équatorial. Ce sont des sols très riches, mais extrêmement fragiles.

Sol hydromorphe : sol présentant des marques caractéristiques de saturation en eau régulière (souvent riche en argile).

Sol podzolique : type de sol lessivé qui se forme sous les climats froids et humides sur substrat au pH très acide. Il est très peu fertile pour l'agriculture.

Taxon: Le taxon est une unité quelconque (genre, famille, espèce, sous-espèce, etc.) des classifications hiérarchiques des êtres vivants.

Pédogénèse : est l'ensemble des processus (physiques, chimique et biologiques) qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols.

Phytochromes : photorécepteur de l'organisme végétal.

Rendzine: Sol typique des roches calcaires friables, à profil généralement peu profond et humifère.

Tchernozems: terre noire contient un fort pourcentage d'humus (3 à 15 %), riche en potasse, phosphore et oligo-éléments. Elle est très épaisse, souvent plus de 1 m. Elle est très fertile et l'impasse d'engrais, de fond et azoté, est possible. Le fort taux d'humus et d'argile lui confère une réserve d'eau utile importante.

Xérophile: Se dit des plantes qui sont adaptées aux milieux secs.

Yeusaie: forêt de chênes verts.