

**UNIVERSITE TOULOUSE III PAUL
SABATIER
FACULTE DES SCIENCES
PHARMACEUTIQUES**

ANNEE: **2019**

THESES 2019 TOU3 2003

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement par

BONHOMME MARINA

**Etude botanique de trois espèces de noyers, *Juglans regia*,
Juglans cinerea et *Juglans nigra*, de leur composition
chimique, de leur intérêt thérapeutique et de leur utilisation
à l'officine.**

21 janvier 2019

Directeur de thèse : MARTI Guillaume

JURY

Président : FABRE, Nicolas

1er assesseur : MARTI, Guillaume

2ème assesseur : REINE, Catherine



PERSONNEL ENSEIGNANT
de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques de l'Université Paul Sabatier
au 08 janvier 2018

Professeurs Emérites

M. BENOIST H.	Immunologie
M. BERNADOU J.	Chimie Thérapeutique
M. CAMPISTRON G.	Physiologie
M. CHAVANT L.	Mycologie
M. MOULIS C.	Pharmacognosie
M. ROUGE P.	Biologie Cellulaire
M. SIE P.	Hématologie

Professeurs des Universités

Hospitolo-Universitaires

Mme AYYOUB M.	Immunologie
M. CHATELUT E.	Pharmacologie
M. FAVRE G.	Biochimie
Mme GANDIA P.	Pharmacologie
M. PARINI A.	Physiologie
M. PASQUIER C. (Doyen)	Bactériologie - Virologie
Mme ROQUES C.	Bactériologie - Virologie
Mme ROUSSIN A.	Pharmacologie
Mme SALLERIN B.	Pharmacie Clinique
M. VALENTIN A.	Parasitologie

Universitaires

Mme BARRE A.	Biologie
Mme BAZIARD G.	Chimie pharmaceutique
Mme BENDERBOUS S.	Mathématiques – Biostat.
Mme BERNARDES-GÉNISSON V.	Chimie thérapeutique
Mme COUDERC B.	Biochimie
M. CUSSAC D. (Vice-Doyen)	Physiologie
Mme SIXOU S.	Biochimie
M. FABRE N.	Pharmacognosie
M. GAIRIN J-E.	Pharmacologie
Mme GIROD-FULLANA S.	Pharmacie Galénique
Mme MULLER-STAU MONT C.	Toxicologie - Sémiologie
Mme NEPVEU F.	Chimie analytique
M. SALLES B.	Toxicologie
M. SEGUI B.	Biologie Cellulaire
M. SOUCHARD J-P.	Chimie analytique
Mme TABOULET F.	Droit Pharmaceutique
M. VERHAEGHE P.	Chimie Thérapeutique

Maîtres de Conférences des Universités

Hospitalo-Universitaires

M. CESTAC P.	Pharmacie Clinique
Mme DE MAS MANSAT V. (*)	Hématologie
Mme JUILLARD-CONDAT B.	Droit Pharmaceutique
M. PUISSET F.	Pharmacie Clinique
Mme ROUZAUD-LABORDE C.	Pharmacie Clinique
Mme SERONIE-VIVIEN S.	Biochimie
Mme THOMAS F. (*)	Pharmacologie

Universitaires

Mme ARELLANO C. (*)	Chimie Thérapeutique
Mme AUTHIER H.	Parasitologie
M. BERGE M. (*)	Bactériologie - Virologie
Mme BON C.	Biophysique
M. BOUJILA J. (*)	Chimie analytique
Mme BOUTET E. (*)	Toxicologie - Sémiologie
M. BROUILLET F.	Pharmacie Galénique
Mme CABOU C.	Physiologie
Mme CAZALBOU S. (*)	Pharmacie Galénique
Mme CHAPUY-REGAUD S.	Bactériologie - Virologie
Mme COLACIOS-VIATGE C.	Immunologie
Mme COSTE A. (*)	Parasitologie
M. DELCOURT N.	Biochimie
Mme DERAEEVE C.	Chimie Thérapeutique
Mme ECHINARD-DOUIN V.	Physiologie
Mme EL GARAH F.	Chimie Pharmaceutique
Mme EL HAGE S.	Chimie Pharmaceutique
Mme FALLONE F.	Toxicologie
Mme FERNANDEZ-VIDAL A.	Toxicologie
Mme HALOVA-LAJOIE B.	Chimie Pharmaceutique
Mme JOUANJUS E.	Pharmacologie
Mme LAJOIE-MAZENC I.	Biochimie
Mme LEFEVRE L.	Physiologie
Mme LE LAMER A-C.	Pharmacognosie
M. LEMARIE A.	Biochimie
M. MARTI G.	Pharmacognosie
Mme MIREY G. (*)	Toxicologie
Mme MONFERRAN S.	Biochimie
M. OLICHON A.	Biochimie
Mme REYBIER-VUATTOUX K. (*)	Chimie Analytique
M. SAINTE-MARIE Y.	Physiologie
M. STIGLIANI J-L.	Chimie Pharmaceutique
M. SUDOR J. (*)	Chimie Analytique
Mme TERRISSE A-D.	Hématologie
Mme TOURRETTE-DIALO A.	Pharmacie Galénique
Mme VANSTEEELANDT M.	Pharmacognosie
Mme WHITE-KONING M. (*)	Mathématiques

(*) Titulaire de l'habilitation à diriger des recherches (HDR)

Enseignants non titulaires

Assistants Hospitalo-Universitaires

Mme COOL C.	Physiologie
M. MOUMENI A.	Biochimie
M. METSU D.	Pharmacologie
Mme PALUDETTO M.N.	Chimie thérapeutique
M. PAGES A.	Pharmacie Clinique
M. PERES M.	Immunologie
Mme SALABERT A.S	Biophysique

Serment de Galien

En présence des maîtres de la faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples, je jure :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Remerciements

J'adresse mes plus sincères remerciements :

- **A Monsieur Guillaume Marti,**

Maitre de conférences en pharmacognosie à l'Université des Sciences Pharmaceutiques

Je vous remercie d'avoir accepté de diriger cette thèse d'exercice. Je vous suis extrêmement reconnaissante pour votre patience, votre disponibilité et votre réactivité durant nos échanges. Je vous prie d'agréer, l'expression de ma profonde considération.

- **A Monsieur Nicolas Fabre,**

Maitre de conférences en pharmacognosie à l'Université des Sciences Pharmaceutiques et Directeur de Recherche en Pharmacochimie et Biologie pour le Développement

Veillez trouver ici, l'expression de mes sincères remerciements et de ma reconnaissance d'avoir accepté d'être mon président de jury.

- **A Catherine,**

Pharmacien à la pharmacie des Grands Boulevards

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie de mon jury. Merci de m'avoir formée pendant mon stage et de m'avoir transmis votre passion grâce à votre disponibilité et votre attention toujours bienveillante. Et merci pour vos précieux livres prêtés pour la rédaction de la thèse.

- **A ma maman,**

Merci Mamounette, pour ta présence et ton soutien durant toutes ses années. Il n'y aura jamais assez de « merci » ni de mots assez forts pour te démontrer à quel point je te suis reconnaissante de tout ce que tu as fait pour Romain et moi. Sans toi et sans ton éducation irréprochable, je n'en serai pas là aujourd'hui. Je n'aurais pu avoir meilleure maman. Je t'aime.

- **A mon frère, Romain, Poupou (et Oslo)**

Mon Rominou, merci pour ton sale caractère à l'adolescence (les douches froides et LE coup de pied aux fesses nous font aujourd'hui bien rire), qui a su aujourd'hui évoluer en si bonne humeur et joie de vivre. Et merci d'avoir trouvé une si belle voie qui régale toute la famille.

A Poupou, ma timide et rigolote belle-sœur, j'espère que tu supporteras Romain encore longtemps !

Je vous souhaite plein de bonheur dans ce nouvel appartement avec Oslo et en espérant que la famille s'agrandisse encore.

- **A papa,**

Merci papa, malgré les maladresses et même si on ne se le dit pas, je sais que je pourrai toujours compter sur toi et que tu nous aimes.

- **A toute ma famille,**

A ma mamie, merci d'être toujours présente et de t'être si bien occupée de nous durant toutes ses années. Les vacances sur l'île d'Oléron, nos repas en tête à tête au restaurant, nos confidences autour d'un bon verre de vin... Même si je ne le dis pas, j'aimerais que tu saches combien tu es importante et combien je suis heureuse d'être si proche de toi.

Merci à mon parrain Philippe, tatie Marie, Seb et ma filleule Célie pour tous ces moments en famille, les vacances au ski emplies de fous-rires, Disneyland... J'espère que l'eau de baptême me permettra de construire un aussi beau et solide couple que le vôtre.

Merci à tonton Pat, tatie Fabienne, Tom et Loulou qui malgré la distance prennent toujours des nouvelles de l'avancée de mes études. Merci à eux pour leur perpétuelle bonne humeur et tous les bons moments passés autour de bons repas de famille.

Cédric, merci pour ta bonne humeur, ton accueil toujours chaleureux et les bons repas passés chez toi. J'espère que vous serez les plus heureux maman et toi.

- **A Nanette et Popotte,**

A la chance que nous avons eu de connaître nos arrières grands-parents pendant autant de temps. Merci à eux pour ces belles vacances dans l'Aveyron entre pétanque, piscine, pêche, belotte et tartes aux pommes.

- **A Charlie,**

Merci pour notre histoire hors du commun, ta bonne humeur sans faille et ton soutien inébranlable dans les bons comme les mauvais moments. Tu es sûrement la seule personne qui puisse me supporter au quotidien. Merci tout simplement à l'amour parfait que tu me portes. J'espère que notre complicité, nos fous rires et nos disputes perdureront.

- **A ma belle-famille,**

A Cathie, Quentin et Ninou, merci pour tous ces beaux moments passés en votre compagnie et en espérant qu'il y en aura pleins d'autres : merci pour votre gentillesse et votre accueil toujours parfait.

- **A mes amis,**

Merci à Anaïs d'avoir été un modèle de force et de motivation durant ces deux années de PACES. Sans toi, je n'en serai pas là aujourd'hui. Merci bien évidemment pour tous nos fous rires, toutes nos soirées et tous nos moments au tripode. Le temps et l'éloignement n'auront pas su nous séparer.

Merci à Célia, ma binôme depuis le tout début, à nos galères en TP et en cours d'anglais. A nos soirées et nos discussions. Mes études auraient été bien fades sans toi.

Merci à Charles qui a toujours été là pour moi dans les bons comme les mauvais moments. Merci pour nos si belles soirées toulousaines si variées, qu'elles soient enivrées ou calmes tu sais

transformer les moments insignifiants en moments inoubliés. Merci de m'avoir intégrée toutes ces années dans ton monde d'ostéopathe.

- **A Marie,**

Merci de m'avoir formée au cours de ce stage de 6 mois et merci infiniment de m'avoir fait confiance lorsque tu as eu ta propre pharmacie.

- **A l'équipe officinale de la pharmacie des Grands Boulevards,**

A monsieur Carme, Catherine (encore), Nicole et Christine, merci de m'avoir formée avec rigueur et patience, pour les conseils tout au long du stage et pour votre accueil.

Sommaire

Liste des illustrations

- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Annexe

Liste des définitions

Liste des abréviations

INTRODUCTION

Partie I : ETUDE BOTANIQUE ET AIRE DE REPARTITION DE JUGLANS REGIA, CINEREA ET NIGRA

- I. Taxonomie et classification
- II. Etymologie, origine et croyances
- III. Famille des Juglandaceae
- IV. *Juglans regia*
 - a. Aspect général
 - b. Appareil végétatif
 - c. Appareil reproducteur
 - d. Fruit
- VI. *Juglans cinerea*
 - a. Aspect général
 - b. Appareil végétatif
 - c. Appareil reproducteur
 - d. Fruit
 - e. Chancre
- VII. *Juglans nigra*
 - a. Aspect général
 - b. Appareil végétatif
 - c. Appareil reproducteur
 - d. Fruit
- VIII. Aire de répartition

- a. *Juglans regia*
- b. *Juglans cinerea*
- c. *Juglans nigra*

Partie II : ETUDE PHYTOCHIMIQUE DE JUGLANS

- I. Métabolites primaires
- II. Métabolites secondaires
 - a. Les polyphénols
 - i. Tanins
 - ii. Flavonoïdes
 - iii. Acides phénoliques
 - iv. Naphtoquinones
 - v. Lignines
 - b. Alcaloïdes
 - c. Terpènes
 - d. Phytostérols
 - e. Vitamines

Partie III : INTERETS THERAPEUTIQUES DES JUGLANS

- I. Activité antibactérienne
- II. Activité antifongique
- III. Activité antivirale
- IV. Activité antioxydante
- V. Affections cutanées
- VI. Activité antihelminthique
- VII. Effets sur le diabète
- VIII. Propriétés anti-inflammatoires
- IX. Propriétés anti-cancéreuses
- X. Fonction cognitive et motrice
- XI. Effets sur le système cardiovasculaire
- XII. Effet hépato-protecteur
- XIII. Activité antidépressive
- XIV. Effet sur la nociception

Partie IV : UTILISATIONS DES JUGLANS

- I. Utilisations ethnobotaniques du noyer
 - a. Bois
 - b. Coques
 - c. Brou
 - d. Huile
 - e. Feuilles
- II. Pharmacopée
- III. A l'officine
 - a. Homéopathie
 - i. Qu'est-ce que l'homéopathie ?
 - ii. Teintures mères
 - iii. Gemmothérapie
 - iv. Gouttes buvables/Granules/Globules/Poudres
 - v. Spécialités homéopathiques
 - 1. Rexoburia
 - 2. Diacure
 - b. Compléments alimentaires
 - i. Qu'est-ce qu'un complément alimentaire ?
 - ii. Gélules
 - iii. Liquides
 - iv. Comprimés
 - v. Tisanes
 - vi. Hydrolats
 - vii. Fleurs de Bach
 - c. Animaux
- III. Cosmétologie
 - a. Blanchiment dentaire
 - b. Peau
 - c. Cheveux
 - d. Protection solaire

CONCLUSION

Liste des illustrations

Liste des figures

- Figure 1 : Section de tronc d'arbre
- Figure 2 : Image permettant de faire la différence entre les bractées et les bractéoles
- Figure 3 : Positionnement illustré de l'ovaire lorsqu'il est supère, infère non-adhérent ou infère adhérent
- Figure 4 : Composition du périanthe
- Figure 5 : Section de tronc d'arbre
- Figure 6 : Clade des Angiospermes selon l'AGP III (2009)
- Figure 7 : Schéma de divergence des angiospermes en dicotylédones, dicotylédones vraies et monocotylédones
- Figure 8 : Arbre phylogénétique des Rosiidae
- Figure 9 : Arbre phylogénétique de la famille des Juglandaceae
- Figure 10 : Répartition géographique des quelques espèces du genre *Juglans*
- Figure 11 : Moelle cloisonnée
- Figure 12 : Feuille de *Juglans regia*
- Figure 13 : Chatons mâles de *Juglans regia*
- Figure 14 : Diagramme de la fleur femelle de *Juglans regia*
- Figure 15 : Fleurs femelles de *Juglans regia*
- Figure 16 : Noix de *Juglans regia*
- Figure 17 : Cotylédon d'un cerneau de noix
- Figure 18 : Déhiscence du fruit de *Juglans regia*
- Figure 19 : Feuille de *Juglans cinerea*
- Figure 20 : Chatons mâles de *Juglans cinerea*
- Figure 21 : Fleurs femelles de *Juglans cinerea*
- Figure 22 : Fruit de *Juglans cinerea*
- Figure 23 : Coque et amande de *Juglans cinerea*
- Figure 24 : Chancre du noyer cendré
- Figure 25 : Ecorce de *Juglans nigra*
- Figure 26 : Feuille de *Juglans nigra*
- Figure 27 : Fleurs femelles de *Juglans nigra*
- Figure 28 : Chatons mâles de *Juglans nigra*
- Figure 29 : Fruit de *Juglans nigra*
- Figure 30 : Coque et amande de *Juglans nigra*
- Figure 31 : Aire naturelle de *Juglans regia*

Figure 32 : Aire naturelle de *Juglans cinerea*
Figure 33 : Aire naturelle de *Juglans nigra*
Figure 34 : Classification des métabolites secondaires
Figure 35 : Principales classes des composés phénoliques
Figure 36 : Désamination de la phénylalanine par la PAL en acide cinnamique
Figure 37 : Classification des tanins
Figure 38 : Structure de base des flavonoïdes
Figure 39 : Structures chimiques de la juglone, de l'hydro-juglone et de juglone-glucoside
Figure 40 : Coupe transversale d'un tronc et sa souche
Figure 41 : Chalcone synthase qui donne des flavonoïdes
Figure 42 : Méthode de la diffusion sur disque
Figure 43 : Plante atteinte par le virus de mosaïque du tabac
Figure 44 : Réaction catalysée par la glutathion réductase
Figure 45 : Radical libre
Figure 46 : Méthode FRAP
Figure 47 : Structure moléculaire de la vitamine E
Figure 48 : Processus inflammatoire dans l'athérosclérose
Figure 49 : Le noyer dans la liste A de la Pharmacopée
Figure 50 : Rectorubia - Boiron
Figure 51 : Diacure - Boiron
Figure 52 : Noyer – Pileje
Figure 53 : Prolax – New Roots Herbal
Figure 54 : Complexe Intestin – Gemm'Vital
Figure 55 : Ergypar – Nutergia
Figure 56 : Méthode d'obtention des EPS
Figure 57 : EPS de Noyer - Phytoprevent
Figure 58 : Extrait de bourgeons de noyer - Vitaflor
Figure 59 : Hepato – Diet Horizon
Figure 60 : Help'dermo - De Saint Hilaire
Figure 61 : Candinacée - Diet Horizon
Figure 62 : Tisane à base de feuilles de noyer – Vitaflor
Figure 63 : Fabrication de l'huile essentielle et de l'hydrolat par distillation
Figure 64 : Hydrolat de rameaux de noyer
Figure 65 : Fleurs de Bach Walnut
Figure 66 : Stop-Tabac – Elixirs & co
Figure 67 : Z-Trauma – Mint-e Health
Figure 68 : Siwak marocain
Figure 69 : Exfoliant à base de noyer – Himalaya
Figure 70 : Crème visage peaux sèches Elteans
Figure 71 : Gommage ultra-riche au karité de chez l'Occitane
Figure 72 : Shampoing à base de noyer - Dermaclay

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau comparatif entre *Juglans regia*, *Juglans cinerea* et *Juglans nigra*

Tableau 2 : Les principales classes de composés phénoliques

Tableau 3 : Principaux constituants dans les différentes parties du noyer

Tableau 4 : Tableaux comparatifs sur la composition des trois espèces de noyer étudiées

Tableau 5 : Les différentes molécules et leurs différents effets

Tableau 6 : Composition de l'Ergypar

Annexe

Annexe 1 : Community herbal monograph on *Juglans regia* L., folium – European Medicines Agency

Définitions

Alcaloïde : substance organique d'origine végétale qui contient au moins un atome d'azote (N) dans la molécule.

Allélopathie : ensemble des interactions biochimiques entre deux ou plusieurs plantes. Les composés allélo-chimiques jouent un rôle important dans la compétition aux ressources environnementales telles que l'eau, la lumière et les substances nutritives ; dans l'armement chimique de défense des plantes contre leurs prédateurs, et dans la coopération intra- et interspécifique.

Androcée : ensemble des étamines d'une fleur, disposées soit en spirale, soit en un ou deux verticilles.

Anémophile : se dit des espèces végétales dont le pollen est transporté par le vent.

Anthère : partie supérieure fertile de l'étamine des fleurs, où se forment les grains de pollen et qui s'ouvre à maturité par déhiscence en libérant ces derniers.

Aperture : zone de faiblesse permettant le passage du tube pollinique.

Aubier : partie de l'arbre qui se situe entre le bois de cœur ou duramen et le cambium.



Figure 1 : Section de tronc d'arbre (1)

La partie claire correspond à l'aubier tandis que la partie sombre correspond au duramen.

Bactériostatique : qui arrête la multiplication des bactéries sans les tuer.

Bractée : pièce florale ressemblant à une feuille ou à un pétale, située à la base d'un pédoncule de fleur ou d'une inflorescence.

Bractéole : petite bractée, sorte de petite feuille modifiée, positionnée à l'aisselle de chacun des rayons (pédicelles) d'une inflorescence composée, ou à l'involucelle d'un cyathe.

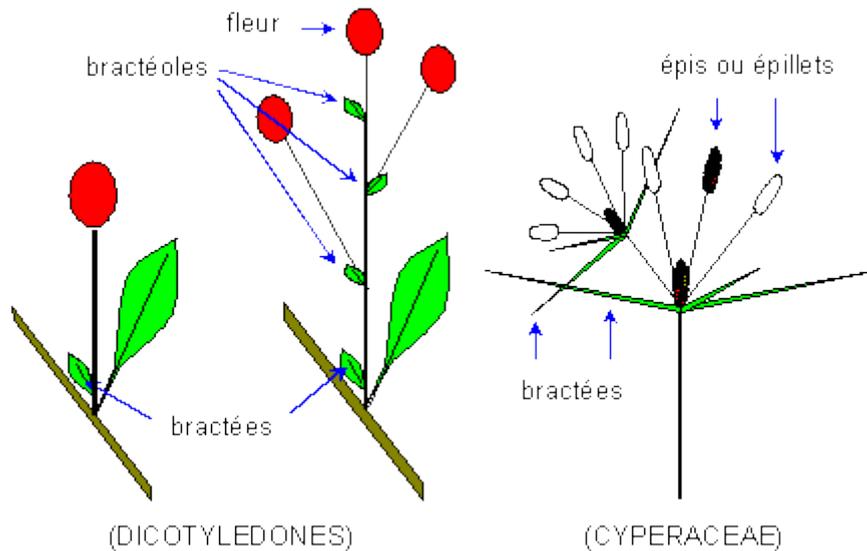


Figure 2 : Image permettant de faire la différence entre les bractées et les bractéoles (2)

Brou : enveloppe (péricarpe) verte et coriace qui recouvre les noix jusqu'à la récolte en automne. Ce terme est spécifique à la noix.

Calice : verticille externe ou unique de la fleur ; formé de pièces le plus souvent vertes (sépales) et assurant la protection des autres verticilles dans le bouton floral.

Cambium : couche cellulaire cylindrique contenue dans les tiges et les racines des plantes supérieures vivaces, à l'exception des monocotylédones, et qui assure la croissance des axes en épaisseur. Le cambium interne engendre du bois et du liber qui sont des tissus conducteurs et le cambium externe engendre du liège qui est un tissu protecteur.

Carpelle : pièce florale située au sommet de l'axe de la fleur et généralement soudée aux pièces homologues pour constituer le pistil, organe femelle contenant les ovules (Un carpelle ressemble à une feuille rabattue de façon que ses bords, qui portent les ovules, se touchent et se soudent, entre eux ou à ceux de la feuille voisine). Le carpelle = stigmate + style + ovaire.

Chalaze : lieu de terminaisons des tissus conducteurs de l'ovule à la base du nucelle.

Chaton : inflorescence propre à divers arbres et constituée par un épi, pendant ou dressé, de minuscules fleurs unisexuées.

Corolle : ensemble des pétales d'une fleur.

Cotylédon : ressemble à une feuille mais n'en est pas une au sens embryologique du terme (elle ne provient pas d'un bourgeon mais directement de la graine). C'est une structure de réserve qui initie la photosynthèse dans les premiers jours de la plante.

Dismutation : réaction de parallélisme dans laquelle une espèce chimique joue à la fois le rôle d'oxydant et de réducteur.

Drupe : fruit charnu à noyau (Issu de la paroi interne de l'épicarpe, le noyau contient la graine).

Elliptique : se dit d'une feuille élargie dans sa partie centrale et dont les deux extrémités sont effilées. La longueur est généralement au moins le double de sa largeur.

Endocarpe : partie du fruit provenant de l'épiderme interne des carpelles, toujours membraneuse, lignifiée chez les drupes.

Epicarpe : partie la plus externe de l'enveloppe du fruit, ou péricarpe qui constitue généralement la peau du fruit. Egalement appelé exocarpe.

Étamines : organes mâles des plantes à fleurs.

Exanthème : ensemble de lésions cutanées érythémateuses ou purpuriques qui apparaissent lors de certaines maladies infectieuses.

Feuilles alternes : feuilles insérées isolément et à des niveaux différents sur une tige ou un rameau.

Feuilles caduques : plante ou arbre qui perd ses feuilles à l'automne.

Fleurs dioïques : se dit des espèces végétales composées de pieds mâles et de pieds femelles séparés.

Fleurs monoïques : se dit des plantes dont les fleurs mâles et femelles sont distinctes mais réunies sur le même pied.

Foliole : chaque division du limbe d'une feuille composée.

Funicule : cordon qui rattache l'ovule, puis plus tard la graine, à la paroi de l'ovaire, au niveau du placenta.

Involucre : collerette d'écailles ou de bractées libres ou soudées ensemble à la base d'une inflorescence.

Lancéolée : se dit d'une feuille dont la base du limbe est plus élargie que le sommet.

Lenticelle : sorte de pore présent sur le liège à la surface de l'écorce des arbres et formant des aspérités colorées.

Liber : tissu végétal situé entre l'écorce et le bois d'un arbre. C'est le tissu conducteur de la sève.

Limbe : partie principale, élargie et étalée, généralement riche en chlorophylle d'une feuille.

Lixiviation : technique d'extraction de produits solubles qui consiste à faire passer lentement un solvant, l'eau, par gravité à travers un solide en poudre, la drogue végétale.

Mésocarpe : partie moyenne, souvent épaisse, charnue et filandreuse du péricarpe des fruits, située entre l'épicarpe et l'endocarpe (C'est la partie comestible des fruits à noyaux).

Micropyle : ouverture dans le tégument de l'ovaire par lequel le tube pollinique pénètre.

Nociception : réaction des récepteurs sensitifs provoquée par des stimuli qui menacent l'intégrité de l'organisme.

Nucelle : tissu de réserve d'origine maternelle. Il est en général transitoire et disparaît lors de la croissance de l'embryon.

Oboval : de forme ovale, dont la partie supérieure est plus large que la partie inférieure.

Ovule orthotrope : se dit de l'ovule dont le micropyle, le sac embryonnaire, la chalaze et le funicule sont alignés.

Ovaire infère adhérent : ovaire situé en dessous du plan d'insertion des pièces florales. Le réceptacle est concave, on parle alors de conceptacle. Dans le cas de l'ovaire infère adhérent, celui-ci est soudé à la paroi du conceptacle.

Ovaire infère libre : ovaire situé en dessous du plan d'insertion des pièces florales. Ici, l'ovaire est libre dans le conceptacle.

Ovaire supère : l'ovaire est situé au-dessus du plan d'insertion des pièces florales. Le réceptacle est convexe.

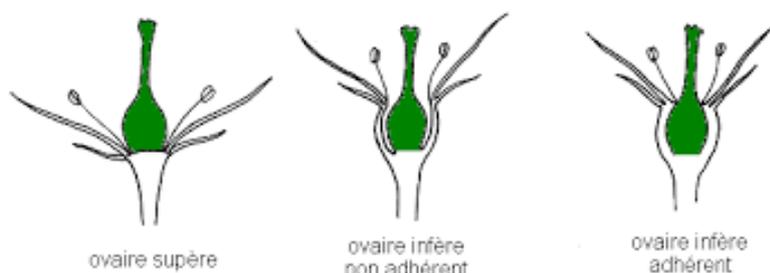


Figure 3 : Positionnement illustré de l'ovaire lorsqu'il est supère, infère non-adhérent ou infère adhérent (3)

Panicule : inflorescence composée dont les rameaux secondaires diminuent de taille de la base au sommet.

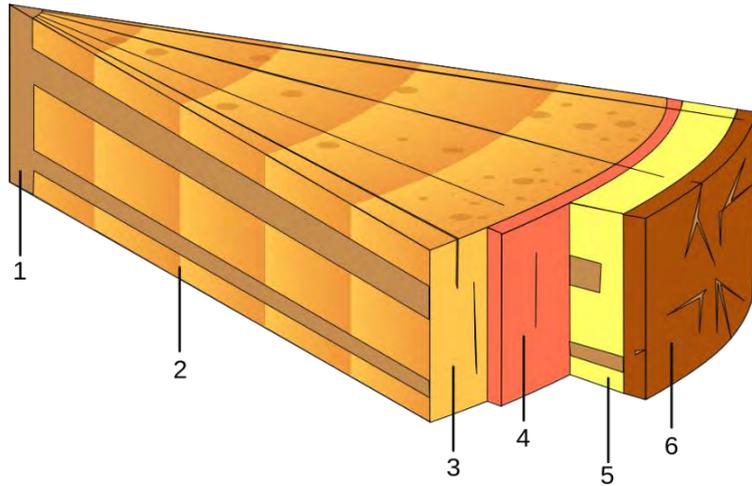


Figure 5 : Section de tronc d'arbre (5)

1= moelle ; 2= duramen ; 3= aubier ; 4= cambium ; 5= liber ; 6= suber

Tépales : pièces de l'enveloppe florale lorsqu'elles sont simples, c'est-à-dire lorsqu'on ne peut pas distinguer des pétales et des sépales.

Verticille : composition et disposition d'une fleur. Parties de la fleur, disposées autour d'un axe commun et sur un même plan horizontal.

Exemple d'une fleur tétracyclique composée de quatre verticilles :

- calice (sépalés)
- corolle (pétales)
- androcée (ensemble des étamines)
- gynécée (pistil)

NB : si l'androcée comporte 2 rangs d'étamines, la fleur est alors composée de 5 verticilles et est alors pentacyclique.

Liste des abréviations

Juglans regia : JR

Juglans cinerea : JC

Juglans nigra : JN

Acides gras : AG

Acides gras mono-insaturés : AGMI

Acides gras poly-insaturés : AGPI

Introduction

Depuis l'Antiquité, l'Homme utilise les plantes que ce soit dans un but aussi bien thérapeutique qu'alimentaire. En effet, le premier texte connu sur la médecine par les plantes est gravé sur une tablette d'argile par les Sumériens en caractères cunéiformes en – 3000 avant Jésus Christ. Le premier recueil connu, composé de 110 pages, s'intitule le Papyrus Ebers et date du XVI^e siècle avant Jésus Christ. C'est une médecine qui s'est enrichie au fil du temps avec les apports des Grecs et des Romains notamment. De plus, la découverte de l'Amérique a permis de s'enrichir par de nouvelles plantes. La phytothérapie, qui correspond au traitement ou à la prévention des maladies par les plantes, est donc une médecine pratiquée depuis la nuit des temps. Ces plantes sont inscrites aujourd'hui dans la 11^{ème} édition de la Pharmacopée française : elle recense 546 plantes médicinales.

Cependant, avec l'avènement de la chimie moderne (fin du XIX^{ème} siècle), la phytothérapie a été reléguée au second plan, comme des remèdes aux vertus incertaines. Mais les effets indésirables néfastes des médicaments de synthèse se sont vite révélés et la médecine par les plantes revient aujourd'hui sur le devant de la scène en réunissant savoir traditionnel et acquis de la science.

Le travail réalisé ici permettra d'étudier le noyer que l'on connaît principalement à travers son utilisation dans l'alimentation mais qui est également utilisé depuis des siècles dans différents domaines dont la médecine. La première partie sera consacrée à l'étude de trois espèces de noyers, *Juglans regia*, *Juglans cinerea* et *Juglans nigra* afin de mettre en évidence leurs similitudes mais aussi leurs différences. La deuxième partie, quant à elle, portera sur l'étude phytochimique de ces arbres.

Le noyer faisant l'objet de nombreuses études, les deux dernières parties porteront sur ses différentes activités thérapeutiques ainsi que ses utilisations que ce soit au niveau ethnobotanique ou à l'officine à travers l'homéopathie et les compléments alimentaires, ou encore en cosmétologie. (6) (7)

Partie I : Etude
botanique et aire de
répartition de
Juglans regia,
cinerea et *nigra*

● I. TAXONOMIE ET CLASSIFICATION

Les noyers font partie de l'embranchement des Spermaphytes, sperma signifiant graine et phyte signifiant plante. Les spermatophytes représentent plus de 90% des espèces végétales et l'embranchement se divise en 3 sous-embranchements :

- Les Gymnospermes (gymno = nu et sperma = graine) qui sont des plantes à ovules nus, non enclos dans un ovaire, ils sont portés par une écaille plate dite ovulifère ou séminale
- Les Chlamydospermes (chlamydos = enveloppe et sperma = graine) pour lesquels leurs organes reproducteurs sont entourés d'une enveloppe simple.
- Les Angiospermes ou Magnoliophytes qui sont des plantes à ovules protégés par des ovaires dont les parois sont formées par des carpelles. Il y a une double fécondation et une graine protégée par un fruit. Ce sont des "plantes à graines et des plantes à fruits".
(8) (9) (10) (12)

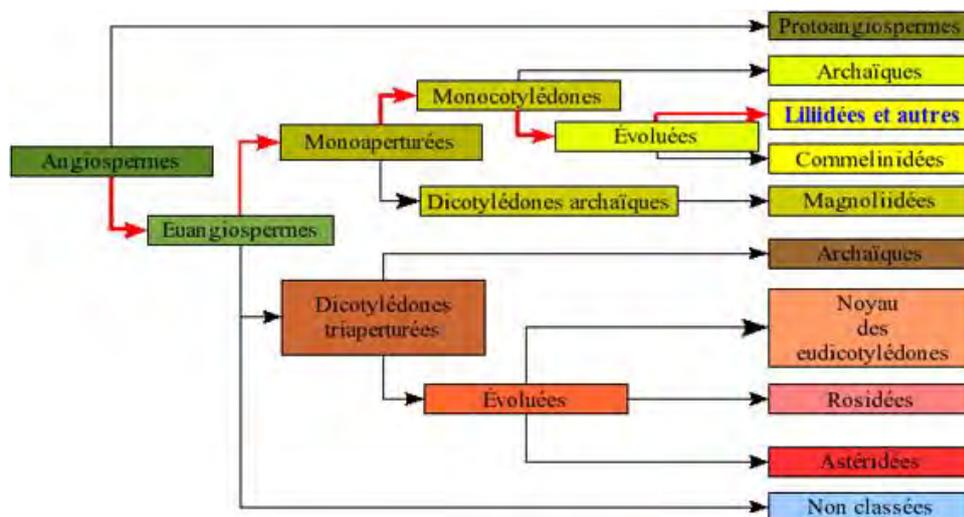


Figure 6 : Clade des Angiospermes selon l'AGP III (2009)

Au sein du sous-embranchement des Angiospermes, on retrouve la classe des :

- Monocotylédones ou anciennement Liliopsides (embryon à un seul cotylédon)
Caractéristiques des Monocotylédones :
 - Tiges : pas de formation de bois secondaire et absence de véritable tronc
 - Feuilles : présence de nervures parallèles
 - Fleurs : trimères (3 sépales, 3 pétales, 2x3 étamines, 3 carpelles)
 - Grains de pollen : 1 seule ouverture
- Dicotylédones ou anciennement Magnolopsides (embryon à deux cotylédons).
Caractéristiques des Dicotylédones :
 - Tiges et racines : présence de cambium qui va permettre la formation de bois secondaire vers l'intérieur et de liber vers l'extérieur
 - Feuilles : nervures ramifiées
 - Grains de pollen : 3 ouvertures

- Les fleurs partagent avec l'implantation des feuilles une symétrie d'ordres 4 ou 5 (11)

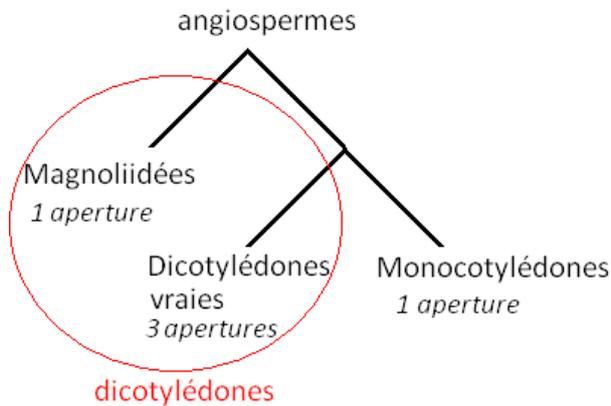


Figure 7 : Schéma de divergence des angiospermes en dicotylédones, dicotylédones vraies et monocotylédones.

Chez les angiospermes, qui sont caractérisés historiquement par une seule aperture sur les grains de pollens, on va rencontrer une première individualisation de certains dicotylédones, les Magnoliidés, qui vont conserver, eux aussi, une seule aperture. Cependant, on peut observer sur la figure ci-dessus, que le reste des dicotylédones et les monocotylédones ont un ancêtre commun plus récent. (11)

Le noyer fait partie de la sous-classe Rosiidae qui appartient au clade des Dicotylédones vraies ou Eucotylédones. Cette sous-classe représente à elle seule plus du quart des plantes à fleurs. Elle est divisée en :

- Rosiidae primitives qui ont des carpelles libres : Rosales et Fabales. Puis, il y a eu une différenciation à partir de ces Rosiidae primitives en :
 - Rosiidae dont les carpelles se sont soudés entre eux et généralement à la coupe florale (Myrtales...)
 - Rosiidae présentant un disque nectarifère dont les carpelles soudés forment un ovaire supère (Celastrales, Rhamnales...)
- Rosiidae dont l'ovaire se soude à la coupe florale et devient donc infère (Apiales)

Selon la classification APG III (Angiosperms Phylogeny Group) de 2009, le noyer appartient au clade des Rosidées, à l'ordre des Fagales et à la famille des Juglandaceae. (11) (12)

Récapitulatif :

Embranchement : Angiospermes

- Sous-embranchement : Magnoliophytina
 - Classe des Magnolopsidae = Dicotylédones vraies
 - Sous-classe des Rosidae
 - Ordre des Fagales

- Famille des Juglandaceae

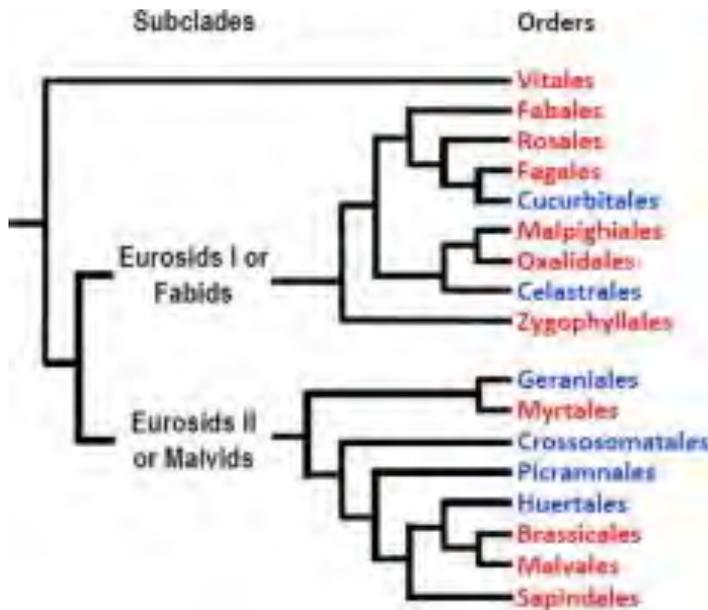


Figure 8 : Arbre phylogénétique des Rosiidae (13)

● II. ETYMOLOGIE, ORIGINE ET CROYANCES

"Noyer" vient du latin "Nux" qui signifie noix. "Juglans" vient du latin "Jovis Glans" qui signifie "Gland de Jupiter". (18)

L'origine et l'apparition des Juglandacées sur Terre est très ancienne car il existait déjà au Crétacé supérieur. De plus, les nombreuses traces retrouvées au Groenland attestent qu'il occupait alors une aire beaucoup plus vaste que celle d'aujourd'hui. Il est très probable qu'il existait en Europe au Tertiaire car des fossiles d'une identité indiscutable ont été trouvés en Provence ce qui semble prouver que les glaciations ont chassé cet arbre de l'Europe occidentale. (15) (16)

Concernant les croyances sur le noyer, ses fruits signifient l'abondance et la prospérité des épousailles. A Rome, le jeune marié jetait des noix sur son chemin et les invités en semaient dans le jardin des jeunes époux. En effet, dans la noix, les deux moitiés étroitement accolées de la coquille illustrent une union indissociable. De plus, en Bretagne, les noix étaient prétextes à des jeux amoureux : les jeunes garçons devaient arriver à s'emparer des noix que les jeunes filles avaient préalablement mis dans leurs poches. Lorsque la victoire était facile, cela démontrait une certaine attirance de la jeune fille et annonçait un mariage prochain. (17)

Cependant, la noix, qui peut faire penser à une cervelle avec ses circonvolutions, évoque également une image de mort. En effet, la mythologie grecque avance l'idée de la mort liée au noyer à travers la légende de Carya : Dion, roi de la Laconie qui est une province grecque, reçut un jour la visite du dieu Dionysos. Heureux de cette visite, il lui présenta ses trois filles, Orphé, Lyco et Carya. C'est alors que Dionysos tomba amoureux de Carya, la cadette des trois sœurs. Mais les sœurs de Carya furent jalouses et dénoncèrent cet amour à leur père, Dion. Dion, furieux de la trahison des deux sœurs envers leur cadette, les transforma

en pierre. Cependant, Carya fut pris d'une telle tristesse qu'elle en mourut. C'est alors que les autres dieux, émus par Carya, la transformèrent en noyer. Le peuple de Laconie lui rendit ainsi un culte sous le nom d'Artémis Caryatis et construisit un temple en son honneur dont les colonnes de noyer représentent Carya (ces colonnes sont depuis appelées des caryatides). De plus, le noyer était considéré comme ayant des vertus maléfiques et comme étant habité par des sorcières à cause de la fraîcheur impressionnante de son ombre en été ainsi que par l'absence de végétation sous son feuillage. (19)

● III. FAMILLE DES JUGLANDACEAE

La famille des Juglandaceae se partage en 2 sous-familles :

- Les Engelhardioideae. Cette sous-famille se décompose en trois genres :
 - Engelhardia
 - Oreomunnea
 - Alfaroa
- Les Juglandoideae. Celle-ci se divise en deux tribus :
 - Platycaryeae
 - Genre Platycarya
 - Juglandeae
 - Sous-tribu Caryinae
 - Genre Carya
 - Sous-tribu Juglandineae
 - Genre Cyclocarya
 - Genre Juglans
 - Genre Pterocarya (12)

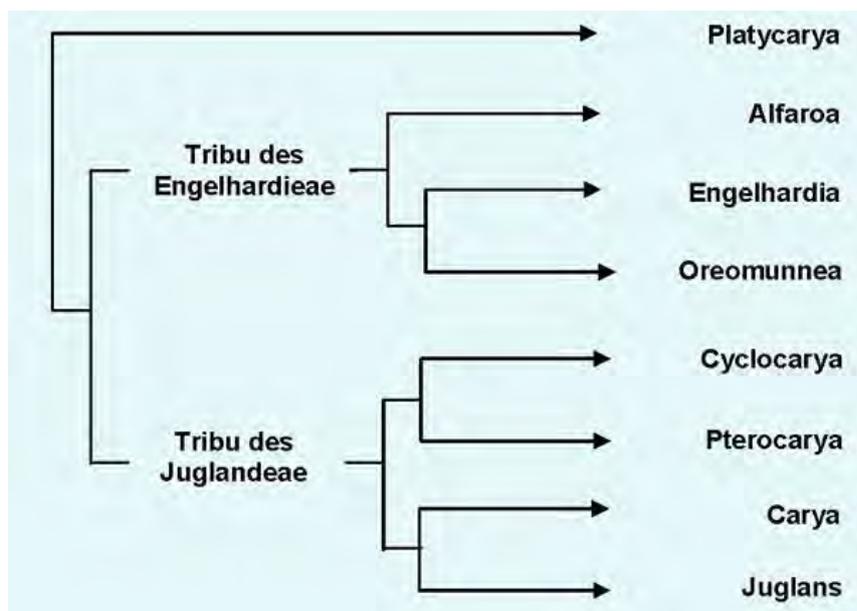


Figure 9 : Arbre phylogénétique de la famille des Juglandaceae

On compte 60 espèces qui sont réparties en 9 genres. Les 2 genres les plus connus sont Juglans et Carya. Le genre Juglans compte 21 espèces réparties en zone tempérée d'Europe du sud-est et à l'est du Japon et au sud est du Canada jusqu'en Argentine (cf Figure 10). (23)

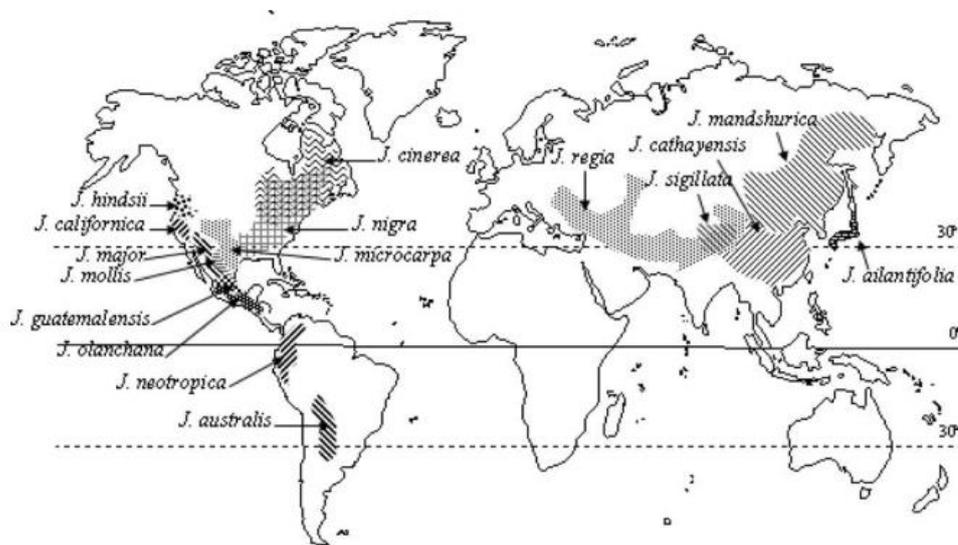


Figure 10 : Répartition géographique des quelques espèces du genre Juglans (26)

La distinction entre les deux genres va se faire au niveau de la noix. Juglans aura une noix sculptée indéhiscence, qui ne s'ouvrira pas à maturité et ne libèrera donc pas de graine, contrairement au Carya qui présente une noix lisse déhiscence, à l'intérieur de la partie charnue de la drupe.

Les Juglandaceae sont des arbres ou arbustes monoïques. Concernant les rameaux des Juglandaceae, si on les fend sur la longueur à l'aide d'un couteau, on peut observer que leur moelle est constituée de cloisons transversales qui séparent des chambres creuses (cf Figure 11). (23)

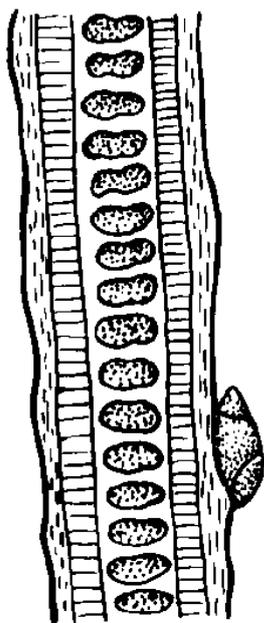


Figure 11 : Moelle cloisonnée (27)

Concernant l'appareil végétatif de cette famille : les feuilles sont composées et peuvent être alternes ou opposées-pennées. Elles sont le plus souvent caduques c'est-à-dire que le noyer perdra ses feuilles à l'automne. Elles peuvent être sessiles (directement fixées sur la tige) ou pétiolées, cependant s'il y a présence de pétiole celui-ci sera sans stipules. Le nombre de folioles, qui sont habituellement de forme ovale, est le plus souvent impair : elles présentent une marge dentée ou entière. Les folioles présentent des poils glanduleux qui sont enfoncés dans des cryptes et disséminés sur toute la surface de la feuille. Ces poils sont composés de pédicelles courts et entourés de cellules sécrétrices. Les feuilles sont donc le plus souvent aromatiques. A la base des nervures médianes et secondaires, on retrouve des cryptes pilifères (domaties) et plus particulièrement ici, des acarodomaties (petites cavités à la nervure d'une feuille qui servent d'habitat aux acariens). (15) (20) (21) (22) (25)

Concernant l'appareil reproducteur, comme dit précédemment, la majorité des Juglandaceae sont des arbres ou arbustes monoïques, on va donc retrouver des fleurs unisexuées c'est-à-dire des fleurs mâles et femelles distinctes sur un même pied. Les fleurs mâles sont réunies en chatons dressés puis pendants. L'inflorescence mâle comprend un chaton solitaire ou bien une grappe de 3 ou 8 chatons. Les chatons mâles apparaissent sur les rameaux de l'année précédente à l'aisselle des feuilles tombées. Ils possèdent une bractée (pièce florale en forme de feuille qui fait partie de l'inflorescence) accompagnée de deux bractéoles. Les fleurs mâles sont composées d'un périlanthe pédicellé. Le périlanthe correspond à l'ensemble des enveloppes qui assurent la protection des organes reproducteur de la fleur. Le périlanthe est constitué du calice composé de sépales ainsi que la corolle composée de pétales. Chez les Juglandaceae on retrouve 4 sépales, 10 à 40 étamines et un rudiment de pistil : on peut donc supposer que la fleur dérive par avortement d'une fleur

mixte. La floraison des chatons mâles à lieu en avril-mai. Les anthères (parties terminales de l'étamine qui produisent et renferment le pollen) sont biloculaires (fusionnent à maturité pour donner 2 loges) et introrsés (libèrent leur pollen vers l'intérieur). La formule florale des chatons mâles est $0-4T + 3-nA$ (0 à 4 tépales et 3 étamines ou plus). (15) (20) (21) (22) (25)

Les fleurs femelles, quant à elles, peuvent être solitaires ou réunies en petites panicules. Les bourgeons des fleurs femelles portent des écailles coriaces et courbées au sommet et ils sont situés au sommet des pousses de l'année en cours. Le calice des fleurs femelles possède 4 sépales qui vont se fixer à la paroi de l'ovaire afin de former le brou. Elles sont également composées de 2 carpelles soudés (pistil syncarpe ou gamocarpellé) qui sont le plus souvent velu-glanduleux (enveloppes qui protègent les ovules chez les Angiospermes. Elles sont composées de 3 parties : l'ovaire, le style et le stigmate). Chez les Juglandaceae, l'ovaire est infère uniloculaire ovoïde et l'ovule est orthotrope dressé. Le style est court, divisé en 2 lobes stigmatiques largement déployés. Les fleurs femelles ont un périanthe qui se soude aux bractées et aux bractéoles. Les chatons femelles sont dressés à l'extrémité des rameaux de l'année en cours. La formule florale de la fleur femelle est $0-4T + 2G$ (0 à 4 tépales et 2 carpelles). (15) (20) (21) (22) (25)

Les fleurs femelles sortent de leurs bourgeons au printemps et elles seront fécondées par les fleurs mâles de l'année précédente. Les fleurs femelles apparaissent environ 2 semaines après la floraison des chatons mâles, on a donc un dimorphisme dichogamique, une séparation des sexes dans le temps. Les fleurs femelles sont autostériles : si du pollen du même arbre se colle sur le stigmate, il ne germera pas. La pollinisation est anémophile (pollen entraîné par le vent).

Le fruit des Juglandaceae est une drupe, soit un fruit charnu à noyau. L'enveloppe externe, constituée de l'épicarpe et du mésocarpe, est charnue et coriace, le plus souvent aromatique (juglone) et riches en tanins. L'enveloppe interne, ou endocarpe sera ligneux et plus ou moins épais. Il s'ouvrira, lors de la germination, en 2 valves le plus souvent en suivant la ligne médio-dorsale.

La graine est réduite à deux cotylédons volumineux, riches en huile, profondément lobés (cotylédons "ruminés") ; des cloisons cartilagineuses incomplètes se développent dans la cavité du fruit. (15) (21) (22) (25)

- **IV. ETUDE BOTANIQUE DE JUGLANS REGIA**
 - **a. Aspect général**

Juglans regia, Noyer commun, Noyer royal est également nommé, suivant les régions, Calottier, Goguier, Noguier, Gland divin ou encore arbre au sommeil. C'est un arbre de 20 à 30 mètres de hauteur dont le tronc peut atteindre jusqu'à 5 à 6 mètres de circonférence soit 1.5 à 2 mètres de diamètre. La frondaison de JR est très ramifiée et s'étend en prenant une forme arrondie sur un tronc court aux larges branches rayonnantes. (18) (19) (33)

La floraison des chatons mâles a lieu en avril-mai peu avant l'apparition des feuilles. Les fleurs femelles, quant à elles, apparaissent environ 2 semaines après la floraison des chatons mâles. Concernant le fruit, celui-ci arrive à maturité au cours du mois de septembre ou au cours du mois d'octobre. (19)

○ **b. Appareil végétatif**

Son écorce prend une couleur et un aspect différent en fonction de la partie de l'arbre qu'elle recouvre : elle est lisse et cendrée sur le tronc jeune et prendra avec l'âge une teinte plus foncée et sa surface se fissurera sur la longueur pour former un liège épais. Les crevasses sont larges et profondes mais les crêtes sont peu prononcées. Les rameaux sont anguleux, noueux, fissurés et de couleur grise. Les rameaux de l'année possèdent une écorce brune rougeâtre ou vert olive et sont lisses et glabres. De plus, les rameaux possèdent une moelle cloisonnée. (18) (19) (30) (31) (32) (35)

En ce qui concerne les feuilles de JR, celles-ci sont alternes, pétiolées et imparipennées (feuilles composées qui ont un nombre impair de folioles) mesurant 20 à 45 cm : elles sont composées de 5 à 9 folioles mesurant de 6 à 15 cm de forme obovale ou elliptique (cf Figure 12). Les feuilles possèdent donc une foliole terminale et le pétiole des folioles est court. Les folioles sont à peu près glabres, sans stipules (pièces foliaires en forme de feuilles réduites qui sont situées de part et d'autre du pétiole), dégagent une odeur aromatique lorsqu'on les froisse et elles possèdent des bords entiers. Elles présentent à l'intersection de la nervure principale et des nervures secondaires des poils bruns qui sont nettement visibles à la face inférieure. Leurs faces supérieures est d'un vert brillant, leurs nervures sont très marquées alors que leurs faces inférieures sont plus claires. (19) (28) (29) (30) (31) (32) (35)



Figure 12 : Feuille de *Juglans regia* (18)

Concernant le système racinaire de JR, celui-ci est abondant, pivotant et ramifié. L'enracinement est profond et robuste même si ses racines latérales ont tendance à remonter vers la surface, vers la couche fertile et aérée du sol : le système racinaire s'étend donc autant en longueur qu'en profondeur. De plus, les radicules du noyer ont leurs extrémités recouvertes de mycorhizes, qui sont des associations symbiotiques entre les racines de végétaux et certains champignons du sol : ceci favorise l'absorption des minéraux par le végétal et donc sa nutrition. Ces mycorhizes ont également un rôle important dans l'amélioration du transport de substances chimiques toxiques, ici la juglone. (28) (38)

○ **c. Appareil reproducteur**

Concernant l'inflorescence, les fleurs staminées s'assemblent en chatons allongés, cylindriques et pendants (de 5 à 15 cm), de couleur jaune foncé, et elles portent de 6 à 30 étamines (cf Figure 13) alors que les fleurs pistillées petites et dressées forment des boutons terminaux. (19) (31) (32) (35)



Figure 13 : Chatons mâles de *Juglans regia* (39)

Celles-ci vont naître au printemps, seules ou disposées en bouquet aux extrémités des jeunes rameaux, en groupe de 1 ou de 5. La fleur est constituée par un involucre composé d'une bractée et de 2 bractéoles et d'un calice sépaloïdien comportant 4 sépales. La fleur femelle est incomplète : son périanthe est réduit à des écailles vertes. Les pièces de l'involucre et du périanthe sont soudées entre elles et aux carpelles : ceci forme la paroi ovarienne. Le pistil se compose d'un seul ovaire infère adhérent (ovaire situé au-dessous du plan d'insertion des pièces florales), constitué par deux carpelles uniloculaires et un style court terminé par deux stigmates lobés, très élargis (cf Figures 14 et 15). (18) (31) (32) (35)

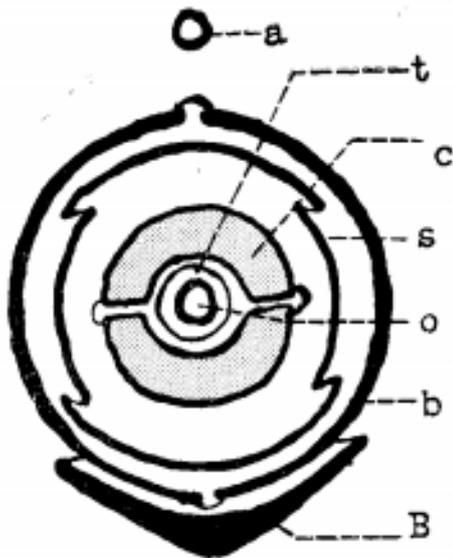


FIG. 1.

Figure 14 : Diagramme de la fleur femelle de *Juglans regia* (36)

B = bractée (1) ; b = bractéoles (2) ; s = sépales (4) ; c = carpelles (2) ; t = tégument ovulaire ; o = ovule ; a = axe de l'inflorescence



Figure 15 : Fleurs femelles de *Juglans regia* (27)

Les fleurs mâles sont portées par les rameaux de l'année passée alors que les fleurs femelles grossissent à l'extrémité des rameaux de l'année en cours.

○ **d. Fruit**

Concernant le fruit, chez JR, il correspond à une drupe indéhiscente de 4 à 5 cm de long et de 3 à 4 cm de large. La drupe est caractérisée par un péricarpe qui est composé de l'extérieur vers l'intérieur (19) :

- De l'épicarpe
- Du mésocarpe qui correspond à la partie charnue verte et glabre d'environ 1 cm d'épaisseur. Le mésocarpe est également appelé le brou. Cette partie n'est pas comestible chez le noyer. En séchant, il prend une teinte noirâtre et s'ouvre spontanément en 2 valves, le long de la nervure des carpelles, afin de libérer le noyau (noix) lors de sa chute (déhiscence loculicide).
- De l'endocarpe qui correspond à la partie sclérifiée et qui forme le noyau. (33)

Ici, le fruit dérivant d'un ovaire infère, le péricarpe va avoir une origine double, il sera formé par la paroi de l'ovaire et la paroi du réceptacle.



Figure 16 : Noix de *Juglans regia* (40)

Sur le noyau, on peut observer une fente qui correspond à la ligne de déhiscence médiodorsale des carpelles (cf Figure 16). Si on ouvre le noyau, on trouve la graine, également appelée amande dans le cas des drupes ou encore cerneau. En ouvrant le noyau et sans couper la graine, on constate que celle-ci possède une surface qui est très lobée et est formée de 2 lobes symétriques et accolés. On peut également constater que la graine est séparée en quatre parties par deux cloisons perpendiculaires. La cloison qui sépare les deux lobes de la graine est disposée perpendiculairement au plan sutural ou plan inter-carpellaire. Cependant cette cloison est incomplète : en effet, on trouve une fenêtre dite "septale" disposée dans la partie supérieure de la noix qui va permettre une communication entre les deux compartiments ainsi délimités. La seconde cloison, quant à elle divise la graine selon le plan sutural. Une seule amande est donc constituée de deux cerneaux également appelés cotylédons en botanique. (19) (34) (36)

Cette drupe provient de 2 carpelles qui sont "ouverts" mais dont les placentas, très proéminents, se soudent au centre en une colonne placentaire portant au sommet un seul ovule. Lors de la maturation, les 2 cotylédons (feuilles constitutives de la graine) se développent de part et d'autre de la cloison placentaire tandis que secondairement et perpendiculairement à cette dernière apparaît une fausse cloison : il en résulte les cotylédons multilobés de la noix. (36)

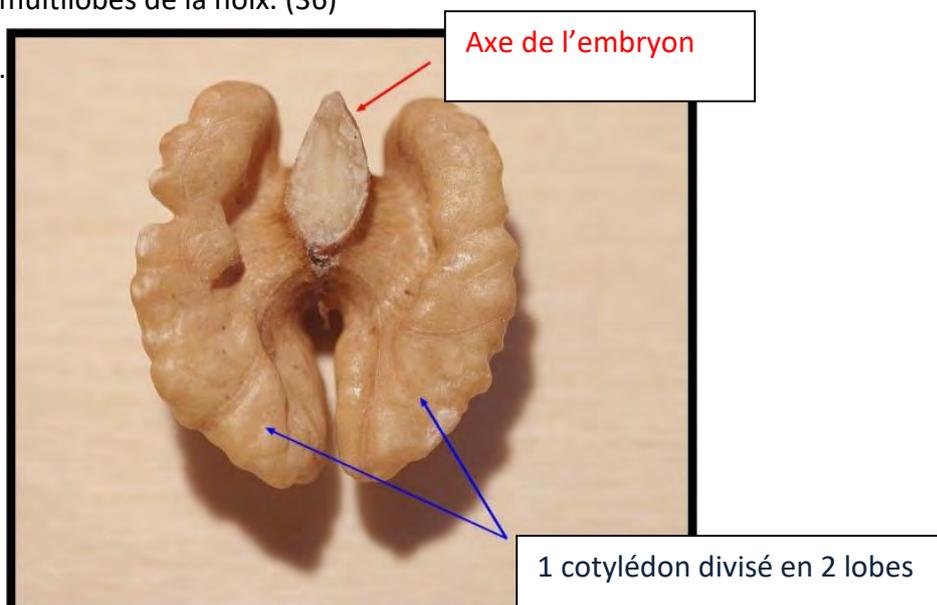


Figure 17 : Cotylédon d'un cerneau de noix. (41)

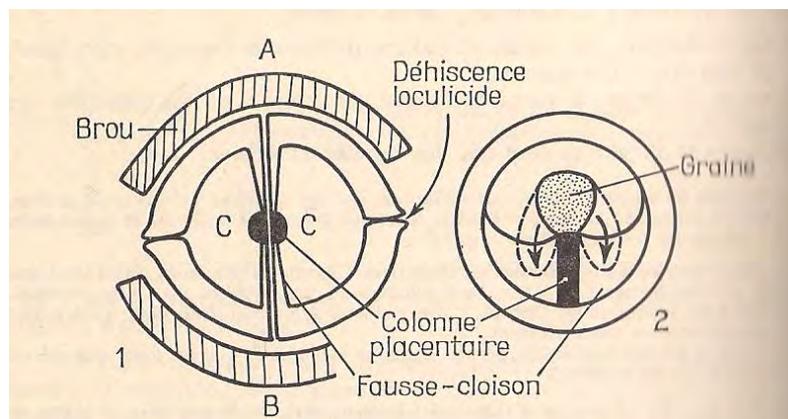


Figure 18 : Déhiscence du fruit de *Juglans regia* (16)

En (1) coupe transversale montrant les 2 carpelles c ouverts, les placentas hypertrophiés, la déhiscence loculicide qui se réalise au niveau des nervures des carpelles ; en (2), coupe longitudinale selon AB, mettant en évidence le fait que la première cloison soudée, au centre en colonne placentaire n'occupe que la partie basale du fruit ; une seconde fausse cloison située perpendiculairement à la première n'apparaît pas sur le schéma.

● V. ETUDE BOTANIQUE DE *JUGLANS CINEREA*

○ a. Aspect général

Juglans cinerea, Noyer cendré encore appelé arbre à noix longues ou Noyer tendre est un arbre de petite à moyenne taille : il atteint une hauteur d'environ 25 mètres, et dépasse rarement les 30 mètres. Son diamètre peut atteindre 80 à 90 cm. Le noyer cendré fleurit d'avril à juin selon les localités. C'est un arbre monoïque et la pollinisation est anémophile. Les fleurs des deux sexes arrivent à maturité à des moments différents. Cet arbre possède un tronc court qui se divise en quelques grosses branches ascendantes à grande propagation. Les petites branches ont, quant à elles, tendance à se recourber vers le bas, puis retourner vers les extrémités. (37) (44) (45)

Les noix restent généralement sur l'arbre jusqu'à la chute des feuilles. Le fruit arrive à maturité au cours des mois de septembre ou d'octobre. L'embryon peut demeurer à l'état dormant pendant 2 ans, cependant, il germe habituellement au printemps suivant la chute des noix.

○ b. Appareil végétatif

Les rameaux jeunes sont verts, à pubescence compacte glanduleuse et collante de couleur orange jaunâtre, puis ils deviendront lisses de couleur gris-brun brillant. La moelle est également cloisonnée. Chez le jeune JC, l'écorce est brune-grisâtre et lisse; avec l'âge elle devient sillonnée de crevasses étroites qui la divisent en plaques lisses ou écailleuses. (30) (43)

Concernant son système racinaire, on retrouve une racine pivotante si le sol est assez profond et de nombreuses racines latérales à large diffusion et qui s'étendent en profondeur. (37) (43)

Concernant les feuilles, celles-ci sont également imparipennées. Elles mesurent de 30 à 60 cm et sont composées de 11 à 17 folioles de forme ovales à lancéolées ou oblongues-lancéolées, mesurent de 9 à 17 cm. De plus, elles sont alternes et possèdent des bords finement dentés. Chez cette espèce, les folioles latérales n'ont pas de pétiole qui les rattache à la tige centrale de la feuille composée et sont ainsi directement insérées sur celle-ci (folioles sessiles). La foliole terminale est aussi grande que les folioles latérales. Les feuilles sont vertes jaunâtres et leurs faces inférieures sont densément pubescentes (contrairement à JN) : les poils qui sont pâles sont collants au toucher. Le pétiole mesure de 3.5 à 12 cm. (30) (43) (45)



Figure 19 : Feuille de *Juglans cinerea* (50)

○ c. Appareil reproducteur

On va retrouver des fleurs mâles qui sont réunies en chatons minces et verts de 6 à 14 cm de long et issus de bourgeons axillaires. Ceux-ci sont arrondis et courts. Il y a généralement 7 à 15 étamines par fleur. Les fleurs mâles sont portées par les rameaux de l'année précédente. (37) (42) (46)



Figure 20 : Chatons mâles de *Juglans cinerea* (51)

Concernant les fleurs femelles, on les retrouve en grappes terminales de 6 à 8 fleurs chacune. Les bourgeons terminaux sont coniques, allongés et velus, mesurant environ 1 à 1.8 cm de long, plutôt aplatis et ils possèdent des écailles externes lobées. Ils sont de couleur brun clair à rosâtre. Ils sont surmontés de longs stigmates de couleur pourpre. (42) (46)



Figure 21 : Fleurs femelles de *Juglans cinerea* (182)

○ **d. Fruit**

Le fruit est une drupe charnue indéhiscente ; c'est une noix comestible oblongue-ovoïde (elle est nettement plus longue que large) de 3 à 6 cm de long qui renferme une seule graine. On la retrouve seule ou en groupes de 2 à 5. Le brou est couvert d'un duvet dense de poils glandulaires, courts et visqueux, de couleur rouge-brun. La coquille de la noix est dure, épaisse et marquée de 2 crêtes aiguës irrégulières. L'embryon que renferme la noix possède deux gros cotylédons et est enveloppé d'un tégument séminale et d'un épais péricarpe qui correspond à la coque. Les cotylédons sont doux, huileux et comestibles. (37) (42) (43) (45)



Figure 22 : Fruit de *Juglans cinerea* (183)



Figure 23 : Coque et amande de *Juglans cinerea* (53)

○ e. Le chancre du noyer cendré

Il sera également important de parler dans cette partie d'un fléau qui touche le noyer cendré et qui est observé dans toute l'aire de répartition de celui-ci. Ce fléau, c'est le chancre du noyer cendré qui a tué jusqu'à 90% de la population du noyer cendré dans certaines régions des Etats-Unis. Les chancres ont été documentés pour la première fois aux Etats-Unis en 1967 et la maladie s'est propagée au Canada dans les années 1990. Le noyer cendré est aujourd'hui considéré comme une espèce en voie de disparition au Canada car on ne connaît aucun moyen à l'heure actuelle de guérir un arbre touché par le chancre. JC est donc l'hôte principal du chancre et c'est la seule espèce qui est tuée par l'agent pathogène. Cependant, d'autres espèces de Juglans sont également atteints comme JN et *Juglans ailantifolia* mais cela reste rare ou lorsqu'ils sont à proximité de noyers cendrés fortement infectés. (47) (48) (49)

Ce chancre est une infection causée par le champignon *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* (Sc-j) qui possède une virulence très forte. En ce qui concerne les symptômes, ce champignon va faire apparaître des petites taches noires allongées et enfoncées qui se trouvent le plus souvent sous l'écorce des rameaux et parfois sous l'écorce des branches. Le champignon se développe initialement sur des cicatrices de feuilles, des bourgeons latéraux, des plaies d'écorce ou encore des fissures naturelles de l'écorce. Ces taches sont recouvertes car les arbres infectés essaient de guérir les chancres en faisant pousser de l'écorce par-

dessus. Ce qui va être caractéristique de l'infection par Sc-j est la présence d'un liquide noirâtre au niveau des fissures dans l'écorce des branches qui contient les spores du champignon. Ce liquide apparaît généralement au printemps ou au début de l'été. L'infection débute à l'extrémité distale des branches, sous la cime de l'arbre, puis elle va se propager vers le bas lorsque les spores fongiques sont lavées par la pluie le long des branches. En été, les taches noires sèchent et vont être entourées d'une marge blanchâtre. Lorsque la maladie progresse, on peut observer de multiples chancres sur les branches, les tiges principales et les racines. Les chancres vont se développer, se rejoindre et tuer les branches : si le chancre annèle la tige, l'arbre meurt. L'arbre infecté va cesser de produire des noix. De plus, les chancres servent de points d'entrée pour d'autres organismes pathogènes. Ce champignon est transporté par le vent et par certains insectes d'arbres en arbres. (47) (48) (49)



Figure 24 : Chancre du noyer cendré (54)

● VI. ETUDE BOTANIQUE DE *JUGLANS NIGRA*

○ a. Aspect général

Juglans nigra, Noyer noir ou encore Noyer d'Amérique est un arbre qui peut atteindre une taille de 40 à 50 mètres et son diamètre peut approcher les 2 mètres dans son pays. En France, ils peuvent atteindre 30 mètres de hauteur et 0.7 mètre de diamètre. (17) (35) (55)

La floraison a lieu fin mai ou début juin. A l'automne, le fruit persiste sur l'arbre généralement plus longtemps que les feuilles. (35) (55)

○ b. Appareil végétatif

Son écorce épaisse est précocement et finement fissurée, de couleur brune noirâtre. Elle possède des sillons profonds et des crêtes étroites. Au creux des fissures ou en section,

l'écorce est plutôt de couleur brune rougeâtre. L'aubier est de teinte claire et le cœur du bois est plus ou moins violacé. Les rameaux sont gros, de couleur brun clair à orangé et à faible pilosité. Ils vont devenir gris la deuxième année et rugueux en raison de lenticelles. En coupe longitudinale, les rameaux présentent une moelle cloisonnée de couleur havane. (17)(30) (35) (55)

Le système racinaire se compose habituellement d'une racine pivotante profonde et de plusieurs racines latérales à large diffusion.

Les branches de JN, qui sont largement répandues, forment une couronne massive.



Figure 25 : Ecorce de *Juglans nigra* (56)

On distingue aisément JN de JR car il possède des feuilles très grandes, mesurant de 30 à 60 cm, composée et lancéolées, possédant de 9 à 25 folioles de 6 à 12 cm de longueur et de 2.5 à 5 cm de largeur. Les folioles possèdent une base arrondie, un bord finement denté et se rétrécissent en un mince apex acuminé. Les folioles sont alternes et très rapprochées les unes des autres. La foliole terminale est, en général, la plus petite et est souvent absente chez les sujets âgés. La surface adaxiale, supérieure, des folioles est vert terne, glabre et assez rêche au toucher, tandis que la surface abaxiale, inférieure est verte pâle. Comme les rameaux, les feuilles de JN sont faiblement pubescentes. Le rachis, tige centrale de chaque feuille, est vert clair à brun pâle et à pubescence courte. Les pétioles sont très courts comme on peut le voir sur la figure ci-dessous. (17) (30) (35) (43) (55)



Figure 26 : Feuille de *Juglans nigra* (57)

○ c. Appareil reproducteur

Concernant les bourgeons des fleurs femelles, ce sont des bourgeons terminaux 2-5, courts (0.3 à 1.2 cm) et couverts de quelques écailles velues. Ils sont gris-brun et souvent superposés en tandem. (17) (35) (55)



Figure 27 : Fleurs femelles de *Juglans nigra* (57)

Les chatons mâles mesurent de 5 à 10 cm et comprennent 17 à 50 étamines par fleur et sont de couleur verdâtre.



Figure 28 : Chatons mâles de *Juglans nigra* (57)

○ e. Fruit

Concernant le fruit, il est subglobuleux à globuleux, mesurant de 4 à 6 cm de diamètre, verruqueux, avec écailles et presque glabre. Les fruits sont de forme sphérique. Ils peuvent être trouvés dans des groupes de 2 ou 3 ou bien être solitaire. Ils ont une couleur verte et sont rugueux au toucher et ils dégagent une forte odeur aromatique. Les fruits ont une enveloppe épaisse, semi-charnue, couverte de poils courts et de couleur vert jaunâtre. Le brou est épais et demeure jusqu'à sa décomposition fortement adhérent à la noix. La noix possède une coque de teinte brune noirâtre qui est très rugueuse. Ses deux valves ne se séparent qu'à la germination. L'intérieur de la coque est remarquablement lisse alors que l'amande épouse étroitement la cavité de la loge. Le tégument de l'amande est de teinte brune noirâtre alors que sa chair est blanche et croquante. (17) (30) (35) (43) (55)



Figure 29 : Fruit de *Juglans nigra* (57)



Figure 30 : Coque et amande de *Juglans nigra* (58)

	JR	JC	JN
Hauteur	20 à 30 mètres	25 mètres	40 à 50 mètres
Diamètre	1.5 à 2 mètres	0.8 à 0.9 mètre	2 mètres
Ecorce	Grise 	Grise 	Brun foncé 
Rameau	<ul style="list-style-type: none"> • Glabre • Couleur brune 	<ul style="list-style-type: none"> • Moelle brun foncé • Pubescence sur cicatrice foliaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Moelle brun clair • Pas de pubescence sur cicatrice foliaire
Feuilles	<ul style="list-style-type: none"> • Alternes, pétiolées, imparipennées • 5 à 9 folioles • Folioles obovales ou elliptiques • Presque glabres • Bords entiers • Surface supérieure : vert brillant • Surface inférieure : plus claire 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternes, pétiolées, imparipennées • 11 à 17 folioles • Folioles lancéolées • Pubescents +++ sur la surface inférieure • Bords finement dentés • Vert jaunâtre 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternes, pétiolées, imparipennées • 9 à 25 folioles • Folioles lancéolées • Surface adaxiale : glabre, vert terne • Surface abaxiale : vert pâle • Foliole terminale +++ absent

			<ul style="list-style-type: none"> • Bords finement dentés 
Fleurs mâles	<ul style="list-style-type: none"> • Chatons allongés, cylindriques et pendants • 5 à 15 cm • Jaune foncé, • 6 à 30 étamines 	<ul style="list-style-type: none"> • Chatons allongés, cylindriques et pendants • 6 à 14 cm • Verts • 7 à 15 étamines 	<ul style="list-style-type: none"> • Chatons allongés, cylindriques et pendants • 5 à 10 cm • Verts • 17 à 50 étamines 
Fleurs femelles	<ul style="list-style-type: none"> • Petites et dressées en boutons terminaux • Pubescents • Grappe de 1 à 5 fleurs • 2 stigmates lobés et élargis 	<ul style="list-style-type: none"> • Bourgeons coniques, allongés, velus et légèrement aplatis • Pubescents • Grappe de 6 à 8 fleurs • 2 stigmates longs de couleur pourpre 	<ul style="list-style-type: none"> • Petites et dressées en boutons terminaux • Grappe de 2 à 5 fleurs • Couvertes de quelques écailles velues • Gris-brun • +++ superposées en tandem 

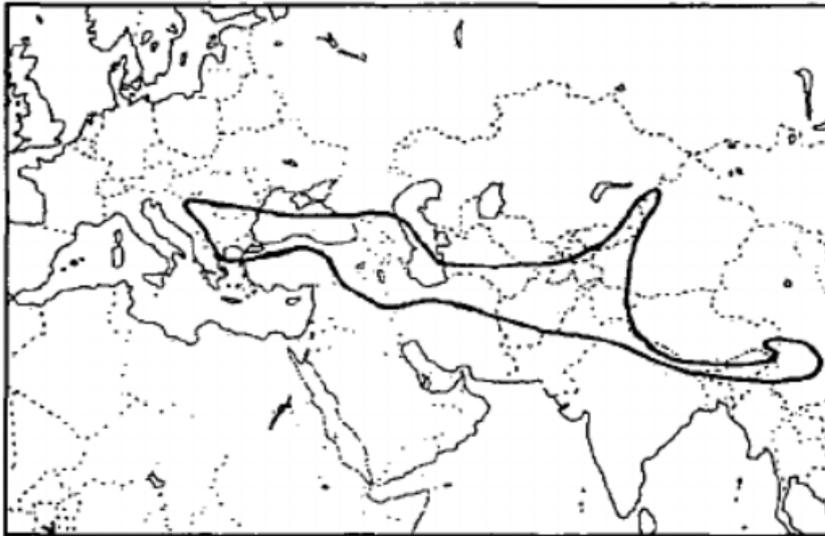
Fruit	<ul style="list-style-type: none"> • Drupe • 4 à 5 cm de long • 3 à 4 cm de large • Brou vert et glabre 	<ul style="list-style-type: none"> • Drupe • Nettement plus long que large, oblong • Brou pubescent vert clair à poils brun-rougeâtres. • Noyau à côtes anguleuses   <p>J.c.Kenworthy</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Drupe • Sphérique • Brou verruqueux, presque glabre, vert • Coque brune-noirâtre. Extérieur +++ rugueux alors que l'intérieur est plutôt lisse • Noyau à côtes arrondies  
-------	---	---	---

Tableau 1 : Tableau comparatif entre *Juglans regia*, *Juglans cinerea* et *Juglans nigra*

• VI. AIRE DE REPARTITION

○ a. *Juglans regia*

JR est originaire du Sud-est de l'Europe et d'Asie occidentale et centrale. Il fut introduit, en des temps très anciens, en Europe centrale et occidentale par les romains et les grecs et en Amérique par les explorateurs. Il a connu une telle expansion qu'il est aujourd'hui difficile de déterminer les endroits où il pousse à l'état sauvage. Cependant, on sait qu'il est spontané du sud-est de l'Europe et notamment dans la région Méditerranée, jusqu'à la Birmanie septentrionale, en passant par l'Asie, l'Himalaya et le sud-ouest de la Chine. (30) (35) (55)



Aire naturelle de Juglans regia L.

Figure 31 : Aire naturelle de *Juglans regia*. (55)

○ ***b. Juglans cinerea***

JC est originaire des Etats-Unis, plus précisément dans le nord-est et le centre-nord (de l'Arkansas en passant par le Minnesota). Sa limite nordique se situe dans le sud-est du Canada, en effet on le retrouve dans les provinces sud de l'Ontario et du Québec. (30) (43)

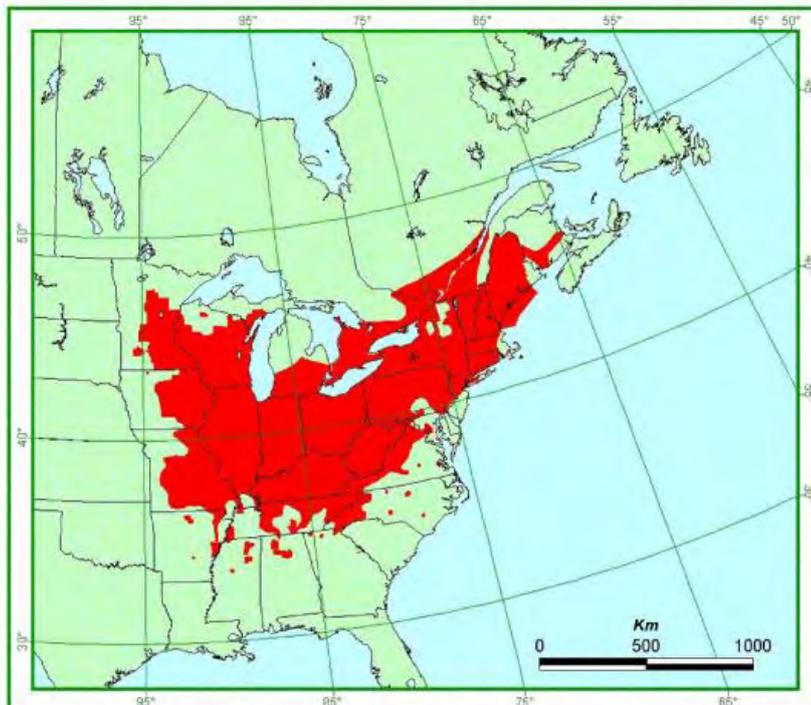
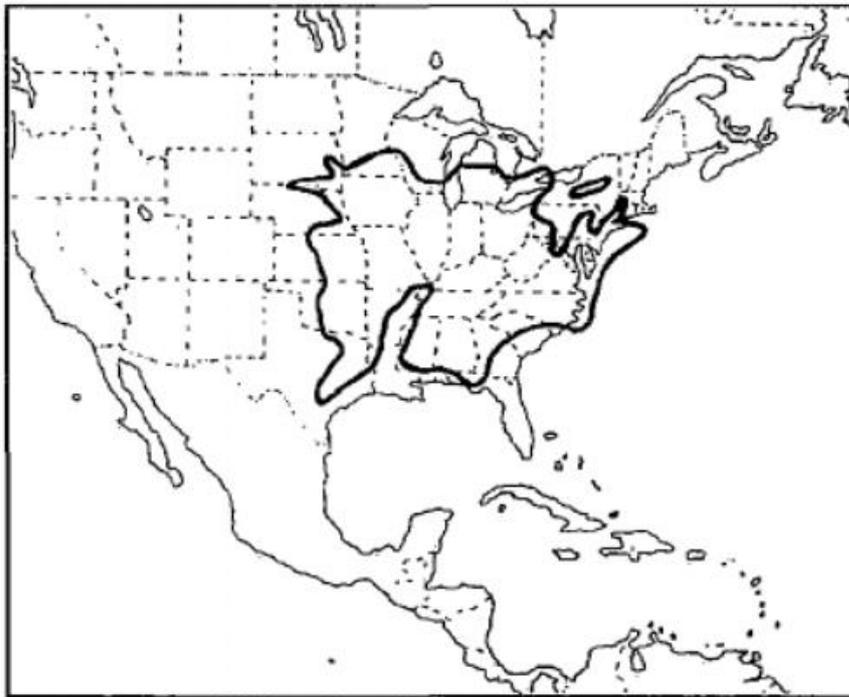


Figure 32 : Aire naturelle de *Juglans cinerea* (59)

○ ***c. Juglans nigra***

JN ou Noyer d'Amérique ou Noyer de Virginie est également originaire des Etats-Unis, du sud-est du Canada et jusqu'au golfe du Mexique (Ontario méridional, jusqu'à la Floride, le Texas et le Dakota du sud). JN est introduit en Europe en 1629, en France au XVIIIe siècle. (55)



Aire naturelle de *Juglans nigra* L.

Figure 33 : Aire naturelle de *Juglans nigra*. (55)

PARTIE II : Etude phytochimique

● I. METABOLITES PRIMAIRES

Les métabolites primaires sont des métabolites directement impliqués dans la croissance, le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Les métabolites primaires rassemblent les acides aminés (qui entrent dans la composition des protéines), les lipides, les carbohydrates ou glucides et les acides nucléiques. (60)

- Carbohydrates : dans les végétaux, on retrouve principalement de la cellulose, de l'hémicellulose, de la pectine et de l'amidon. Les deux monosaccharides retrouvés majoritairement sont le glucose et le fructose et les deux oligosaccharides les plus abondants sont le saccharose et le tréhalose. Le saccharose est le sucre le plus abondant dans les feuilles avec une concentration de 5.79g pour 100g de feuilles. Le cellulose et l'hémicellulose sont les deux constituants principaux du bois. L'hémicellulose est plus élevée d'environ 10% dans le bois de JN que dans celui de JR. (60)(62)(63)
- Acides aminés : dans les feuilles, on retrouve, la glycine, la L- isoleucine, L-ornithine monohydrochlorure, L-histidine monohydrochlorure, 2-amino-n-butyrique, acide L- hydroxy-proline, L-proline, L-tyrosine, DL -méthionine, DL-norleucine, L-arginine monohydrochlorure, DL-tryptophane et DL -phényl alanine. Les acides aminés prédominants dans la noix sont l'acide glutamique, l'acide aspartique et l'arginine. Les taux d'arginine sont plus importants chez le noyer noir que chez le noyer commun. L'intérêt de l'arginine sera développé dans la partie III. (61)(63)
- Acides organiques : l'acide malique est l'acide qui est retrouvé le plus abondamment dans les feuilles du noyer mais on retrouve également l'acide oxalique, citrique, shikimique, ascorbique. (63)
- Matière minérale : dans l'écorce on retrouve le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse en plus grandes quantités et des faibles quantités de calcium et potassium. Dans la noix, les minéraux retrouvés en plus grandes quantités sont le potassium, le phosphore et le magnésium. (63) (62)
- Lipides :

Concernant la composition chimique de la noix de JR : son huile est riche en AGI. En effet, les cotylédons en renferment un taux allant de 79% à 82% :

- Acide linoléique (54 à 65%) (AGPI) (oméga-6)
- Acide oléique (14 à 21%) (AGMI)
- Acide alpha-linoléique (9 à 15%) (AGPI) (oméga-3)

Les deux AGPI cités sont des AG dits essentiels car ils ne sont pas synthétisés par le corps humain.

De plus, cette huile est pauvre en AGS :

- Acide palmitique (6 à 8%)
- Acide stéarique (1 à 3%).

En ce qui concerne la composition chimique de la noix de JN, on retrouve une teneur totale en lipides de plus de 80%. En ce qui concerne les AGI on retrouve :

- Acide linoléique (69% environ) (AGPI) (oméga-6)
- Acide oléique (AGMI)
- Acide alpha-linoléique (3% environ) (AGPI) (oméga-3)

On retrouve également, comme dans les noix de JR, des AGS notamment l'acide palmitique (2% environ).

Concernant les noix de JC, on retrouve également des AGPI :

- Acide linoléique (70%)
- Acide alpha-linoléique (15%)

Mais également des AGS, notamment l'acide palmitique à un taux de 2% environ.

Ainsi, cette huile étant une bonne source d'AGI (oméga 3 et oméga 6), les noix pourraient donc avoir un rôle dans la prévention des accidents cardiovasculaires.

Les feuilles de noyer contiennent également des AGI (acide linoléique en plus grande quantité mais aussi acide linoléique). (64)

● **II. METABOLITES SECONDAIRES**

Les métabolites secondaires sont divisés en trois grandes catégories :

- Les alcaloïdes et composés azotés
- Les composés phénoliques ou polyphénols
- Les composés terpéniques (60) (65)

On ajoute classiquement à ces catégories :

- La catégorie des hétérosides qui est constituée de dérivés glycosylés de composés terpéniques, phénoliques et plus rarement d'alcaloïdes.
- La catégorie des "composés mixtes" qui correspondent à des condensations de molécules provenant des catégories citées plus haut. (65)

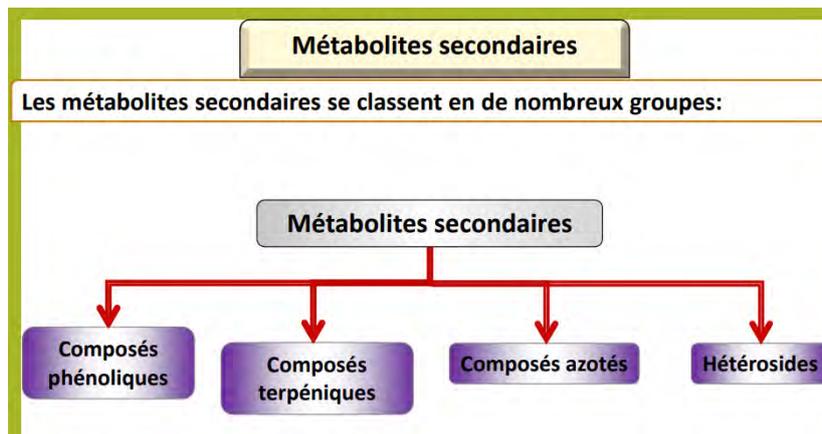


Figure 34 : Classification des métabolites secondaires (60)

○ a. Les polyphénols

Les métabolites secondaires sont presque tous des polyphénols qui sont divisés en plusieurs catégories : les flavonoïdes, les tanins qui sont des produits de polymérisation des flavonoïdes, les acides phénoliques, les coumarines, les lignanes etc. La teneur en phénols est variable : elle dépendra de la période, de l'origine géographique, du stade ontogénétique des pousses, des conditions climatiques... En effet, il est à noter que les hautes températures semblent induire un stress qui favorise la biosynthèse des composés phénoliques; ainsi, le contenu en phénols est en augmentation jusqu'à début d'août. Cependant, on observe des fortes concentrations en composés phénoliques aux mois de juillet et septembre, mais une diminution dans leur teneur au mois d'août. Cette diminution est probablement causée par la croissance des fruits qui a également lieu au mois d'août. Le stress semble également être causé par les différences de températures entre le jour et la nuit, par la sécheresse, par les précipitations irrégulières; ces phénomènes semblent expliquer l'augmentation du contenu phénolique au mois de septembre. (66)



Figure 35 : Principales classes des composés phénoliques (67)

La plupart de ces composés poly-phénoliques dérivent d'acides aminés aromatiques : la tyrosine et la phénylalanine. Ils sont majoritairement formés à partir d'unités dérivés de l'acide cinnamique. On peut en effet observer ci-dessous, que la désamination de la phénylalanine par la phénylalanine ammonia-lyase (PAL) conduit à l'acide cinnamique (C6-C3, noyau phényl + acide propénoïque) qui est à l'origine de plusieurs composés. (60) (65)

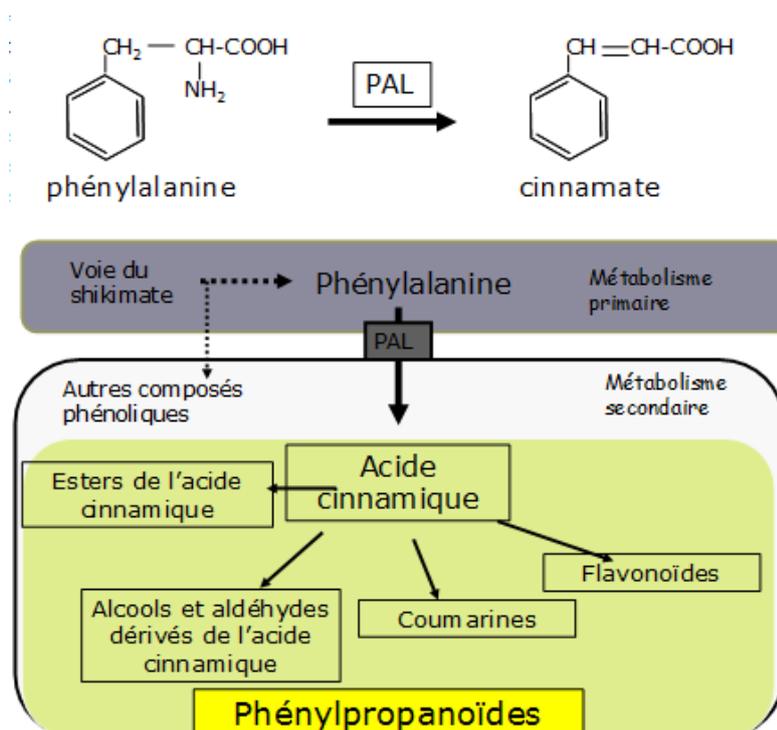


Figure 36 : Désamination de la phénylalanine par la PAL en acide cinnamique (65)

▪ **i.Tanins**

Dans le noyer on retrouve des tanins qui sont des produits poly-phénoliques qui ont la propriété de tanner la peau en se fixant aux protéines. Ils précipitent également les alcaloïdes et la gélatine. (28)

Ils sont divisés en 2 groupes :

- Tanins hydrolysables : ce sont des esters d'acide gallique ou d'acide ellagique et de glucose. Ce ne sont pas des flavonoïdes contrairement aux tanins non hydrolysables. On retrouve donc dans les tanins hydrolysables :
 - Des tanins ellagiques
 - Des tanins galliques
 - Des tanins complexes (acide gallique ou acide ellagique lié à un flavonoïde)
- Tanins condensés, non hydrolysables, catéchiques ou proanthocyanidines : ce sont des polymères de 2 à 7 résidus flavan-3-ols reliés par des liaisons C-C non hydrolysables. On retrouve dans ce groupe la catéchine et l'épicatéchine. Ce sont des composés qui capables de faire précipiter les protéines, notamment celles de la salive, ce qui explique par exemple l'astringence de certains vins. (68) (69) (70) (71)

Les feuilles du noyer contiennent environ 10% de tanins ellagiques (exp : pèdunculagine, tellimagrandines, glansrines). (28)

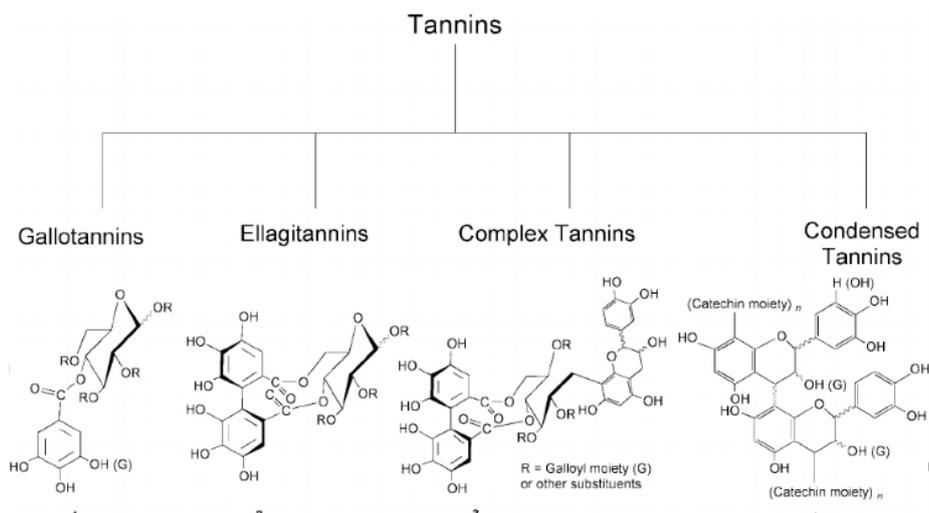


Figure 37 : Classification des tanins (72)

▪ ii. Flavonoïdes

Les flavonoïdes de formule chimique C₆-C₃-C₆ (deux cycles aromatiques joints par un hétérocycle à oxygène) sont généralement divisés en 2 classes :

- Anthocyanes (ce sont des composés colorés présents majoritairement dans les fleurs et les fruits colorés)
- Anthoxanthines (ce sont des composés incolores qui sont eux-mêmes divisés en flavones, flavanes, flavanols, isoflavones et leurs glycosides) (70) (71)

Dans les feuilles de noyer, on retrouve environ 3.4% de flavonoïdes sous forme de quercétine (flavonol : fonction cétone =O + fonction alcool -OH) dont 0.6% sous forme de quercétine-3-O-galactoside et entre 0.2 et 0.6% sous forme de quercétine-3-O-rhamnoside. Les autres flavonols retrouvés dans les feuilles de noyer sont : le kaempférol, la syringétine, la myricétine ainsi que l'épicatéchine. (63) (73) (74) (75)

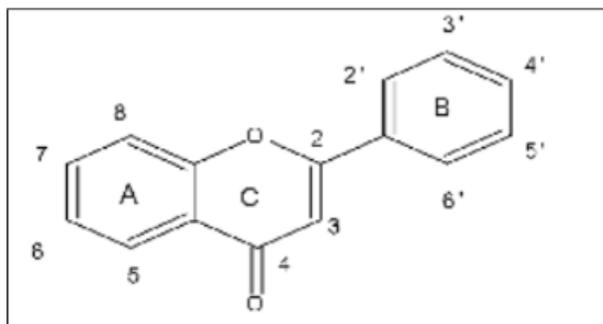


Figure 38 : Structure de base des flavonoïdes (63)

▪ iii. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des constituants omniprésents des plantes. En effet, ils sont impliqués dans la protection contre les rayonnements UV, les attaques d'agents pathogènes ou d'insectes. Ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Ils dérivent de :

- L'acide benzoïque (C₆-C₁) dans lesquels on retrouve l'acide gallique, l'acide para-hydroxybenzoïque, l'acide protocatéchique, l'acide vanillique et l'acide syringique
- De l'acide cinnamique (C₆-C₃) dans lesquels on retrouve l'acide caféique, l'acide ferulique, l'acide para-coumarique et l'acide sinapique). (70) (71)

Chez le noyer, on retrouve différents acides phénoliques dont l'acide para-hydroxybenzoïque, vanillique, genistique, protocatéchique, para-coumarique, caféique, gallique, chlorogénique, néo-chlorogénique trans-cinnamique, o-coumarique, férulique, syringique et tannique. L'acide parahydroxybenzoïque est le composant majoritaire retrouvé dans le brou des noix

suivi de l'acide syringique. Il est également prédominant dans les feuilles du noyer. Le composant majoritaire retrouvé dans les inflorescences mâles est l'acide vanillique. (63) (73) (75) (76)

▪ **iv. Napthoquinones**

Les feuilles de noyer laissent échapper une odeur aromatique et possèdent une saveur amère et astringente. Chez le noyer, la juglone (5-hydroxy-1,4-napthoquinone) est présente sous forme de glucoside inactif qui demande à être hydrolysé pour que la toxicité soit révélée ou sous forme d'hydro-juglone, également non directement toxique. La teneur en juglone est forte dans les jeunes feuilles mais très faibles dans les feuilles âgées ou sèches. On la retrouve naturellement dans toutes les parties du noyer : sa teneur est de 0.6% dans les feuilles contre 2% dans le brou chez JR. Cependant ce sont les noyers noirs et les noyers cendrés qui produisent les plus grandes quantités de juglone. Une fois que l'hydro-juglone va être exposée à l'air il va se produire une oxydation et on obtiendra la juglone, qui est toxique. C'est celle-ci qui colore en brun sombre la partie externe du fruit au cours de la maturation. Ainsi, lorsque les feuilles et les tiges du noyer sont lessivées par la pluie, celles-ci vont ainsi relâcher la juglone qui est très toxique pour les autres végétaux. Elle est, en effet, un puissant inhibiteur de germination car elle inhibe la respiration. La juglone est également produite par les racines du noyer et peut persister plus d'un an dans le sol après que le noyer ait été enlevé. On comprend maintenant pourquoi le noyer a mauvaise réputation et pourquoi on dit qu'il ne faut jamais s'allonger sous un noyer ou encore que rien ne pousse sous un noyer. C'est ce que l'on appelle l'allélopathie. Les conséquences écologiques de cette toxicité dépendent de 3 paramètres principaux (71) (75) :

- L'intensité du lessivage des feuilles
- La dégradation de la juglone par les micro-organismes du sol
- La sensibilité des différentes espèces à la juglone

Comme dit précédemment, la teneur en phénols est variable et dépendante de différents facteurs. Les concentrations en phénols sont les plus importantes au cours des mois de juillet et de septembre. Les phénols sont connus notamment pour leur activité antimicrobienne; donc les feuilles devraient être récoltées au cours des mois où la teneur en phénols est la plus élevée. (71) (75)

De plus, la juglone est également pointée du doigt dans des cas d'intoxications chez certains animaux, notamment les chevaux, bien que son implication ne soit pas encore démontrée et prouvée. En effet, des cas de coliques modérées, de fourbures aiguës (inflammation des pattes) et de fréquences respiratoires élevées ont été reportés chez des chevaux et poneys dont les écuries se situaient à proximité de noyers ou dont la litière comportait des copeaux de bois de noyer. (77)

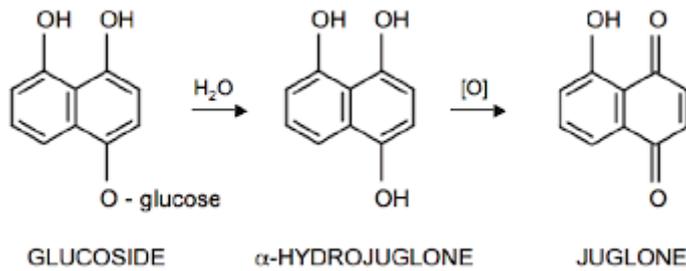


Figure 39 : Structures chimiques de la juglone, de l'hydro-juglone et de juglone-glucoside. (78)

▪ v. Lignines

L'acide cinnamique est à l'origine de 3 alcools :

- L'alcool coumarylique
- L'alcool coniférylique
- L'alcool sinapylique

La polymérisation de ces différents composés par des liaisons C-C ou C-O aboutit à la formation des lignines qui sont des polymères à très haut poids moléculaires et renforcent notamment les parois végétales. La composition des lignines sera différente entre les gymnospermes (100% coniférylique), les dicotylédones (coniférylique + sinapylique) et les monocotylédones (on y retrouve les 3 types d'alcools). (65)

Dans la composition du bois, la lignine est le troisième constituant majeur après le cellulose et l'hémicellulose. On retrouve également dans l'écorce des sucres réduits, des tanins et des composés phénoliques.

Concernant le bois du noyer, la couleur de celui-ci est principalement associée aux flavonoïdes de couleur jaune, aux composés quinoniques dérivés du naphthalène et de l'anthracène et aux tanins hydrolysables. Ces pigments extractibles ne représentent pourtant qu'une faible fraction de la matière colorante ; en effet, la fraction restante est constituée de pigments difficilement extractibles car ils sont fortement liés aux différents constituants des parois cellulaires. (71)



Figure 40 : Coupe transversale d'un tronc et sa souche (81)

La couleur du bois dépend étroitement du processus de duraminisation. Ce processus correspond à l'obstruction progressive des vaisseaux par diverses substances ce qui conduit au blocage de la circulation de la sève : l'aubier va ainsi se transformer en bois de cœur. Durant la duraminisation, il y a une mort des cellules parenchymateuses dans le bois de cœur ce qui entraîne une disparition des réserves et une accumulation des substances colorées. La zone située entre l'aubier et le bois de cœur présente un métabolisme phénolique actif. Chez le noyer, on peut observer 2 phénomènes conjoints qui vont aboutir à la formation de pigments colorés :

- Accumulation et hydrolyse de l'hydrojuglone en juglone
- Forte expression du gène de la chalcone synthase qui permet l'accumulation de flavanoïdes. (71)

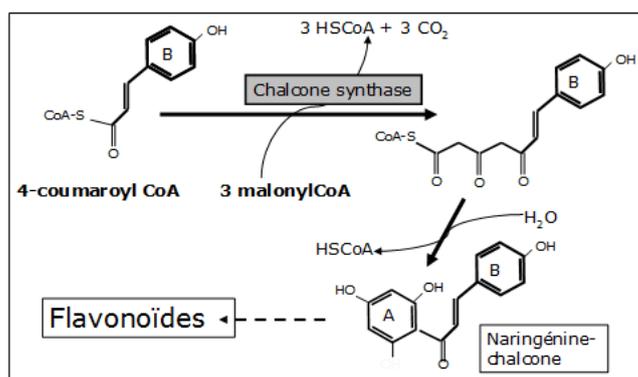
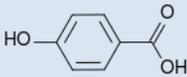
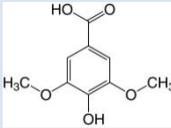
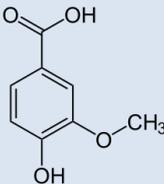
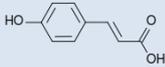
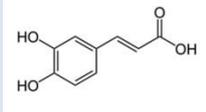
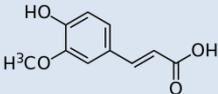
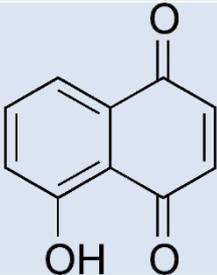
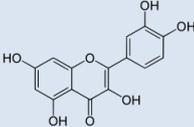
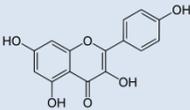
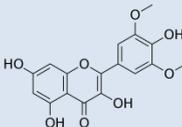


Figure 41 : Chalcone synthase qui donne des flavonoïdes

Ces différents composés phénoliques sont ensuite oxydés et polymérisés lors de la duraminisation, soit par voie chimique soit par intervention de peroxydases.

Squelette carboné	Classe	Exemple	Structure
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques (acides phénoliques)	<ul style="list-style-type: none"> Acide para-hydroxybenzoïque 	
		<ul style="list-style-type: none"> Acide syringique 	
		<ul style="list-style-type: none"> Acide vanillique 	
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques (acides phénoliques)	<ul style="list-style-type: none"> Acide paracoumarique 	
		<ul style="list-style-type: none"> Acide caféique 	
		<ul style="list-style-type: none"> Acide ferulique 	
C6-C4	Naphtoquinones	Juglone	
C6-C3-C6	Flavonoïdes	<ul style="list-style-type: none"> Quercétine 	
		<ul style="list-style-type: none"> Kaempférol 	
		<ul style="list-style-type: none"> Syringétine 	

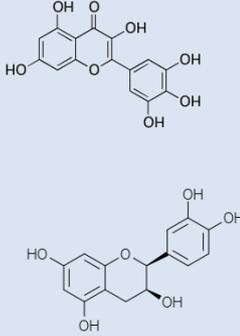
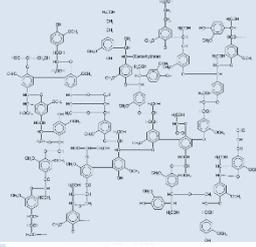
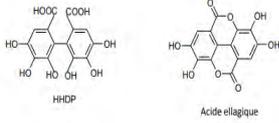
		<ul style="list-style-type: none"> • Myricétine • Epicatéchine 	
(C6-C3)n	Lignines		
Sucre (glucose ou dérivé)	Tanins hydrolysables	Ellagitanins	

Tableau 2 : Principales classes de composés phénoliques retrouvés chez le noyer. (29)

○ b. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances azotées, basiques, presque toujours hétérocycles (azote dans le cycle) et à structure souvent complexes. Ils sont le plus souvent d'origine végétale mais aussi issus d'organismes marins et d'animaux. (83)

Classification biogénétique des alcaloïdes :

- Les alcaloïdes vrais : dérivent d'acides aminés et présentent au moins un hétérocycle
- Les proto-alcaloïdes : dérivent d'acides aminés mais pour lesquels l'azote est en dehors des structures cycliques
- Les pseudo-alcaloïdes : qui ne dérivent pas d'acides aminés (exemple de la caféine) (84)

Dans les noix, on retrouve de la sérotonine qui est un neurotransmetteur dérivant d'un acide aminé, le tryptophane. C'est un neurotransmetteur qui régule l'humeur, le sommeil et l'anxiété chez les mammifères. Les taux de sérotonine dans les noix varient au cours de l'année : ils sont les plus faibles au printemps et les plus élevés en automne. Les taux de sérotonine augmentent donc chez le noyer à mesure que les fruits mûrissent. (82)

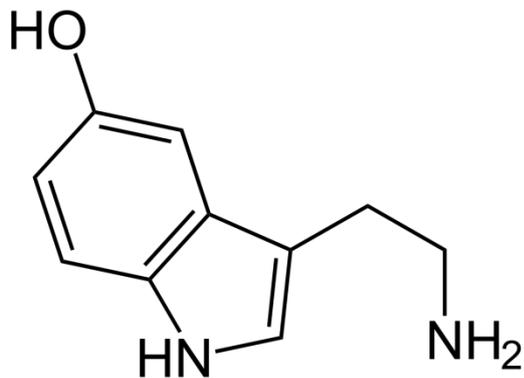


Figure 42 : Structure chimique de la sérotonine

○ c. Terpènes

La classification des composés terpéniques :

- Hemiterpènes : C5 (une unité isoprène C5H8)
- Monoterpènes : C10 (deux unités isoprènes C5H8)
- Sesquiterpènes : C15 (trois unités isoprènes C5H8). Ils peuvent être monocycliques ou polycycliques.
- Diterpènes : C20 (quatre unités isoprènes C5H8)
- Triterpènes : C30. On distingue en fonction du nombre de cycles les monoterpènes pentacycliques et les monoterpènes stéroïdiens (tétracycliques).
- Tétraterpènes : C40 (caroténoïdes)
- C45 et C50 : queues terpéniques des molécules d'ubiquinone et de plastoquinones
- Au-delà : polyterpènes (caoutchouc...) (65)

Dans les huiles essentielles de feuilles de JR, on retrouve majoritairement des monoterpènes (pinènes, myrcène, limonène...) et des sesquiterpènes (caryophyllène, germacrène...). Concernant l'huile essentielle de JN, on retrouve majoritairement des sesquiterpènes (caryophyllène et germacrène comme dans JR) et un mono-terpène en grande quantité, l'alpha-pinène. De plus, dans l'huile essentielle de JN, il a été retrouvé des quantités non négligeables de juglone et d'alpha-hydrojuglone. (73) (74)

○ d. Phytostérols

Les phytostérols sont des dérivés de triterpènes.

Dans le noyer on retrouve majoritairement du lupéol, du beta-sitostérol, de l'acide bétulinique et du daucostérol. Le beta-sitostérol est le phytostérol retrouvé en plus grande quantité dans la noix. (64) (74)

○ e. Vitamines

Dans la noix, on retrouve majoritairement de la vitamine E sous forme de gamma-tocophérol et sous forme de delta-tocophérol. Le gamma-tocophérol est présent en plus

grande quantité chez le noyer noir que chez le noyer commun. Il est à noter que la vitamine E possède une très forte activité antioxydante qui sera également abordée dans la partie III. De plus, la vitamine E fait partie des quatre vitamines liposolubles (ADEK), son absorption sera donc dépendante de la quantité de graisses présentes dans le repas : or les noix ont une très forte teneur en graisses, comme dit précédemment, ce qui permettra d'augmenter la biodisponibilité de la vitamine E. On retrouve également des quantités non négligeables de vitamine B qui joue un rôle dans l'homocystéine détoxifiante. C'est un acide aminé dérivé de la méthionine possédant des propriétés athérombotique et qui s'accumule lorsque le folate est déficient. La vitamine B est retrouvée en plus grande quantité chez le noyer commun. (64) (85)

Partie de l'arbre	Composants principaux
Feuilles	<ul style="list-style-type: none"> • Tanins : +++ ellagiques • Naphtoquinones : +++ juglone et hydrojuglone • Flavonoïdes: +++ quercétine et dérivés • Acides phénoliques : +++ acide parahydroxybenzoïque • Acide ascorbique • Huile essentielle : +++ caryophyllène et germacrène
Noix	<ul style="list-style-type: none"> • Huile grasse riche en AG essentiels (voir tableau ci-dessous) • Tanins • Acides phénoliques • Protéines • Glucides • Vitamines : +++ E et B • Minéraux : +++ potassium, phosphore et magnésium • Sérotonine
Bois	<ul style="list-style-type: none"> • Carbohydrates : +++ cellulose et hémicellulose • Lignines • Composés phénoliques : flavonoïdes, tanins hydrolysables, juglone et hydrojuglone
Coques des noix	<ul style="list-style-type: none"> • Acides phénoliques : +++ acide gallique et acide trans-cinnamique • Tanins hydrolysables • Tanins condensés • Flavonoïdes : +++ flavanols (quercétine, taxifoline, kaempférol...) • Naphtoquinones : juglone +++ et plumbagine <p>Les composés phénoliques sont particulièrement concentrés dans les coques de noix</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Phytostérols : +++ beta-sitostérol et stigmastérol
Brou de noix	<ul style="list-style-type: none"> • Composés phénoliques et juglone • Glucose • Acides organiques +++ acide citrique et acide malique • Oxalate de calcium • Minéraux : +++ phosphate

Tableau 3 : Principaux constituants dans les différentes parties du noyer

Analyse immédiate	JR (100g)	JN (100g)	JC (100g)
Eau (g)	4.07	4.56	5.0
Energie (kcal)	654	618	646
Protéines (g)	15.23	24.06	14.98
Lipides totaux (g)	65.21	59	64.60
Fibres (g)	6.7	6.6	6.66
Sucres (g)	2.61	1.10	3.34

Minéraux	JR (100g)	JN (100g)	JC (100g)
Potassium (mg)	441	523	421
Phosphore (mg)	346	513	446
Magnésium (mg)	158	201	237
Calcium (mg)	98	61	53
Zinc (mg)	3.09	3.37	3.13
Fer (mg)	2.91	3.12	4.02
Sodium (mg)	2	2	1

Vitamines	JR (100g)	JN (100g)	JC (100g)
Vitamine C = acide ascorbique	1.3 mg	1.7 mg	3.2 mg
Vitamine B1 = thiamine	0.341 mg	0.057 mg	0.383 mg
Vitamine B2 = riboflavine	0.150 mg	0.130 mg	0.148 mg
Vitamine B3 = niacine	1.125 mg	0.470 mg	1.045 mg
Vitamine B6 = pyridoxine	0.537 mg	0.583 mg	0.560 mg
Vitamine B9 = folate	98 µg	31 µg	66 µg
Vitamine A	20 UI	40 UI	24 UI
Vitamine E, alpha tocophérol	0.70 mg	1.80 mg	
Vitamine E, gamma tocophérol	20.85 mg	28.48 mg	+++

Vitamine K (phylloquinone)	2.7 µg	2.7 µg	
---------------------------------------	--------	--------	--

Lipides	JR (100g)	JN (100g)	JC (100g)
AG saturés (g) majoritairement Acide palmitique et acide stéarique	6.126	3.368	5.99
Acide oléique (AGMI) (g)	8.7	14.533	8.99
Acide linoléique (AGPI) (g)	38.2	33.072	37.63
Acide alpha- linoléique (AGPI) (g)	9.08	2.006	8.99

Tableau 4 : Tableaux comparatifs sur la composition des trois espèces de noyer étudiées (65) (64) (86) (87) (107)

PARTIE III : Intérêts
thérapeutiques de
Juglans regia,
cinerea et *nigra*

● I. ACTIVITE ANTIBACTERIENNE

Le noyer possède un large spectre d'activité antibactérienne contre les bactéries Gram+ et Gram-.

Sur les Gram + on retrouve notamment une activité antibactérienne sur *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus luteus*, et *Enterococcus faecalis*.

Sur les Gram – on retrouve notamment une activité antibactérienne contre *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhimurium* et *Proteus sp.* (63) (90) (91)

Cela a pu être mis en évidence grâce à la méthode de diffusion sur disque : la souche à tester est ensemencée dans de la gélose puis sont déposés des disques de papier buvard avec un antibiotique à une certaine concentration. La boîte ainsi préparée sera incubée à 37°C pendant une nuit. Il sera ensuite possible d'observer l'inhibition de croissance autour du disque pour lequel la souche est sensible à l'antibiotique. Le diamètre de la zone d'inhibition sera mesuré en mm et il sera possible de calculer la CMI (concentration minimale d'inhibition) de l'antibiotique pour la souche examinée en reportant le diamètre sur une courbe de concordance préétablie. (91)



Figure 43 : Méthode de la diffusion sur disque

Nom Bactérie	Gram	Symptômes
<i>Bacillus cereus</i>	+	Intoxication alimentaire (forme émétique ou forme diarrhéique)
<i>Bacillus subtilis</i>	+	Intoxication alimentaire exceptionnelle
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	Intoxications alimentaires Infections cutanées suppuratives (panaris, furoncles...) Infections de différents organes (pneumonie, endocardite...) Infections des os
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	Infections cutanées, nasales (sinusite), urinaires...

		+++ chez personnes immunodéprimées
<i>Micrococcus luteus</i>	+	Infections bouche, pharynx, voies aériennes supérieures +++ chez personnes immunodéprimées (maladies nosocomiales)
<i>Enterococcus faecalis</i>	+	Inflammations chroniques de l'intestin
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	+++ infections nosocomiales Infections œil, plaies, urines, poumons, reins, méninges...
<i>Escherichia coli</i>	-	Bactérie commensale Gastro-entérites, infections urinaires, méningites...
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	Infections urinaires et nosocomiales
<i>Salmonella typhimurium</i>	-	Fièvres typhoïdes ou paratyphoïdes TIAC = toxi-infection alimentaire (diarrhée muco-purulente et sanguinolente)
<i>Proteus</i>	-	Infections urinaires, infections de plaies
<i>Bacillus anthracis</i>	+	Maladie du charbon (forme cutanée, gastro-intestinale ou respiratoire)
<i>Clostridium botulinum</i>	+	Toxine botulique qui bloque la transmission neuro-musculaire

Ce sont les flavonoïdes qui permettent notamment au noyer d'avoir une action antimicrobienne. En effet, celle-ci est attribuée à la fonction phénolique. Cette activité est censée augmenter avec le nombre de substituants hydroxyles (R-OH), méthoxyles (R-O-CH₃) ou glucosyles. Les structures les plus efficaces étant les flavones et les flavanones. Plusieurs hypothèses sont proposées pour expliquer l'effet antimicrobien des flavonoïdes :

- Inhibition de la synthèse d'acide nucléique
- Inhibition des fonctions de la membrane cytoplasmique
- Séquestration du substrat nécessaire à la croissance microbienne et inhibition du métabolisme énergétique microbien. (63)

Les tannins possèdent également une activité antimicrobienne ; en effet on peut observer une activité bactériostatique sur *Bacillus anthracis*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Clostridium botulinum*. (63)

Une étude a également permis de mettre en évidence que des extraits de feuilles de JR avaient une activité antimicrobienne contre *Propionibacterium acnes*, responsable de l'acné. Cette même étude a aussi démontré que le noyer avait une plus forte activité antimicrobienne

que l'huile essentielle de tea tree. Le noyer pourrait donc être une alternative aux antibiotiques utilisés pour traiter l'acné, surtout avec l'antibiorésistance qui tend à se développer suite à la trop importante utilisation des antibiotiques. (88)

Dans une étude de 2008, des chercheurs ont mis en évidence que la juglone inhibait efficacement les 3 enzymes clés d'*Helicobacter pylori*. (89) De plus, la juglone possède également des propriétés antibactériennes contre *Streptococcus mutans* et *Streptococcus sanguis* qui sont des bactéries cariogènes mais également contre *Prophyromonas gingivalis* et *Prevotella intermedia* qui sont à l'origine d'affections parodontales. (92)

● II. ACTIVITE ANTIFONGIQUE

Les feuilles et l'écorce de JR présentent une forte activité antifongique contre un large spectre de champignons notamment sur *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*. (63)

Les tannins présents dans le noyer possèdent une activité antifongique sur *Aspergillus niger*, sur le genre *Penicillium* et *Colletotrichum graminicola*. Les flavanoïdes possèdent également une forte activité antifongique : ils ont la capacité d'inhiber la germination des spores pathogènes. En effet, une étude sur les flavones et les flavanones a permis de mettre en évidence une activité contre *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium sphareospermum*, *Penicillium digitatum* et *Penicillium italicum*. *Aspergillus flavus* est notamment retrouvé chez les sujets immunodéprimés et causent de graves affections pulmonaires. (63) (94)

Une autre étude a permis de montrer que JR (les parties utilisées dans l'étude sont les fruits et les feuilles) avait une forte activité antifongique contre les dermatophytes notamment *Microsporum canis*, *Trichophyton mentagrophytes* et *Trichophyton violaceum*. (93)

<i>Aspergillus</i> • <i>Niger</i> • <i>Flavus</i>	+++ industrie agroalimentaire Aspergillose du conduit auditif +++ sujets immunodéprimés (affections pulmonaires)
<i>Candida</i>	Muguet buccal, candidose vulvo-vaginale...
<i>Cryptococcus neoformans</i>	Méningites chez immunodéprimés
<i>Alternaria alternata</i>	Infections appareil respiratoire supérieur et asthme chez sujet sensible
<i>Penicillium</i>	+++ industrie agro-alimentaire et fabrication pénicilline
<i>Colletotrichum graminicola</i>	Phytopathogène (maïs +++)
<i>Cladosporium</i>	Allergènes +++ Maladies respiratoires, asthme...

● III. ACTIVITE ANTIVIRALE

On retrouve également des propriétés antivirales. Il a été prouvé que les extraits méthanoliques de JR avaient une activité antivirale contre les 3 virus testés : *Herpès simplex virus* (HSV), *Sindbis virus* (virus transmis par les moustiques *Culex* qui provoque des fièvres, des malaises, des arthralgies et un exanthème) et le *poliovirus* (polyomyélite). (97)

Dans une autre étude, on a pu constater que les flavonoïdes avaient une interaction sélective avec une glycoprotéine de surface (gp120) du rétrovirus HIV ce qui empêcherait la liaison du virus à la cellule hôte. De plus, certaines flavones inhibent in vitro des transcriptases inverses de certains rétrovirus et notamment celle du VIH. (96)

Les extraits de feuilles de noyer auraient également une activité antivirale contre le virus de la mosaïque du tabac. Ce virus est un virus à ARN qui infecte en particulier le tabac et les autres membres de la famille des Solanaceae. Les plantes atteintes présentent des feuilles qui s'éclaircissent et une mosaïque de vert apparaît à leur surface (cf figure 43). Les folioles qui sont en général gaufrées deviennent filiformes avec un aspect brûlé et une tendance à s'enrouler. (98)



Figure 44 : Plante atteinte par le virus de mosaïque du tabac (99)

● **IV. PROPRIETES ANTIOXYDANTES**

Les noix des noyers sont riches en composés phénoliques (cf partie II) qui possèdent des propriétés anti-oxydantes. Plus le contenu en phénols est élevé, plus l'action anti-oxydante sera importante. Dans une étude, des souris ont été intoxiquées au niveau pulmonaire par un extrait de fumée de cigarette. Le traitement prophylactique par l'extrait méthanolique de JR chez les souris à des doses de 50mg / kg ou 100 mg / kg a permis de montrer que cela a significativement augmenté les taux de glutathion réductase (enzyme qui permet de régénérer du glutathion qui est indispensable à la résistance contre le stress oxydatif, cf figure 44), de catalase (oxydoréductase hémique qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène) et de glutathion réduit (GSH) dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire. La

catalase et les glutathions empêchent la formation des radicaux libres. Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules qui ont perdu un électron (cf figure 45). Ces substances peuvent peroxyder les lipides insaturés des membranes cellulaires et peuvent alors tuer la cellule. Cette mort oblige l'organisme à activer les cellules souches, or les cellules souches ne peuvent pas se multiplier indéfiniment. Ce mécanisme est à l'origine de l'augmentation du risque de cancérisation. (100) (101) (102) (103)

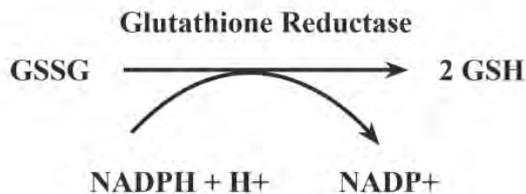


Figure 45 : Réaction catalysée par la glutathion réductase
 GSSG = Disulfure de glutathion
 GSH = Glutathion réduit.

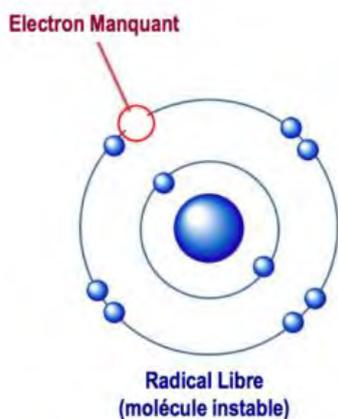


Figure 46 : Radical libre

De plus, les polyphénols de noix présentent une activité similaire à la superoxydase dismutase (SOD) : cette enzyme catalyse la dismutation des anions superoxydes en dioxygène et peroxyde d'hydrogène. C'est une enzyme essentielle au mécanisme d'élimination des radicaux libres. (100)

Les composés phénoliques contenus notamment dans les graines, les feuilles et l'écorce du noyer présentent également une activité antioxydante contre l'AAPH (dichlorhydrate de 2-amidinopropane) qui est à l'origine d'hémolyse oxydative chez les humains. (104)

Plusieurs études ont permis de mettre en évidence l'activité antioxydante du noyer par différentes méthodes :

- Méthode FRAP (ferric reducing antioxidant power, cf figure 46) : la présence de réducteurs dans le noyer provoque la réduction du Fe^{3+} en Fe^{2+} . Fe^{2+} est ensuite évalué en mesurant la densité optique. Bien que la densité optique mesurée avec l'extrait de noyer soit beaucoup plus faible que celle du témoin (l'acide ascorbique) on observe tout de même une activité anti-oxydante de l'extrait de noyer. (91) (104)

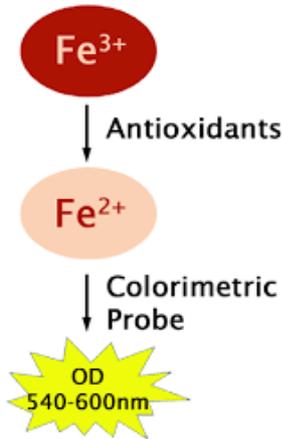


Figure 47 : Méthode FRAP

- Méthode de l'inhibition du radical DPPH (2-2-diphényl-1-picrylhydrazyl) : un étonnant effet anti-radicalaire contre le DPPH a pu être observé. Les pourcentages d'inhibition obtenus en fonction des concentrations des extraits de noyer sont légèrement plus bas que ceux obtenus avec la rutine qui est pris comme témoin. (91) (104)
- Méthode de blanchiment ou de décoloration du β -carotène : ce test consiste à oxyder de l'acide linoléique ce qui va générer des radicaux peroxydes. Ces radicaux vont par la suite oxyder le β -carotène et entraîner ainsi la disparition de sa couleur rouge. Cette décoloration est suivie par spectrophotométrie. Cependant, il a été mis en évidence qu'il y avait la présence d'antioxydants dans le noyer qui neutralisaient les radicaux libres dérivés de l'acide linoléique. En effet, en l'absence d'antioxydants, l'absorbance à 470 nm va diminuer rapidement alors qu'en présence d'extrait de noyer, la couleur et donc l'absorbance est retenue plus longtemps. (104)

La vitamine E (cf figure 47) est également connue pour ses propriétés anti-oxydantes. C'est grâce à sa fonction phénolique que la vitamine E présente son activité anti-oxydante. Elle a la capacité de capter et de stabiliser l'électron célibataire des radicaux libres. Le tocophérol porteur d'un radical peut réagir avec un nouveau radical libre pour former une espèce neutre ou bien peut être régénérer par le glutathion notamment. (104)

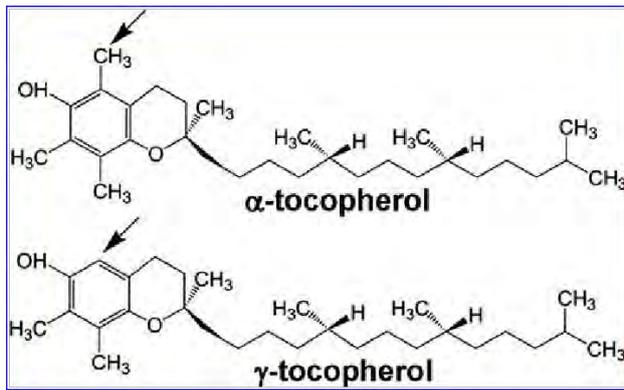


Figure 48 : Structure moléculaire de la vitamine E

La sérotonine joue également un rôle antioxydant en éliminant les espèces réactives à l'oxygène (ROS). Elle présente une forte activité antioxydante in-vitro. (82)

• V. AFFECTIONS CUTANÉES

Comme dit dans la partie 2, les feuilles et le brou sont particulièrement riches en juglone : cette substance est un puissant modificateur des éléments anatomiques de la peau. En effet, elle exerce un effet mortifiant sur l'épiderme malade puis le régénère. Les feuilles et le brou seraient donc particulièrement utiles dans certaines dermatoses : eczéma, psoriasis, pelliculose... (105)

D'autre part, les propriétés antimicrobiennes du noyer (cf troisième partie 1) activité antimicrobienne) seraient utiles pour traiter l'acné dû à *Propionibacterium acnes*. (105)

De plus, comme dit précédemment dans la troisième partie 2) activité antifongique, on a pu constater que le noyer possède une activité antifongique contre certains dermatophytes : le noyer serait donc utile pour traiter les dermatophytoses. (63)

Une étude a également permis de montrer que l'activité anti-oxydante du noyer avait des effets sur les fibroblastes de la peau humaine. Le noyer présente un effet protecteur contre l'H₂O₂ et sa capacité à induire des espèces réactives de l'oxygène (ROS). Ces molécules sont connues pour provoquer un vieillissement de la peau. De plus, comme dit précédemment, le noyer augmente le taux de GSH dans les fibroblastes, ce qui permettra ainsi de diminuer le taux de ROS. Cette étude a également démontré que le noyer, en neutralisant l'H₂O₂, entraînait une diminution de MMP-1, enzymes qui dégradent la matrice extracellulaire et joue un rôle important dans le vieillissement cutané. De plus, le noyer permet d'augmenter les taux de COL1A1 (collagène de type 1). (82) (100) (101)

Des études sur le noyer ont également permis de mettre en évidence qu'une formulation en gel à base d'acide ellagique et des extraits de feuilles de JR était efficace pour traiter les pigmentations inégales de la peau. Il a également été rapporté que la synthèse de mélanine était inhibée à une concentration inférieure à 30µg/mL dans les cellules de mélanome B16 mises en culture dans un milieu contenant des polyphénols de noix. Les résultats obtenus avec

ceux-ci sont meilleurs que ceux obtenus avec les agents éclaircissants de références (acide ascorbique et arbutine). (79)

• **VI. ACTIVITE ANTI-HELMINTHIQUE**

Les noyers font partie des plantes qui possèdent des propriétés antihelminthiques. En effet, les polyphénols et tanins qui sont présents en fortes concentrations dans le noyer, ont la capacité de paralyser et d'induire la mort des helminthes. (106)

Une étude a notamment permis de mettre en évidence que différents extraits de JR avaient une activité helminthique significative contre *Eisenia fetida* ou ver du fumier par rapport à l'étalon d'albendazole. (106)

• **VII. EFFETS SUR LE DIABETE**

Dans une étude réalisée en 2014, des gélules contenant 100 mg d'extraits de feuilles de JR ont été données chez des patients diabétiques (type 2) sur une période de 3 mois et à la fréquence de deux fois par jour. Cette étude a permis de démontrer que la glycémie à jeun, l'hémoglobine glyquée (HbA1c) mais également le taux de cholestérol total et le taux de triglycérides ont significativement diminué. (105) (108)

Les composés poly phénoliques possèdent une forte activité inhibitrice sur différentes enzymes notamment sur les glycosidases ou glycosides hydrolases. Ce sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse de liaisons glycosidiques et qui libèrent ainsi au moins un composé osidique. L'amylase et la maltase font partie de ces glycosides hydrolases. (105)

Dans une autre étude réalisée chez des rats diabétiques induits par alloxane, la consommation de granules de feuilles de noyer à la dose de 185mg/kg à réduit considérablement la glycémie à jeun. Elle a également permis de mettre en évidence que le pancréas montre un signe de régénération de ces cellules β suite à la consommation de granules de feuilles de noyer à la dose de 200mg/kg. (132)

De plus, il a été prouvé dans une étude réalisée sur des rats que JR diminuait le stress oxydatif qui a un rôle important dans le développement de rétinopathie diabétique. Comme dit précédemment, ce sont les composés phénoliques présents dans le noyer qui possèdent une activité antioxydante ; en effet, les composés phénoliques sont des capteurs de radicaux libres. (109)

• **VIII. PROPRIETES ANTI-INFLAMMATOIRES**

Dans une étude, des souris ont été séparées en plusieurs groupes. Ces groupes ont reçus une injection de carraghénine afin d'induire chez les souris un œdème au niveau de leurs

pattes arrière. Le volume de l'œdème est mesuré avant et 3 heures après l'injection de carraghénine dans les différents groupes. Les différents groupes ont reçu :

- Groupe 1 correspond au groupe contrôle
- Groupe 2 a reçu 250mg/kg d'extrait de fleurs de JR
- Groupe 3 a reçu 500mg/kg d'extrait de fleurs de JR
- Groupe 4 a reçu 750mg/kg d'extrait de fleurs de JR
- Groupe 5 a reçu 1000mg/kg d'extrait de fleurs de JR
- Groupe 6 a reçu 100mg/kg de diclofénac

Il a été mis en évidence que les extraits de fleurs de JR contenaient de l'acide gallique et de la quercétine qui sont des composés poly-phénoliques. L'étude a permis de démontrer que les extraits ont entraîné une inhibition significative de l'œdème à presque toutes les doses par rapport au groupe témoin. Cet effet est dose-dépendant. L'activité la plus élevée a été observée à 1000mg/kg par voie intra-péritonéale : l'extrait a inhibé 77% de l'inflammation. La même activité a été observée pour le diclofénac à la dose de 100mg/kg par voie intra-péritonéale avec une inhibition de l'inflammation de 73%. (114)

Le processus inflammatoire joue un rôle primordial dans l'athérosclérose par l'interaction de l'endothélium avec les cellules immunitaires. En effet, l'agent d'agression qui entraîne la réaction inflammatoire est le cholestérol-LDL sous forme oxydée. Les différentes étapes de la strie lipidique (cf figure 48) (111):

- Pénétration et accumulation des LDL dans l'intima
- Oxydation des LDL
- Recrutement, margination et diapédèse des monocytes-macrophages via des protéines d'adhésion cellulaire vasculaire VCAM-1 et ICAM-1. Leur expression est induite par les LDL oxydés et entretenue par des cytokines pro-inflammatoires (TNF α , IL-1)
- Les macrophages captent et internalisent les LDL-oxydés et deviennent ainsi des cellules spumeuses
- Formation de la plaque d'athérosclérose

L'expression de molécules d'adhérence par les cellules endothéliales est reconnue comme une première étape de l'inflammation et de l'athérosclérose. Ainsi donc, des chercheurs ont voulu étudier l'effet d'extrait de noyer et l'effet d'acide ellagique (un des constituants chimiques majeurs du noyer) sur l'expression de la protéine d'adhésion cellulaire vasculaire VCAM-1 et sur la protéine d'adhésion intercellulaire ICAM-1 dans les cellules endothéliales aortiques. L'expression de ces protéines d'adhésion est dépendante de la synthèse de cytokines inflammatoires notamment TNF-alpha. Les différents échantillons de l'étude ont donc été incubés avec du TNF-alpha en absence ou présence d'extrait de JR et en absence ou présence d'acide ellagique. L'étude a démontré que l'extrait de JR et que l'acide gallique

diminuaient significativement l'expression de VCAM-1 et d'ICAM-1 dépendante de TNF-alpha. (110)

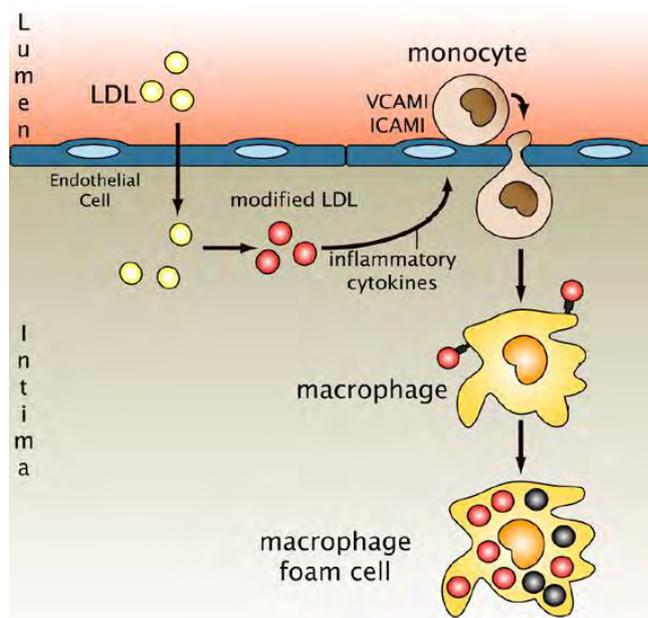


Figure 49 : Processus inflammatoire dans l'athérosclérose

De plus, comme dit précédemment dans la partie II, les noix sont riches en vitamine B (folate), qui diminuerait le taux d'homocystéine, qui est un marqueur de l'inflammation.

Le caryophyllène, terpène présent dans l'huile essentielle de feuilles de noyer, aurait également une affinité pour les récepteurs cannabinoïdes périphériques de type 2 (CB2) qui serait à l'origine d'une activité anti-inflammatoire. En effet, les récepteurs CB2 seraient majoritairement exprimés dans les cellules du système immunitaire. Le récepteur CB2 modulerait donc la libération de cytokines et la migration de cellules immunitaires et diminue la présentation des antigènes. Les agonistes des CB2 possèdent donc un potentiel anti-inflammatoire mais également analgésique ce qui permettrait d'expliquer la partie XIV Effets sur la nociception qui sera abordée un peu plus bas. (112) (113)

● IX. PROPRIETES ANTI-CANCEREUSES

Une étude a démontré que la juglone, après extraction, avait une activité cytotoxique contre des cellules humaines cancéreuses notamment retrouvées dans le cancer du côlon, dans le cancer du sein, dans le cancer de la prostate, dans le cancer de la peau et dans le cancer du poumon. L'activité cytotoxique de la juglone est principalement attribuée à l'induction d'espèces réactives de l'oxygène ce qui entraîne une mort de la cellule par apoptose ou par nécrose. De plus, la juglone est connue pour inhiber Pin-1 (Peptidyl-prolyl-isomerase) qui est surexprimée dans de nombreux cancers : cette inhibition entraîne un arrêt de la mitose au niveau des cellules cancéreuses. Cependant, elle possède une lipophilie élevée qui va permettre un passage intracellulaire facilité mais qui, en contrepartie, aura une biodisponibilité faible. Afin d'augmenter la biodisponibilité il est possible d'introduire dans la

molécule des donneurs de liaisons hydrogènes comme l'azote ou l'oxygène, améliorant ainsi la solubilité aqueuse. Dans cette étude, les chercheurs ont donc synthétisé des analogues triazolyliques de la juglone. Cependant, ces analogues synthétisés présentent une activité cytotoxique améliorée et sélective contre les lignées cellulaires du cancer du poumon seulement. (116) (117)

De plus, les extraits méthanoliques de noix ont démontré une activité antiproliférative sur des lignées de cellules rénales cancéreuses humaines A-498 et 769-P et la lignée cellulaire de cancer du côlon Caco-2. La juglone a également un effet bénéfique dans la leucémie : en effet, sa cytotoxicité permet de détruire les cellules leucémiques humaines (HL-60) ainsi que les cellules leucémiques humaines résistantes à la doxorubicine (HL-60R). (102)

De plus, il a été montré que la juglone inhibe la carcinogénèse intestinale induite par azoxyméthane chez le rat mais pourrait également être un agent chimio-préventif dans les néoplasies intestinales humaines. (118)

Une autre étude a également permis de mettre en évidence que la juglone inhibe la croissance et induit l'apoptose de cellules humaines gastriques cancéreuses (SGC-7901). Ce mécanisme est médié par l'activation de la voie de mort mitochondriale. Les SGC-7901 sont traitées pendant 24 heures par une même dose de juglone. Suite à ces 24 heures, il a pu être observé que les taux de ROS sont significativement plus élevés, que l'expression de Bcl-2 est significativement diminuée et que l'expression de Bax est significativement augmentée. (Bcl-2 est un gène anti-apoptotique alors que Bax est un gène pro-apoptotique). On a donc une diminution du ratio Bcl-2/Bax ce qui permet d'avoir une apoptose des SGC-7901. (119)

● X. FONCTIONS COGNITIVE ET MOTRICE

Une étude a mis en évidence qu'une alimentation composée de 2 à 9% de noix chez des rats âgés de 19 mois, permettait d'améliorer la fonction motrice chez les rats. Cette amélioration est proportionnelle au taux de noix dans l'alimentation des rats. Les résultats dans le labyrinthe aquatique montrent que le régime à base de noix a amélioré la mémoire de travail spatiale. Cependant, chez le groupe de rats ayant une alimentation composée à 9% de noix, il a été observé une dégradation dans la mémoire de référence. Il y a une quantité significative d'AGPI dans JR qui sont favorables au maintien de la santé cérébrale. De plus, comme dit précédemment, les composés phénoliques présents dans les noyers possèdent une activité antioxydante ce qui réduit la charge inflammatoire sur les cellules du cerveau : ceci va permettre d'améliorer les voies de signalisation entre les neurones, d'augmenter la production des neurones et de stimuler l'élimination des protéines nocives insolubles. (74) (105)

Une autre étude a permis de mettre en évidence que l'extrait méthanolique de noyer a la capacité d'inhiber et de défibriller les protéines beta-amyloïdes. Ces protéines sont le constituant principal des plaques amyloïdes présentes dans le cerveau des patients atteints d'Alzheimer. Cet effet serait dû aux composés poly-phénoliques présents en grandes quantités dans le noyer.

De plus, une autre recherche réalisée a permis de montrer, que l'extrait de noix et notamment deux de ses principaux constituants à savoir, l'acide gallique et l'acide ellagique, inhibent à la fois le site de l'acétylcholinestérase associé à l'agrégation de la protéine β -amyloïde mais également le site de l'acétylcholinestérase responsable de la dégradation de l'acétylcholine. En effet, l'acétylcholinestérase fait partie intégrante de ces plaques et accélère leur formation. Les médicaments modernes n'inhibent pas simultanément l'acétylcholinestérase et la formation de la plaque. (120)

● **XI. SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE**

Une étude a démontré que la consommation de noix pendant une durée de 28 jours par des hommes et femmes atteints d'hypertension artérielle permettait de réduire la pression systolique et la pression diastolique par rapport à un groupe contrôle. En effet, les noix sont riches en arginine, qui est un précurseur d'oxyde nitrique (NO). Celui-ci est un puissant vasodilatateur ce qui permet une diminution de la pression artérielle. De plus, l'étude a également permis de démontrer que le taux de cholestérol était diminué grâce à la consommation de noix ce qui permet de réduire le risque de maladies cardio-vasculaires. (120) (121)

La juglone a également démontré un effet antihypertenseur par inhibition des canaux calciques. (123)

En effet, comme dit précédemment dans la partie II, les noix sont riches en AGI. De nombreuses études ont permis de mettre en évidence que les AGMI et les AGPI diminuent de manière significative le LDL cholestérol. De plus, les noix sont riches en phytostérols, qui inhiberaient l'absorption intestinale de cholestérol ainsi que sa biosynthèse. JR a également un effet sur les triglycérides (TG) : dans une autre étude, un groupe de 29 personnes ayant des taux trop élevés de TG dans le sang se voit administrer 6 capsules par jour contenant chacune 500 mg d'extrait de JR. Au bout de 15 jours, les chercheurs ont pu constater que le taux de TG plasmatique a diminué de 19% par rapport à la valeur de base. Au bout de 30 jours, le taux de TG plasmatique a diminué de 33% par rapport à la valeur de base. (111)

D'autre part, des spéculations auraient été faites concernant l'acide ellagique et sa potentielle capacité à inhiber l'HMG-CoA réductase comme les statines : cependant des études devront être réalisées afin de le prouver.

De plus, il a été reporté un effet anti-hypoxique par les extraits de noyer. En effet, dans une étude, des souris ont été divisé en quatre groupes :

- Groupe 1 qui correspond au groupe contrôle
- Groupe 2 reçoit 62.5 mg/kg d'extrait de feuilles de JR
- Groupe 3 reçoit 125 mg/kg d'extrait de feuilles de JR
- Groupe 4 reçoit 250 mg/kg d'extrait de feuilles de JR

Trente minutes après l'injection intra-péritonéale des extraits aux différentes doses, du fluorure de sodium a été administré par voie intra-péritonéale à chaque souris.

L'administration de fluorure de sodium augmente la teneur en histamine dans le sang et diminue la capacité de charge du sang en oxygène. Les résultats obtenus avec les extraits de JR aux doses de 125 et de 250 mg/kg montrent qu'ils possèdent une activité anti-hypoxique qui est significative. Cette activité serait en partie due à l'activité antioxydante. En effet, comme dit dans le IV. Activité antioxydante, l'extrait de noyer possède des réducteurs qui permettent de réduire le Fe³⁺ en Fe²⁺. Or c'est ce Fe²⁺ (hème ferreux) qui se lie à l'oxygène au niveau de l'hème de manière réversible ce qui permettra de libérer plus facilement de l'oxygène. A l'inverse, la liaison de l'oxygène au Fe³⁺ (hème ferrique) est irréversible ce qui tend à empêcher la libération de l'oxygène et inhibe donc sa fonctionnalité de transporteur d'oxygène. (114)

● **XII. EFFET HEPATOPROTECTEUR**

Dans une étude, des souris ont été intoxiquées par voie orale par du tétrachlorure de carbone (CCl₄) à une dose de 200 mg/kg afin d'induire des lésions hépatiques. Cependant, la consommation de noix par les souris a permis de démontrer une diminution dose dépendante sur l'aspartate aminotransférase (ASAT) et sur l'alanine aminotransférase (ALAT). ASAT et ALAT sont des transaminases, enzymes localisées à l'intérieur des cellules : une augmentation de leurs concentrations sanguines signe une lésion cellulaire, notamment au niveau du foie. Les composés phénoliques tels que les tellimagrandines I et II, la rugosine C et la casuarictine sont les principaux hépato-protecteurs retrouvés dans la noix contre les dommages oxydatifs. (124)

● **XIII. ACTIVITE ANTIDEPRESSIVE**

Une étude a démontré que l'extrait hexane macéré du fruit de JR administré chez des rats mâles à des doses de 100 à 150 mg/kg entraîne une activité antidépressive significative par rapport à de la fluoxétine. (124)
On sait que la dépression est notamment due à des taux diminués d'un certain neurotransmetteur, la sérotonine. Comme dit précédemment dans la partie II, la noix est riche en sérotonine : cela pourrait ainsi expliquer l'activité antidépressive. (82)

● **XIV. EFFET SUR LA NOCICEPTION**

Dans une étude réalisée en 2008, 6 différents groupes de souris ont été créés :

- Groupe 1 contrôle
- Groupe 2 recevant 2mg/kg de morphine
- Groupe 3 recevant 2mg/kg de morphine + 0.5 mg/kg d'extrait alcoolique de JR

Tableau 6 : Les différentes molécules et leurs différents effets

PARTIE IV :
Utilisations des
Juglans

● I. UTILISATIONS ETHNOBOTANIQUES DU NOYER

○ a. Bois

Le bois de noyer est très apprécié pour la menuiserie ou l'ébénisterie. C'est un bois à ton sombre qui noircit encore en vieillissant. Il est doux, liant et flexible. De plus, il se travaille et se vernit facilement. Les ébénistes aiment l'utiliser pour la confection de meubles mais ils utilisent également la racine encore appelée ronce pour la confection de placage et de revêtement précieux. (33) (128) Le bois de JN, également très recherché en ébénisterie, est très voisin de celui du noyer commun : il diffère essentiellement par sa coloration plus foncée et par sa densité légèrement inférieure. (133) Le bois de JC est également très employé dans l'ébénisterie et la décoration intérieure des maisons : c'est un bois léger et mou, facile à travailler, d'un brun pâle fonçant rapidement à l'air. La deuxième guerre mondiale a amené une consommation effrayante de noyers, le bois de noyer étant utilisé pour la confection de crosses de fusils ou de carabines mais également pour la confection de sabots dans certaines régions. (128)

Il est également recherché en sculpture pour la finesse de son grain. (128)

○ b. Coques

Les coques de noix furent, à une époque, utilisées comme combustible. De plus, elles étaient autrefois utilisées en boulangerie, réduites en poudre et étalées sur la sole des fours à bois pour éviter que le pain n'attache à la cuisson. (131)

Dans la pharmacopée chinoise, les cloisons des noix sont prescrites pour traiter les problèmes urinaires (hématurie, incontinence) et pour la dysenterie. (33)

○ c. Brou

En ébénisterie, le brou de noix est utilisé pour colorer les bois blancs. En effet, les coques vertes, une fois séchées, prennent une couleur marron foncé. Dans l'Antiquité, le brou de noix servait également à colorer les laines, les tissus, le cuir et les cheveux. En outre, ce produit était prisé par de nombreux peintres : il reste d'ailleurs aussi présent dans l'aquarelle et la calligraphie. Le brou de noix riche en tanins était également très employé autrefois dans le tannage des peaux. (33) Cependant, du brou de noix, de l'écorce et des racines de JC on extrait une teinture de couleur jaune pour teindre les tissus.

Le brou de noix était également utilisé afin d'obtenir du ratafia qui est une liqueur préparée en faisant macérer, dans de l'eau de vie additionnée de sucre, des fruits ou des substances végétales. (128)

Un autre alcool peut être préparé à partir du noyer, il s'agit du vin de noix. Il se prépare le plus souvent à partir de noix vertes récoltées en juin ou juillet suivant les régions (noix encore au stade de l'embryon et brou formant une coque souple). Les noix seront ensuite coupées en

quatre puis elles macèreront dans un mélange de vin rouge, d'eau de vie, de sucre de canne et d'épices pendant 2 à 3 mois. Cependant, le vin de noix peut également se préparer à partir de noix sèches ou de feuilles de noix. Le vin de noix était à l'époque utilisé pour ses propriétés dépuratives, toniques et stomatiques. (33) (129)

Le brou de noix riche en tanins était utilisé comme vermifuge et tonique. En Chine, le brou est utilisé depuis longtemps dans le cancer de l'estomac, du foie et du poumon. (134)

○ **d. Noix**

Les noix de JR sont également très utilisées dans l'alimentation que ce soit dans des desserts, que dans des plats salés... Cependant l'intérêt de JN en tant que producteur de fruits reste très limité. La qualité de sa noix reste sensiblement la même que celle de JR cependant la structure de la noix laisse à désirer : en effet, sa coque épaisse et difficile à ouvrir et elle enferme une amande qui représente rarement plus du tiers du poids de la noix. Cependant, elle reste particulièrement recherchée, outre-Atlantique pour la confection de crèmes glacées et en confiserie notamment. (33) (133)

Les Grecs et les Romains broyaient les noix afin d'obtenir un beurre végétal appelé "purée de noix". (130)

Dans la médecine traditionnelle iranienne, le noyau était utilisé pour traiter les maladies inflammatoires intestinales. (134)

○ **e. Huile**

L'huile de noix, outre son utilisation pour l'alimentation, était utilisée à une époque pour éclairer les masures ou les cathédrales. Elle est également employée dans la fabrication des peintures, en parfumerie, en cosmétologie et dans la fabrication de savons. Au Moyen-Âge, elle était associée à la menthe et utilisée pour l'embaumement. (33)

○ **f. Feuilles**

Les feuilles, quant à elles, riches en juglone, sont utilisées pour éloigner les insectes et comme herbicide. (33)

Au début du XIXème siècle, les feuilles de noyer étaient reconnues pour leur propriété antiscrofuleuse. La scrofule est une inflammation des ganglions. Elles étaient notamment utilisées contre l'adénite suppurante dans la tuberculose ganglionnaire en infusion et en cataplasme. Cependant, l'action du traitement était lente bien qu'assez fidèle, la guérison ayant lieu dans les $\frac{3}{4}$ des cas. Dans la médecine populaire turque, des feuilles fraîches de JR sont utilisées sur le front pour soulager la fièvre et sur les articulations pour atténuer les douleurs dues aux rhumatismes. Les tribus Angami, Lotha et Sumi de Kohima (capitale de l'Etat du Nagaland) utilisaient les feuilles comme astringents, antihelminthiques et contre l'herpès. (134)

Dans les pharmacopées traditionnelles, les feuilles sont cuites et utilisées comme emplâtre pour les dermatoses et autres affections cutanées, engelures, démangeaisons du cuir chevelu, pellicules, coups de soleil et brûlures, eczéma chronique et scrofules, transpiration excessive des mains et des pieds. (131) (134)

Les feuilles de noyer sont également utilisées en médecine traditionnelle pour réduire la glycémie et améliorer le diabète mais également pour le traitement de l'insuffisance veineuse et des hémorroïdes. (132)

● II. PHARMACOPEE

Une plante médicinale n'a pas de définition légale. La liste des plantes médicinales fait partie intégrante de la Pharmacopée XIème édition (janvier 2017). La Pharmacopée française est préparée et publiée par l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM). Le rôle de la Pharmacopée est "de participer à la protection de la Santé Publique par le biais notamment de l'élaboration de spécifications communes reconnues relatives aux substances entrant dans la composition d'un médicament". La Pharmacopée est un texte réglementaire qui définit :

- Le critère de pureté des matières premières ou des préparations entrant dans la composition des médicaments (à usage humain ou vétérinaire)
- Les méthodes d'analyses à utiliser pour assurer leur contrôle.

La Pharmacopée comprend les textes de la Pharmacopée Européenne et ceux de la Pharmacopée française y compris ceux relevant de la Pharmacopée d'outre-mer qui remplissent les conditions de la réglementation en vigueur.

Elle est présentée sous forme de tableaux et est structurée en 2 parties :

- Liste A : "Plantes médicinales utilisées traditionnellement" qui comprend 416 plantes. Dans la liste A, certaines plantes sont particulièrement toxiques et ne pourront donc pas être utilisées en phytothérapie traditionnelle, mais exploitées après dilution notamment en homéopathie. D'autres plantes, à l'inverse, auront un usage plus banalisé (cosmétique, alimentaire, condimentaire).
- Liste B : "Plantes médicinales utilisées traditionnellement en l'état ou sous forme de préparation dont les effets indésirables potentiels sont supérieurs au bénéfice thérapeutique attendu" qui regroupe 130 plantes. Ces plantes ne pourront donc pas être exploitées en phytothérapie ou dans d'autres usages. Leur présence dans le monopole pharmaceutique leur permet, néanmoins, d'en éviter une exploitation annexe, potentiellement risquée pour la santé publique.

Pour chaque plante médicinale, on retrouve dans la Pharmacopée :

- Le nom français de la plante
- Le nom scientifique

- La famille botanique
- La ou les parties de la plante utilisées
- Dans le cas de la liste B : la ou les parties de la plante connues pour leur toxicité

Il y a 546 plantes médicinales inscrites à la Pharmacopée XIème édition. Cependant, sur ces 546 plantes, 148 peuvent être vendues hors monopole pharmaceutique. Pour la plupart, il s'agit de plante ayant un autre usage tel qu'alimentaire, aromatique ou condimentaire.

Le noyer est inscrit sur la liste A de la Pharmacopée XIème édition et ne fait pas partie de la liste des 148 plantes médicinales libérées (vente libre). Elles peuvent donc être vendues dans n'importe quel commerce mais sous certaines conditions : il est interdit de les mélanger et elles doivent être vendues en l'état. Aucun traitement ne devra être exercé qu'il soit chimique ou biologique. (135)

Noyer	<i>Juglans regia</i> L.	Juglandaceae	feuille ^a , péricarpe ^a	
-------	-------------------------	--------------	--	--

Figure 50 : Le noyer dans la liste A de la Pharmacopée

De plus, le comité des médicaments à base de plantes ou HMPC (Committee on Herbal Medicinal Products) de l'Agence européenne des médicaments ou EMA (European Medicines Agency) est chargé de compiler et d'évaluer les données scientifiques sur les substances, les préparations et les combinaisons à base de plantes. L'HMPC est donc notamment chargé d'établir les monographies de l'UE couvrant les utilisations thérapeutiques ainsi que les conditions de sécurité d'une utilisation bien établie et/ou traditionnelle des substances et préparations à base de plantes. On va donc retrouver une monographie de *Juglans regia* L. (voir annexe 1)

• III. A L'OFFICINE

○ a. Homéopathie

▪ i. Qu'est-ce que l'homéopathie ?

L'homéopathie, créée par Samuel Hahnemann en 1796, est une méthode thérapeutique qui repose sur 3 principes fondamentaux :

- La similitude : c'est à dire que l'on va soigner par ce qui induit la maladie. "Toute substance, pharmacologiquement active, provoque chez un individu en équilibre de santé et sensible, un ensemble de symptômes caractéristique de cette substance". "Similia similibus curentur".
- L'infinitésimalité : cependant on va administrer, à un patient, ce qui induit normalement la maladie mais à des doses infinitésimales afin que cela ne lui soit pas

toxique. Pour ce faire, les remèdes, qui sont donc préparés à partir de souches issues de 3 grands règnes (animal, végétal et minéral), vont être dilués selon la technique hahnemanienne (DH, CH) ou selon la technique korsakovienne (K).

- L'individualisation ou globalité : l'homéopathie appréhende la personne dans sa globalité (état physique, psychique ...) et non pas seulement par les symptômes qu'elle présente.

Les différentes substances utilisées qui sont à l'origine des remèdes homéopathiques sont :

- Des substances végétales
- Des substances animales
- Des substances minérales
- Des substances à base d'hormones

Les basses dilutions (4CH et 5CH) agissent plus spécialement sur les tissus. Elles sont utilisées pour les cas aigus et ponctuels, limités dans le temps et sur les troubles lésionnels. Les moyennes dilutions (7CH et 9CH) agissent sur les systèmes organiques. Elles agissent sur les troubles fonctionnels et comme désensibilisant. Les hautes dilutions (12, 15 et 30CH) agissent sur le cortex et l'encéphale. Elles vont agir en profondeur et sur le psychisme et sur les états chroniques.

On peut retrouver le noyer sous forme de teinture mère. (136) (137)

▪ ii. Teintures mères

Une teinture mère est une préparation à usage homéopathique inscrite à la Pharmacopée. C'est une solution hydroalcoolique (eau/alcool) fabriquée à partir de plantes fraîches.

Préparation :

- Une plante fraîche broyée macère dans de l'éthanol à 95° pendant 3 semaines
- Puis il est ajouté la quantité d'eau distillée pour obtenir un degré alcoolique de 60 à 70°
- Le mélange est remué régulièrement pendant ces 3 semaines, à l'abri de la lumière et au frais
- Après ces 3 semaines, l'ensemble est filtré pour récupérer le liquide (la teinture) vierge de tous débris de plante

Les teintures mères sont utilisées soit :

- Par voie orale
- En gargarismes
- Par voie cutanée via l'application de compresses imbibées. (138) (140)

Les teintures mères sont destinées aux dilutions homéopathiques et leur principal usage est homéopathique. Aujourd'hui, elles sont très utilisées à dose allopathique.

Les teintures mères à base de noyer sont utilisées comme antiparasitaires, antimicrobiennes, antivirales et dépuratives. Elles peuvent être utilisées contre les diarrhées légères, mais aussi dans les insuffisances veineuses et les hémorroïdes. En usage externe, on les emploie comme antiprurigineux dans les affections dermatologiques et les desquamations du cuir chevelu. (139)

Dans le Vidal, on retrouve pour le laboratoire Rocal de la teinture mère de JR.

Les teintures mères ne conviennent pas aux enfants, aux femmes enceintes ainsi qu'aux personnes sensibles à l'alcool.

▪ **iii. Gemmothérapie**

Il ne faut pas la confondre avec la phytoembryothérapie, qui va permettre d'obtenir le macérât concentré avec gemmothérapie, qui va permettre d'obtenir le macérât glycéринé 1D.

Phytoembryothérapie :

- Bourgeons frais entiers
- Macération dans eau, glycérine et alcool
- Pas de dilution
- Utilisation phytothérapeutique
- Posologie en gouttes moindre qu'avec le macérât glycéринé, il sera donc moins contraignant que le macérât glycéринé
- Moins d'alcool que dans le macérât glycéринé

Gemmothérapie :

- Bourgeons frais broyés
- Macération dans glycérine et alcool
- Filtration
- Puis dilution au 1/10^{ème} avec eau, alcool et glycérine
- Utilisation homéopathique
- Posologie en gouttes plus importante qu'avec le macérât concentré
- Plus d'alcool que dans le macérât concentré (141)

Dans le Vidal, on retrouve pour le laboratoire Rocal du macérât glycéринé 1DH de JR en solution buvable.

▪ **iv. Gouttes buvables/Granules/Globules/Poudres**

Juglans regia est conseillé :

- Dans les états infectieux cutanées : eczemas infectés, impétigos, acné...
- Dans les bronchites chroniques avec poussées thermiques

- Dans la tuberculose pulmonaire ou il va favoriser la restauration des tissus
- Dans la chlorose et la scrofulose, cataractes séniles

Juglans cinerea est conseillé :

- Dans les troubles hépatiques et les jaunisses
- Dans les migraines occipitales
- Dans le prurit du cuir chevelu (142)

Dans le Vidal, on retrouve pour le laboratoire Boiron :

- *Juglans regia* en 4CH, 5CH et 9CH granules
- *Juglans regia* 4DH solution buvable
- *Juglans cinerea* en 3 CH, 4CH, 5CH, 7CH, 9CH, 10 CH, 15CH et 30CH granules
- *Juglans cinerea* en 5CH, 7CH, 9CH, 15CH et 30CH globules
- *Juglans cinerea* en 6DH, 10 DH granules
- *Juglans cinerea* en 3CH solution buvable

Dans le Vidal, on retrouve pour le laboratoire Rocal :

- *Juglans regia* en 1DH, 2DH, 3DH, 4DH, 6DH, 8DH, 10DH, 15DH granules
- *Juglans regia* en 1DH, 2DH, 3DH, 4DH, 5DH, 6DH, 10DH solution buvable
- *Juglans regia* en 1CH, 2CH, 3CH, 4CH, 7CH, 15CH, 30CH solution buvable
- *Juglans regia* en 3CH, 4CH, 5CH, 6CH, 7CH, 9CH, 12CH, 14CH, 15CH, 30CH granules
- *Juglans regia* en 7CH, 9CH, 15CH, 30CH globules
- *Juglans regia* en 4DH globules
- *Juglans regia* en 1DH, 2DH, 3DH, 4DH poudre orale

Les traitements homéopathiques sont à prendre à distance des repas, du thé, du café et de la menthe (à distance également du brossage de dents).

▪ **v. Spécialités homéopathiques**

A l'officine, on retrouve également le noyer dans des spécialités homéopathiques.

❖ **Rexoburia**

C'est le cas notamment de REXORUBIA des laboratoires Lehning. C'est un médicament indiqué dans les troubles de la croissance, de la minéralisation et au cours de l'allaitement.

REXORUBIA est composé de :

- Natrum sulfuricum 3 DH
- Silicea 3 DH
- Calcarea carbonica 2 DH
- Calcarea iodata 4 DH

- Calcarea phosphorica 2 DH
- Natrum phosphoricum 2 DH
- Magnesia phosphorica 2 DH
- Ferrum phosphoricum 2 DH
- Rubia tinctoria 2DH
- Juglans regia pulvis 2 DH

Il possède du lactose et du saccharose qui sont des excipients à effet notoire. C'est un médicament sous forme de granulés qui sont à croquer ou à dissoudre dans un peu d'eau, de préférence en dehors des repas, comme tout médicament homéopathique. Pour un adulte, la posologie est d'une cuillère à café 3 fois par jour. Pour un enfant, la posologie est d'une demie cuillère à café 3 fois par jour. Pour les enfants de moins de 30 mois il est recommandé de dissoudre les granules dans un peu d'eau. (143)



Figure 51 : Rexorubia

❖ Diacure

Un autre médicament homéopathique des laboratoires Lehning qui contient du noyer est le Diacure. Celui-ci est indiqué dans les polysurcharges métaboliques : il augmente le métabolisme hydrocarboné et aide à diminuer la glycémie. Composition de Diacure :

- Taraxacum pulvis
- Berberis vulgaris 3 DH
- Juglans regia pulvis
- Millefolium 2 DH
- Myrtillus folia pulvis
- Erythrea centaurium pulvis
- Natrum phosphoricum 3 DH

Ce médicament contient un excipient à effet notoire, le lactose, et ne sera indiqué qu'à partir de l'âge de 6 ans. Chez l'adulte et l'enfant de plus de 6 ans, la posologie est de 1 à 2 gélules, 3 fois par jour, en cures de 1 à 2 mois. Les gélules seront à prendre à distance des repas. (144)



Figure 52 : Diacure

○ **b. Compléments alimentaires à base de noyer**

▪ **i. Qu'est-ce qu'un complément alimentaire ?**

Les compléments alimentaires sont définis en France par le décret du 20 mars 2006 article 2 : “on entend par complément alimentaire les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous formes de doses, à savoir les formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquides, les flacons munis d'un compte-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faibles quantités”. Les nutriments pouvant être présents dans les compléments alimentaires sont les vitamines ainsi que les minéraux. Les autres substances citées dans le décret sont des substances chimiquement définies comme possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exception des nutriments et des substances possédant des propriétés exclusivement pharmacologiques (car ici on entrerait dans le champ d'application du médicament). Le complément alimentaire peut également être composé de plantes ou de préparations à base de plantes : ce sont des ingrédients composés de végétaux ou isolés à partir de ceux-ci, à l'exception des nutriments et des substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique, possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques. On exclut ici aussi les plantes et préparations de plantes possédant des propriétés pharmacologiques et destinées à un usage exclusivement thérapeutique. (145) (146)

▪ **ii. Gélules**

On retrouve des compléments alimentaires à base de noyer sous forme de gélules. C'est notamment le cas des gélules de feuilles de JR du laboratoire Phytoprevent groupe Pileje (cf figure 52). Ce sont des gélules qui sont composés de feuilles de noyer préalablement congelées afin que les composés soient préservés. Suite à cette congélation, les feuilles sont broyées et on en extrait les composés. L'extrait de plante qui sera obtenu sera sans alcool. C'est un complément alimentaire qui a pour but le maintien de l'équilibre digestif.

A propos de la posologie, il est préconisé une complémentation de 10 jours à raison d'une à deux gélules par jour qui seront à avaler avec un grand verre d'eau. Ce complément alimentaire est déconseillé aux femmes enceintes et allaitantes ainsi qu'aux enfants. De plus, il sera important de bien respecter la posologie car une consommation excessive peut avoir des effets laxatifs. (147)



Figure 53 : Noyer – Pileje

L'écorce de racine de noyer cendré est également retrouvée dans un complément alimentaire, Prolax 510mg des laboratoires New Roots Herbal (cf figure 53). Prolax comprend une formulation à base de plantes qui aide au soulagement de la constipation. Concernant sa composition, on retrouve :

- De l'écorce de racine de noyer cendré
- De l'écorce de cascara sagrada
- De la racine de rhubarbe
- De la racine de réglisse
- De la racine de gingembre

Il est recommandé de prendre 3 à 6 gélules au coucher. (148)



Figure 54 : Prolax – New Roots Herbal

On retrouve également de nombreux compléments alimentaires sous forme de gélules à base de JN (brou). Ils vont aider à combattre les parasites intestinaux, mais également les champignons et les herpès. Il est également bénéfique contre différents troubles cutanés (eczéma...).

Sous forme de gélules on retrouve également le Complexe Intestin du laboratoire Gemm'Vital (cf Figure 54). Ce complément alimentaire combine trois macérats-mères de bourgeons (airelle, myrtille et JR) qui vont aider à régulariser le transit et à contribuer au bon équilibre de la flore intestinale. La posologie recommandée est de 1 à 3 gélules par jour en dehors des repas. C'est un produit qui est réservé à l'adulte et à l'adolescent et qui est déconseillé chez la femme enceinte et ou allaitante. (149)



Figure 55 : Complexe Intestin – Gemm'Vital

Les macérats-mères de bourgeons font partie de la phytoembryothérapie. Cette thérapeutique est créée dans les années 60 par un homéopathe belge, Pol Henry. Elle a été reprise et développée par la suite par le Dr Max Tétou. Elle fait partie intégrante de la phytothérapie.

Elle consiste à utiliser les propriétés des tissus embryonnaires végétaux en croissance à savoir les bourgeons et les jeunes pousses d'arbres ou d'arbustes. En effet, les bourgeons contiennent toute l'énergie vitale concentrée et les principes actifs nécessaires au développement de la plante à venir. Ce sont donc des tissus végétaux riches en acides nucléiques, acides aminés, phytohormones, vitamines, oligo-éléments, oligo-éléments, minéraux et sève. Ils renferment ainsi toutes les propriétés de la plante c'est-à-dire à la fois les propriétés des fleurs, des feuilles, des fruits, de l'aubier et des racines.

Les bourgeons vont être récoltés au printemps puis macérés pendant plusieurs semaines dans un mélange d'eau, d'alcool et de glycérine. L'extrait obtenu ne subira aucune dilution. (141) (150) (154)

▪ iii. Liquides

On retrouve également le noyer comme complément alimentaire mais sous forme liquide cette fois (solution aqueuse d'oligoéléments). C'est notamment le cas d'Ergypar du laboratoire Nutergia (cf Figure 55). C'est un complément alimentaire qui est à base de Gingembre, de Noyer, de Gentiane, d'Aunée, de Thym, de Mauve et d'oligo-éléments. Ergypar est également conseillé pour le bien-être gastro-intestinal. Le noyer et la gentiane soutiennent le fonctionnement du tractus intestinal alors que le gingembre et le thym vont permettre de lutter contre le développement de micro-organismes tout en favorisant la digestion. La formule est également riche en Sélénium qui permet de protéger les cellules contre le stress oxydatif. (151)

Composition	Pour 20 ml	VNR**
Gingembre	380 mg*	
Noyer (JR)	360 mg*	
Gentiane	240 mg*	
Grande aunée	120 mg*	
Thym	120 mg*	
Mauve	120 mg*	
Sélénium	17 µg	30 %
Molybdène	15 µg	30 %
Chrome	6 µg	15 %
<i>* en équivalence plantes sèches.</i>		
<i>** Valeurs Nutritionnelles de Référence.</i>		

Tableau 7 : Composition de l'Ergypar



Figure 56 : Ergypar – Nutergia

Concernant son utilisation, il est recommandé de prendre 10 à 20ml dilués dans un demi verre d'eau de préférence en dehors des repas.

On retrouve également le noyer sous forme d'extrait fluide de plantes standardisées (EPS). Méthode de préparation : la plante fraîche subit une congélation pour maintenir l'intégrité des principes actifs puis un cryo-broyage. Une lixiviation est ensuite réalisée avec de l'eau puis avec addition d'alcool à degrés variables, allant de 20 à 70° en général. Une évaporation de l'alcool est ensuite réalisée sous vide et l'ajout de glycérine vient terminer la manipulation. Le produit ainsi obtenu contient tous les composés hydrophiles et lipophiles et est garanti sans sucres ni alcool. (140)

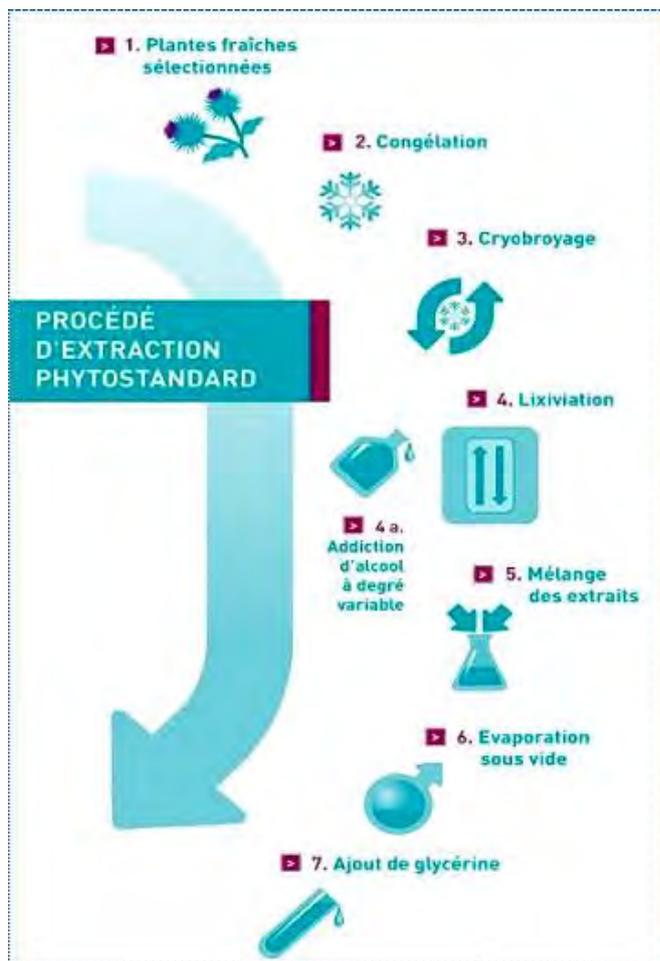


Figure 57 : méthode d'obtention des EPS

On retrouve des EPS à base de feuilles de JR à l'officine. C'est notamment le cas avec le laboratoire Phytostandard, Pileje. (153)

Les principales indications de l'EPS de noyer sont :

- Diarrhées aiguës et les troubles fonctionnels intestinaux en rapport avec ses propriétés anti-infectieuses et anti-diarrhéique
- Mycoses intestinales en rapport avec ses propriétés antifongiques

- Syndrome métabolique en rapport avec ses propriétés hypoglycémiantes et hypocholestérolémiantes
- Hémorroïdes en rapport avec ses propriétés toniques et astringentes (152)

La posologie recommandée est d'une cuillère à café par jour, une à deux fois par jour. La complémentation se fait généralement sur 9 à 18 jours. (153)



Figure 58 : EPS de Noyer - Phytoprevent

Il existe également des compléments alimentaires sous forme liquide qui sont à base d'extrait de bourgeons de noyer (JR). Ils sont indiqués :

- Au niveau digestif pour restaurer la flore intestinale et notamment en post-antibiothérapie afin d'éviter les diarrhées. Ils aident à lutter contre les diarrhées et le météorisme abdominal. Ils sont également utilisés contre les insuffisances pancréatiques, les pancréatites et le diabète.
- Au niveau du foie, ils jouent un rôle dans les cirrhoses alcooliques et stimulent des macrophages (cellules de Kupffer) contribuant ainsi à la dépuración du sang.
- Au niveau cutané contre le psoriasis, l'acné, l'eczéma...
- Au niveau circulatoire, ils sont efficaces contre les ulcères variqueux et les artérites.
- Au niveau pulmonaire, ils vont aider à lutter contre les infections des muqueuses bronchiques et contre les manifestations allergiques. (156)

Concernant son utilisation, la posologie recommandée est de :

- 5 gouttes à prendre pures ou diluées dans un verre d'eau le matin pour la première semaine
- 10 gouttes pour la deuxième semaine
- 15 gouttes (5 le matin, 5 le midi, 5 le soir) en cas de besoin pour les semaines suivantes.
- Pour les bébés : 1 à 3 gouttes par jour dans le biberon ou via la maman qui allaite
- Pour les enfants jusqu'à 13 ans : commencer par 3 gouttes par jour et augmenter d'une goutte par jour jusqu'à obtention d'un résultat stable

S'il y a une prise d'antibiotiques, la posologie sera de 15 gouttes à répartir sur la journée en fonction des prises d'antibiotiques pendant toute la durée du traitement.

Ces gouttes sont à prendre avant les repas. (155)



Figure 59 : Extrait de bourgeons de noyer – Vitaflor

Les bourgeons de noyer peuvent également être sous forme d'ampoules. C'est le cas notamment d'Hépatobio de DietHorizon (cf Figure 59). On retrouve dans ce complément alimentaire des extraits aqueux d'artichaut, desmodium et pissenlit, des macérats glycérolés de genévrier, romarin, noyer (JR) et frêne et du jus de radis noir et de l'eau de romarin. Ce complément alimentaire aide à la détoxification de l'organisme et stimule les fonctions hépatiques et biliaires et favorise le drainage. La posologie recommandée est une ampoule par jour. Ce produit est contre-indiqué en cas d'insuffisance rénale et déconseillé chez la femme enceinte et allaitante. (157)



Figure 60 : HEPATO – Diet Horizon

On retrouve également des compléments alimentaires à base de bourgeons de noyer sous forme liquide indiqués cette fois contre la peau sèche, les pellicules et autres petits problèmes de peau. C'est le cas du complexe Help'Dermo de Saint-Hilaire (cf Figure 60) qui est composé de quatre bourgeons différents, cassis, aulne, noyer (JR) et cèdre du Liban. La posologie recommandée est de 10 à 15 gouttes dans un petit verre d'eau, 15 minutes avant un repas pendant environ 3 semaines. (158)



Figure 60 : Help'dermo - De Saint Hilaire

▪ iv. Comprimés

On retrouve également des compléments alimentaires sous forme de comprimés contenant JC sous forme d'extrait sec (écorce). C'est le cas de Candinacée de Diet Horizon qui est un complément qui vise à booster le système immunitaire. Ces comprimés sont composés d'extraits secs de plantes (pépins de pamplemousse), feuilles d'olivier, d'échinacée et de poudre d'écorce de noyer cendré. On retrouve également de la vitamine C, 3 souches bactériennes et des fructo-oligosaccharides. La posologie recommandée est de prendre 1 à 3 comprimés par jour. (159)



Figure 62 : Candinacée - Diet Horizon

▪ v. Tisanes

En officine, on retrouve également le noyer sous forme de tisanes. C'est le cas notamment de la tisane de feuilles de noyer du laboratoire Vitaflor. Cette tisane est utilisée afin de lutter contre les problèmes capillaires et cutanés : en effet, elle permettrait d'apaiser les démangeaisons liées à des affections cutanées, les démangeaisons du cuir chevelu sujet

aux pellicules ainsi que les démangeaisons suite aux piqûres d'insectes mais également elle permettrait de soulager la peau en cas de brûlures légères, de coups de soleil et de gerçures. (160)



Figure 63 : Tisane à base de feuilles de noyer – Vitaflor

▪ **vi. Hydrolats**

L'hydrolat est obtenu lors de la distillation par entraînement à la vapeur d'eau, des fleurs, feuilles ou rameaux des plantes aromatiques en vue d'obtenir une huile essentielle. Lors du refroidissement, la vapeur d'eau chargée des molécules aromatiques va donner deux produits distincts :

- L'huile essentielle : elle est plus légère que l'eau et va donc flotter à sa surface
- L'hydrolat aromatique : celui-ci est plus lourd et reste au fond du récipient.

L'hydrolat correspond donc à de l'eau distillée chargée de molécules aromatiques hydrosolubles. Ces propriétés thérapeutiques vont être complémentaires à celles des huiles essentielles. Les hydrolats sont très sensibles à la lumière, à la chaleur et aux contaminations microbiennes

NB : l'eau florale est un hydrolat aromatique obtenu à partir de fleurs. (161)

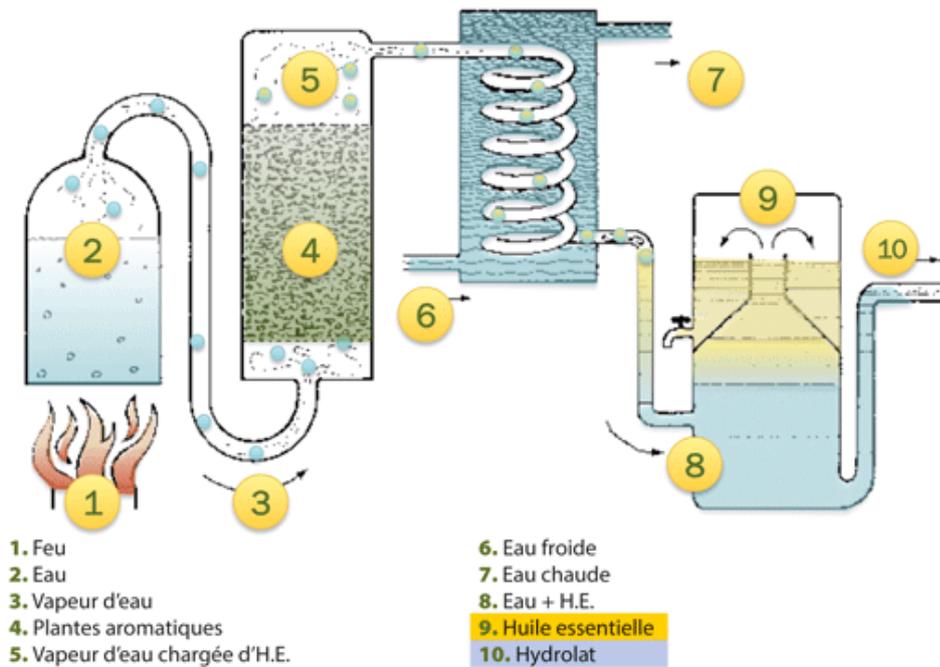


Figure 64 : Fabrication de l'huile essentielle et de l'hydrolat par distillation

On retrouve des hydrolats de noyer dont la partie distillée sont les rameaux. Ils sont utilisés comme :

- Tonique dans les dyspepsies et les atonies digestives
- Stimulant hépatique
- Stimulant pancréatique (régulation de la sécrétion d'insuline)
- Reconstituant et astringent (flore digestive)
- Désinfectant (pulmonaire et cutané)
- Dépuratif et diurétique (acné, cholestérol, ganglions)

On utilise cet hydrolat par voie orale : mettre une cuillère à soupe d'hydrolat dans une bouteille d'1,5 litre d'eau.

Cet hydrolat est déconseillé chez la femme enceinte et allaitante et chez les enfants de moins de 12 ans. (162) (163)



Figure 65 : Hydrolat de rameaux de noyer

▪ vii. Fleurs de Bach

Le noyer fait également partie des 38 remèdes floraux identifiés par Edward Bach au début des années 1900 (1928-1935). Ce sont aujourd'hui des remèdes connus sous le nom de "fleurs de Bach" (complément alimentaire). Les essences de fleurs de Bach sont élaborées à partir de fleurs sauvages. Les essences mères sont fabriquées selon 2 méthodes (164):

- La solarisation : les fleurs récoltées sont déposées dans un récipient contenant de l'eau pure. Ce récipient va être laissé en plein soleil pendant 3 à 4 heures. Au bout de 4 heures, on récupère la solution (sans les fleurs) puis on filtre l'eau florale obtenue afin d'en éliminer toutes les impuretés (insectes, feuilles). Afin d'obtenir la préparation de solution mère, on remplit la première moitié d'une bouteille avec l'eau florale, la seconde moitié correspond à un conservateur, le brandy bio à 40°. Le tout sera ensuite mélangé délicatement. Cette méthode est adaptée aux fleurs annuelles ou fragiles.
- L'ébullition : le mélange de fleurs, de tiges, de pétales est porté à ébullition et laissé pendant 30 minutes dans l'eau bouillante. On laisse refroidir 30 minutes avant de filtrer. Comme pour la solarisation, la solution mère est composée à moitié d'eau florale et à moitié de brandy bio à 40°. Cette méthode convient bien aux fleurs issues de végétaux pérennes (arbres, arbustes...). (165)

Ensuite, on passe de la solution mère à l'élixir en faisant une dilution au 1/250ème au brandy bio.

Les fleurs de Bach sont utilisées afin de retrouver une harmonie intérieure et afin d'apaiser les émotions passagères ou régulières des individus. Les fleurs de Bach sont des compléments alimentaires.

Les fleurs de Bach à base de noyer (JR) seront utilisées principalement chez les personnes en état de doute ou d'hésitation, chez les personnes tournées vers le passé et afin de les aider face aux changements dans leur vie. Le noyer est utilisé face à une hypersensibilité à certaines situations.

Ces fleurs peuvent être utilisées dans les périodes de changements importants de la vie (puberté, grossesse, divorce, ménopause, déménagement, changement de travail, deuil...). Concernant son utilisation, il est recommandé de prendre 4 gouttes diluées dans un verre d'eau et de prendre des gorgées à intervalles réguliers jusqu'à sentir un mieux-être. On peut également utiliser la fleur de Bach pure : 2 gouttes peuvent être prises pures directement dans la bouche, frottées sur les lèvres, derrière les oreilles ou sur les tempes et les poignets. Il est à noter qu'il y a présence d'alcool dans les fleurs de Bach : ces compléments alimentaires seront donc déconseillés chez les personnes souffrant d'éthylisme et chez la femme enceinte et allaitante. (166) (167)



Figure 66 : Fleurs de Bach Walnut

On retrouve également un spray buccal Stop tabac d'Elixirs & co à base de fleurs de Bach dans lequel on retrouve du noyer (JR). C'est un spray qui aide à se dégager de la pression qu'exerce le tabac et stimule la volonté et la persévérance. On retrouve dans ce spray les fleurs de Bach suivantes : aigremoine, bougeons de marronnier, centaurée, impatiente, noyer, orme et prunus.

Le noyer va aider à être moins sensible à l'objet de la tentation, soit la cigarette. La posologie recommandée est de 4 pulvérisations à chaque prise. On retrouve également des pastilles Stop-Tabac à base de fleurs de Bach (même composition que le spray cité plus haut avec de l'huile essentielle de citron en plus). (168)



Figure 67 : Stop-Tabac – Elixirs & co

On retrouve également JR sous forme de fleur de Bach dans un gel, le Z-Trauma du laboratoire Mint-e Health. C’est un gel “anti-choc” qui va permettre de lutter contre les traumatismes tant au niveau physique qu’au niveau mental. Concernant sa composition et ses effets sur le corps physique on retrouve :

- De la silice naturelle et du calendula qui vont aider à la cicatrisation et restaurer l’élasticité de la peau
- De l’arnica qui va aider à diminuer les bosses et les ecchymoses
- Des extraits de pépins de pamplemousse pour ses vertus immunostimulantes et antibiotiques
- La propolis qui est antiseptique
- La reine des prés qui est antiinflammatoire

Concernant sa composition et ses effets sur le corps émotionnel on retrouve :

- L’élixir de noyer qui rend moins influençable face aux influences extérieures et qui permet de “sauter le pas”
- L’élixir de pommier qui permet de se “nettoyer” physiquement et mentalement après un choc. (169)



Figure 68: Z-Trauma – Mint-e Health

On retrouve également l'élixir de noyer dans un autre gel, le Z-Calm. La composition sera différente du Z-trauma : en effet, le Z-Calm agit plutôt sur les problèmes de peau tels que les rougeurs, les démangeaisons... Cependant c'est un gel qui agit également tant au niveau physique qu'au niveau émotionnel.

○ **c. Animaux**

On retrouve également le noyer dans des spécialités homéopathiques utilisées chez les animaux. C'est le cas de la Dartricine qui peut être sous forme buvable ou injectable. La composition est la même que ce soit pour la forme buvable que pour la forme injectable (SC ou IM) :

- Thuya occidentalis 7 CH
- Lachesis mutus 7 CH
- Viola tricolor 7 CH
- Graphites 7 CH
- Silicea 7 CH
- Juglans regia 7 CH
- Juglans cinerea 7 CH
- Solidago virga aurea 2 DH

Dans les excipients à effet notoires on retrouve de l'éthanol à 96%.

La Dartricine est utilisée chez les bovins, caprins, équins, bovins et porcins afin de lutter contre des affections cutanées d'origine mycosique. La Dartricine n'est cependant pas un antimycosique, c'est une formule complexe qui va permettre de stimuler les défenses au niveau de la peau lésée.

Concernant la posologie :

- Chez les bovins, porcins et équins : 10 mL par voie orale ou 10 mL par SC ou IM tous les 3 jours pendant 10 jours. A renouveler si nécessaire après une semaine d'arrêt.
- Chez les ovins et caprins : 5 mL par voie orale ou 5 mL par SC ou IM tous les 3 jours pendant 10 jours. A renouveler si nécessaire après une semaine d'arrêt.

L'administration par voie orale se fera directement dans la bouche de l'animal, soit dans de l'eau de boisson ou un peu de nourriture. (170) (171)

Des décoctions de feuilles sèches de noyer (2 à 3g de feuilles pour 100mL d'eau à faire bouillir pendant 15 minutes) sont également utilisées en topique (compresses ou bains partiels) contre :

- Les inflammations superficielles de la peau
- De transpiration excessive des mains ou des pieds.

Le noyer possède une propriété astringente (diminution des sécrétions par les glandes et les muqueuses) due à ses tanins qui vont complexer les protéines, il va y avoir une rétractation

des tissus et le noyer peut produire une action cicatrisante, anti-inflammatoire et antihémorragique. (172)

On retrouve également des composés à base de fleurs de Bach avec du noyer pour les animaux.

On en retrouve notamment pour le transport pour les animaux paniqués par les voyages ou ceux qui sont malades lors de trajets.

On en retrouve également dans des composés destinés à calmer les animaux qui sont stressés par un changement d'environnement par exemple.

● **III. COSMETOLOGIE**

○ **a. Blanchiment dentaire**

Dans les pays du Maghreb et particulièrement au Maroc, on retrouve le "miswak", encore appelé le "siwak", le "souak" ou l'"arak". Ce sont des fines lanières d'écorce séchée de *Juglans regia* que l'on frotte sur les gencives et sur les dents. Cela va avoir pour effet de colorer les gencives et les lèvres en rouge-orangé dans une teinte assez sombre ce qui augmente le contraste avec la couleur naturelle des dents et crée ainsi une illusion de blancheur. Cet effet d'optique n'est cependant pas durable dans le temps, en effet, la coloration s'estompe au bout de quelques heures : il sera donc particulièrement utilisé par les marocaines comme "maquillage" les jours de fêtes. (173)



Figure 69 : Siwak marocain

○ **b. Peau**

Le noyer, comme dit précédemment, est une plante astringente qui provoque donc une contraction des pores, une atténuation de l'hyper-séborrhée et un raffermissement de la peau. Les plantes astringentes ont également des effets vasoconstricteurs et décongestionnants. (174)

On le retrouve notamment dans la gamme Himalaya Herbal Healthcare comme exfoliant, nettoyant visage ou masque : ces produits vont aider à éliminer les impuretés et à resserrer

les pores. (175)



Figure 70 : Exfoliant à base de noyer - Himalaya

On retrouve également de l'huile de noix dans des crèmes notamment dans la crème visage Elteans. C'est une crème riche en oméga 3 et oméga 6 qui est adaptée pour les peaux sèches et agressées. En effet, comme dit dans la partie II, l'huile de noix est riche en linoléique et α -linoléique qui sont des constituants essentiels des membranes cellulaires. (176)



Figure 71 : Crème visage peaux sèches - Elteans

On retrouve également de la poudre de coquille de noix de noyer dans le gommage ultra-riche au karité de l'Occitane. C'est un gommage qui est spécialement formulé pour exfolier en douceur les peaux sèches ou très sèches. (177)



Figure 72 : gommage ultra-riche au Karité - L'Occitane

On retrouve également de la poudre de coquille de noix de noyer dans des produits exfoliants (visage et corps) de chez Nuxe.

○ **c. Cheveux**

Le noyer est également utilisé dans les shampooings afin de révéler toutes les nuances du brun, ils vont apporter éclat et lumière dans les châains à bruns. On le retrouve notamment dans la gamme Dermaclay. (179)



Figure 73 : Shampooing à base de noyer - Dermaclay

La poudre de brou de noix est, quant à elle utilisée comme colorant capillaire naturel pour donner des reflets bruns ou pour foncer la couleur naturelle des cheveux clairs à châains. Les principaux composants actifs sont la juglone et les tanins. (178)

○ **d. Protection solaire**

On retrouve également le noyer dans des protections solaires. En effet, l'infusion de feuilles de noyer stimule la production de mélanine qui est un pigment biologique qui protège contre les rayonnements UV. (181)

De plus les extraits de noyer sont comme dit précédemment des colorants naturels, on les retrouve donc dans certains auto-bronzants. (180)

Conclusion

Ce mémoire fait un état de connaissances sur trois espèces de noyer, le noyer commun (*Juglans regia*), le noyer cendré (*Juglans cinerea*) et enfin le noyer noir (*Juglans nigra*). A l'heure où la volonté d'un retour aux thérapeutiques "naturelles", se fait grandissante, la phytothérapie, l'homéopathie, l'aromathérapie retrouvent ainsi leur place au sein de la pharmacie officinale.

Devant cette demande grandissante du patient, le pharmacien, en tant qu'acteur de la Santé Publique, a un rôle essentiel à jouer. En effet, bien que ce soit des produits considérés comme naturels, les plantes ne sont pourtant pas dénuées de toxicité. Il sera donc important d'encadrer leur utilisation et d'évaluer la présence de potentielle contre-indication.

Les noyers font partie de la famille des Juglandaceae : ce sont des arbres monoïques, possédant des feuilles alternes et imparipennées, les fleurs mâles correspondent à des chatons cylindriques et pendants, les fleurs femelles sont rassemblées en boutons terminaux et dressés et le fruit est une drupe. *Juglans regia* est originaire du sud-est de l'Europe et d'Asie centrale et occidentale alors que *Juglans nigra* et *cinerea* sont originaires du nord-est des Etats-Unis et du sud-est du Canada.

En ce qui concerne leur composition chimique, les noyers sont riches en composés phénoliques (tanins, flavonoïdes, acides phénoliques, juglone) qui sont à l'origine de la majorité des effets thérapeutiques notamment des effets antibactérien, antiviral, antifongique, antiparasitaire mais également hypoglycémiant, anti-inflammatoire et anticancéreux. De plus, des études ont également permis de démontrer que les composés phénoliques de noyer présentent un effet anti-Alzheimer par une inhibition de l'acétylcholinestérase et pas une défibrillation des protéines beta-amyloïdes. Le noyer pourrait donc être, dans le futur, une alternative aux traitements anti-Alzheimer qui sont par ailleurs actuellement dé-remboursés. Les noyers sont également riches en sérotonine (alcaloïde) et vitamine E qui sont à l'origine d'effet antioxydant. La sérotonine, quant à elle, est également responsable d'un effet antidépresseur. Dans les noix, on retrouve notamment des phytostérols et des acides gras insaturés qui sont connus pour présenter un effet hypolipémiant.

Malgré les nombreux effets bénéfiques que les noyers présentent de par leur composition, on ne le retrouve pourtant que dans peu d'indications à l'officine. En homéopathie, le noyer est principalement conseillé dans les états infectieux gastro-intestinaux. On retrouve également le noyer dans des spécialités homéopathiques indiquées contre les troubles de la minéralisation (Rexorubia) et dans les polysurcharges métaboliques (Diacure). Le noyer est également retrouvé dans de nombreux compléments alimentaires qui seront majoritairement conseillés dans la régularisation du transit et le bien-être intestinal, la stimulation des fonctions hépatique et biliaire et les petits problèmes cutanés (peau sèche, pellicules...). Le noyer fait également partie des fleurs de Bach qui est une fleur qui aide face à un état de doute et face à un changement. En médecine vétérinaire, on retrouve le noyer dans une spécialité, la Dartricine, qui permet de guérir les affections cutanées d'origine mycosique. Cependant, le noyer est également retrouvé en cosmétologie que ce soit dans le blanchiment dentaire ou comme colorant capillaire.

Annexe 1



EUROPEAN MEDICINES AGENCY
SCIENCE MEDICINES HEALTH

9 July 2013
EMA/HMPC/346737/2011
Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)

Community herbal monograph on *Juglans regia* L., folium

Final

Discussion in Working Party on Community monographs and Community list (MLWP)	May 2011 March 2012 May 2012 September 2012 November 2012
Adoption by Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC) for release for consultation	15 January 2013
End of consultation (deadline for comments ¹).	15 April 2013
Rediscussion in Working Party on Community monographs and Community list (MLWP)	May 2013
Adoption by Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC)	9 July 2013

Keywords	Herbal medicinal products; HMPC; Community herbal monographs; traditional use; <i>Juglans regia</i> L., folium; Juglandis folium; Walnut Leaf
-----------------	---

BG (bългарski): Орех, лист CS (čeština): Ořešákový list DA (dansk): Valnødblåd DE (Deutsch): Walnussblätter EL (elliniká): Καρύδας φύλλο EN (English): Walnut Leaf ES (español): Nogal, hoja de ET (eesti keel): Pähklipuuleht FI (suomi): Saksanpähkinä, lehti FR (français): Noyer (feuille de) HR (hrvatska): orahov list HU (magyar): Diólevél IT (italiano): Noce foglia	LT (lietuvių kalba): Graikinių riešutmedžių lapai LV (latviešu valoda): Valrieksta lapas MT (malti): Ġewż NL (nederlands): Walnoot, Okkernoot PL (polski): Liść orzecha włoskiego PT (português): Nogueira, folha RO (română): Frunză de nuc SK (slovenčina): Orechový list SL (slovenščina): List navadnega oreha SV (svenska): Valnötsblad IS (islenska): NO (norsk): Valnøttblad
---	--

¹ No comments were received during the period of public consultation. Therefore the final monograph is published together with the final assessment report and list of references, without an 'Overview of comments received during the public consultation'.



Community herbal monograph on *Juglans regia* L., folium

1. Name of the medicinal product

To be specified for the individual finished product.

2. Qualitative and quantitative composition²

Well-established use	Traditional use
	With regard to the registration application of Article 16d(1) of Directive 2001/83/EC as amended <i>Juglans regia</i> L., folium, (walnut leaf) i) Herbal substance Not applicable ii) Herbal preparations Comminuted herbal substance

3. Pharmaceutical form

Well-established use	Traditional use
	Comminuted herbal substance for decoction preparation for cutaneous use. The pharmaceutical form should be described by the European Pharmacopoeia full standard term.

4. Clinical particulars

4.1. Therapeutic indications

Well-established use	Traditional use
	Indication 1) Traditional herbal medicinal product for the relief of minor inflammatory conditions of the skin. Indication 2) Traditional herbal medicinal product used in excessive perspiration of hands and feet. The product is a traditional herbal medicinal product for use in specified indications exclusively based upon long-standing use.

² The declaration of the active substance(s) for an individual finished product should be in accordance with relevant herbal quality guidance.

4.2. Posology and method of administration³

Well-established use	Traditional use
	<p>Posology</p> <p><i>Adults and elderly</i></p> <p>Indication 1)</p> <p>Comminuted herbal substance for decoction preparation for cutaneous use: 4-6 g of the comminuted herbal substance in 200 ml of boiling water.</p> <p>Apply as a impregnated dressing to the affected areas of the skin 2 - 4 times daily.</p> <p>Indication 2)</p> <p>Comminuted herbal substance for decoction preparation for cutaneous use: 4-6 g of the comminuted herbal substance in 200 ml of boiling water.</p> <p>Apply as a impregnated dressing to the affected areas of the skin up to 30 minutes twice daily.</p> <p>The use in children and adolescents under 18 years of age is not recommended (see section 4.4 'Special warnings and precautions for use').</p> <p>Duration of use</p> <p>Not to be used for more than 1 week.</p> <p>If the symptoms persist during the use of the medicinal product, a doctor or a qualified health care practitioner should be consulted.</p> <p>Method of administration</p> <p>Cutaneous use.</p>

4.3. Contraindications

Well-established use	Traditional use
	<p>Hypersensitivity to the active substance.</p> <p>Open wounds and large skin injuries.</p>

³ For guidance on herbal substance/herbal preparation administered as herbal tea or as infusion/decoction/macerate preparation, please refer to the HMPC 'Glossary on herbal teas' (EMA/HMPC/5829/2010 Rev.1).

4.4. Special warnings and precautions for use

Well-established use	Traditional use
	<p>The use temporarily stains the skin.</p> <p>The use in children and adolescents under 18 years of age has not been established due to lack of adequate data.</p> <p>If the symptoms worsen during the use of the medicinal product, a doctor or a qualified health care practitioner should be consulted.</p>

4.5. Interactions with other medicinal products and other forms of interaction

Well-established use	Traditional use
	None reported.

4.6. Fertility, pregnancy and lactation

Well-established use	Traditional use
	<p>Safety during pregnancy and lactation has not been established. In the absence of sufficient data, the use during pregnancy and lactation is not recommended.</p> <p>No fertility data available.</p>

4.7. Effects on ability to drive and use machines

Well-established use	Traditional use
	No studies on the effect on the ability to drive and use machines have been performed.

4.8. Undesirable effects

Well-established use	Traditional use
	<p>None known.</p> <p>If adverse reactions occur, a doctor or a qualified health care practitioner should be consulted.</p>

4.9. Overdose

Well-established use	Traditional use
	No case of overdose has been reported.

5. Pharmacological properties

5.1. Pharmacodynamic properties

Well-established use	Traditional use
	Not required as per Article 16c(1)(a)(iii) of Directive 2001/83/EC as amended.

5.2. Pharmacokinetic properties

Well-established use	Traditional use
	Not required as per Article 16c(1)(a)(iii) of Directive 2001/83/EC as amended.

5.3. Preclinical safety data

Well-established use	Traditional use
	Not required as per Article 16c(1)(a)(iii) of Directive 2001/83/EC as amended, unless necessary for the safe use of the product. Adequate tests on reproductive toxicity, genotoxicity and carcinogenicity have not been performed.

6. Pharmaceutical particulars

Well-established use	Traditional use
	Not applicable.

7. Date of compilation/last revision

9 July 2013

Références bibliographiques :

- (1) fr.wikipedia.org. [Internet]. Available from : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Aubier>, (le 23/10/18)
- (2) idao.cirad.fr. [Internet]. Available from : <http://idao.cirad.fr/content/advenrun/defs/bractee.html>, (le 04/02/19)
- (3) canope.ac-besancon.fr. [Internet]. Available from : <https://canope.ac-besancon.fr/flore/didacticiel/fleur/ovaire.htm>, (le 23/10/18)
- (4) mi-aime-a-ou.com. [Internet]. Available from : <http://www.mi-aime-a-ou.com/perianthe.php>, (le 23/10/18)
- (5) fr.wikipedia.org. [Internet]. Available from : https://fr.wikipedia.org/wiki/Suber#/media/File:Wood_structure_numbers.svg, (le 23/10/18)
- (6) Les cahiers de L'ordre National des Pharmaciens. Le pharmacien et les plantes. [Internet]. Available from: http://www.ordre.pharmacien.fr/content/download/160922/784724/version/1/file/CTOP005_WEB_OK.pdf, (le 06/10/18)
- (7) La phytothérapie ou l'art de soigner par les plantes. [Internet]. Available from : <https://chrysalides1215.files.wordpress.com/2015/01/phytotherapie-pour-la-prof.pdf>, (le 06/10/18)
- (8) Système canadien d'information sur la biodiversité. [Internet]. Available from : <http://www.cbif.gc.ca/acp/fra/siti/regarder?tsn=19248>, (10/09/2018)
- (9) Encyclopedia Universalis France – Angiospermes. [Internet]. Available from : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/angiospermes/>, (10/09/2018)
- (10) Cours de biologie végétale par Mme Bouzid Salha. [Internet]. Available from : <http://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/tc/16.pdf>, (le 10/09/2018) Pp 3-4-21
- (11) Wikiwand-Dicotylédone. [Internet]. Available from : http://www.wikiwand.com/fr/Dicotyl%C3%A9done#/Classification_phylog%C3%A9n%C3%A9tique, <http://www.wikiwand.com/fr/Rosidae>, (le 10/09/2018)
- (12) Plantes et botanique. [Internet]. Available from : https://www.plantes-botanique.org/famille_juglandaceae
https://www.plantes-botanique.org/sousclasse_rosiidae
https://www.plantes-botanique.org/sousembanchement_angiospermes
https://www.plantes-botanique.org/embranchement_spermaphytes, (le 05/09/2018).
- (13) Joseph B. Lambert, Eric W. Donnelly, Eric A. Heckenbach, Connor L. Johnson, Michael A. Kozminski, Yuyang Wu, Jorge A. Santiago-Blay. "Molecular classification of the natural exudates of the rosids". Phytochemistry. Volume 94. October 2013. Pp 171-183. [Internet]. Available from : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942213002409#f0055>
- (14) Encyclopedia of Life – Juglans regia. [Internet]. Available from : <http://www.eol.org/pages/487229/overview>, (le 23/10/18)

- (15) Chevalier, Auguste. "Variabilité et Hybridité chez les Noyers. Notes sur des Juglans peu connus, sur l'Annamocarya et un Carya d'Indochine". *Journal d'agriculture professionnelle et de botanique appliquée*. Volume 21. Numéro 242. 1941. Pages 477-509
- (16) Favre, Roger. "Alpha Flore : Encyclopédie des plantes, des fleurs et des jardins". Grammont / Salva. *Volume 6 : Les Arbres*. Pages 104-108.
- (17) Lieutaghi, Pierre. "Le livre des arbres, arbustes et arbrisseaux". Actes Sud Nature. 1969.
- (18) lesarbres.fr. [Internet]. Available from : <http://www.lesarbres.fr/fiche-noyer.php>, (le 28/09/18)
- (19) Via Gallica. Le noyer d'Europe (Juglans regia). [Internet]. Available from : https://viagallica.com/v/noyer_europe.htm, (le 05/10/18)
- (20) Martin, Philippe. "Les familles des Plantes à fleurs d'Europe - Botanique systématique et utilitaire". 2ème édition. *Presses Universitaires de Namur*. 2014. Pp 134-135
- (21) Kubitzki Klaus, G. Rohwer Jens et Brittich Volker. "The Families and Genera of Vascular Plants". Volume II : *Flowering Plants – Dicotyledons*. 1993. Pages 348 à 359.
- (22) Deysson, Guy. "Organisation et classification des plantes vasculaires". Sedes Paris. *Tome 2 : Systématique*. 1979. Pages : 540.
- (23) zoom-nature.fr. [Internet]. Available from : <https://www.zoom-nature.fr/la-famille-des-noyers-et-des-caryas/>, (le 11/09/18)
- (24) Biodis, site scientifique et culturel. Dicotylées 3. [Internet]. Available from : <http://www.vdsciences.com/pages/sciences-agronomiques-de-base/biologie-vegetale/phanerogames-elements-de-reprod-et-de-classif/angiospermes/dicotylees-3.html>, (le 12/09/18)
- (25) J-L. Guignard, L. Cosson et M. Henry. "Abrégé de phytochimie"— Masson. 1985. 1 volume. Pages: 224
- (26) Mallikarjuna K. Aradhya & Daniel Potter & Fangyou Gao & Charles J. Simon. "Molecular Phylogeny of Juglans (Juglandaceae): a biogeographic perspective". *Tree Genetics & Genomes*. 2006. [Internet]. Available from: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/31120/juglans.pdf>
- (27) aimfc.rncan.gc.ca. [Internet]. Available from : <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/arbres/fiche/21>. (le 04/02/19)
- (28) Hadria, Mansour-Djalab. "Evaluation chimique et activité antidermatophyte de quelques plantes médicinales d'Algérie". Thèse. Université de Constantine. 2004. Pages 21 à 24.
- (29) Pharmacopée. "Juglans regia pour préparations homéopathiques". Agence Nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. Page 1.
- (30) Rahmoun, Simen. "Contribution à l'étude de la caractérisation morphologique du noyer commun (Juglans regia L) dans la wilaya de Tlemcen". Mémoire soutenu en 2016. Page 7
- (31) Stary Frantisek et Jirasek Vaclav. "Plantes médicinales, Atlas illustré". Grund. 1973. Page 181.

- (32) Grégoire, Anne. "Le grand livre des plantes aromatiques : Comment les cultiver et les utiliser pour la santé, la beauté, la cuisine, la maison". Sélection readers digest. 2010.
- (33) Juglans regia – Noyer Royal, Goguier, Noguier. Jardin! L'Encyclopédie par la Société des Gens de Lettres. [Internet]. Available from : http://nature.jardin.free.fr/1102/nmauric_juglans%20_regia.html, (le 05/09/2018).
- (34) Prat Roger, Mosiniak Michèle et Vonarx Véronique. "La noix, une drupe". [Internet]. Available from: <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Fruits/noix.htm>, (le 05/09/2018).
- (35) Rushforth, Keith. "Photo-guide des arbres d'Europe". Delachaux et Niestlé. 2000. Pp 696-697
- (36) L. Garavel. "Une interprétation nouvelle de la morphogénèse de la coque de noix de Juglans". Pp 337-375. [Internet]. Available from : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/33588/AEF_1960_17_3_335.pdf?sequence=1, (le 12/09/18)
- (37) UPA. Ressources naturelles et Faune. Quebec. [Internet]. Available from : <http://www.afplanaudiere.org/pdf/UPA-Fiches-arbres-noix.pdf>, (le 12/09/18)
- (38) Cercles des Naturalistes de Belgique. L'Erable. Périodique trimestriel. N°4/2016 - 4ème trimestre. [Internet]. Available from : https://www.guides-nature.be/wp-content/uploads/2018/01/L%C3%ABrable-2016-404_Claerebout.pdf, (le 13/09/2018)
- (39) preservons-la-nature.fr. [Internet]. Available from : <https://www.preservons-la-nature.fr/flore/taxon/599.html>, (le 23/10/18)
- (40) fr.wikipedia.org. [Internet]. Available from : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Drupe>, (le 23/10/18).
- (41) desfleursanotreporte.com. [Internet]. Available from : <http://www.desfleursanotreporte.com/pages/Une-noix-qu-y-a-t-il-a-l-interieur-d-une-noix-7995121.html>, (le 23/10/18)
- (42) Burns Russel. M et Honkala Barbara H. "Silvics of North America". *Volume II : Hardwoods*". 1990. Pages 386-390
- (43) Evaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada. 2003. Pages 3-10. [Internet]. Available from : <http://publications.gc.ca/collections/Collection/CW69-14-373-2004F.pdf>, (le 05/09/2018).
- (44) Encyclopedia of life. *Juglans cinerea*. [Internet]. Available from : <http://www.eol.org/pages/596229/details>, (le 05/09/2018).
- (45) Flora of North America, *Juglans cinerea*. [Internet]. Available from : http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=233500716, (le 05/09/2018).
- (46) M. le chevalier de Lamarck. Encyclopédie méthodique - Botanique. H. Agasse. Tome quatrième. Page 503. [Internet]. Available from : <https://books.google.fr/books?id=AyCzkMU9ISAC&pg=PA503&lpg=PA503&dq=juglans+cinerea+botanic&source=bl&ots=VhbcqJIT5s&sig=0kiUFMJJEJnxHMYDJwg3CEIm5s&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKewiQ1>

[L2F07fdAhUKqxoKHXVZA2YQ6AEwD3oECAIQAQ#v=onepage&q=juglans%20cinerea%20botanic&f=false](https://www.researchgate.net/publication/328111111/L2F07fdAhUKqxoKHXVZA2YQ6AEwD3oECAIQAQ#v=onepage&q=juglans%20cinerea%20botanic&f=false), (le 30/09/18)

(47) Butternut canker – Natural resources Canada. [Internet]. Available from : <https://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/top-insects/13375>, (le 13/09/2018)

(48) Les destructeurs des arbres : le chancre du noyer cendré. [Internet]. Available from: <https://arbrescanada.ca/ressources/destructeurs-arbres/chancre-du-noyer-cendre/>, (le 13/09/2018)

(49) *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* (butternut canker). Invasive Species Compendium. CABI. [Internet]. Available from: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50182>, (le 13/09/2018).

(50) psn3.com [Internet]. Available from : <http://www.psn3.com/Noyer,cendre/Feuilles/262.html>, (le 23/10/18)

(51) tipdisease.com. [Internet]. Available from : <http://www.tipdisease.com/2015/07/butternut-juglans-cinerea-overview.html>, (le 23/10/18)

(52) parcdesfalaises.ca. [Internet]. Available from : <http://www.parcdesfalaises.ca/index.php/la-flore-du-massif/plantes-dinteret/noyer-cendre/>. (le 04/02/19)

(54) nrcan.gc.ca. [Internet]. Available from : <https://www.nrcan.gc.ca/forests/fire-insects-disturbances/top-insects/13375>, (le 23/10/18)

(55) Arbez Michel et Lacaze Jean-François. “Les ressources forestières en France”. *Volume 2 = Les feuillus*. Institut national de la recherche agronomique. 1998

(56) fr.123fr.com. [Internet]. Available from : https://fr.123rf.com/photo_24174644_gros-plan-de-l-%C3%A9corce-de-noyer-noir-juglans-nigra.html, (le 23/10/18)

(57) psn3.com. [Internet]. Available from : <http://www.psn3.com/Juglans,nigra/Feuilles/268.html>, (le 23/10/18)

(58) bonsai.et.reve.de.pierre.over-blog.com. [Internet]. Available from : <http://bonsai.et.reve.de.pierre.over-blog.com/2016/10/juglans-nigra-noyer-d-amerique.html>, (le 23/10/18)

(59) sararegistry.gc.ca. [Internet]. Available from : https://www.sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_butternut_0910_f.pdf, (le 23/10/18)

(60) Benslama A. “Substances d’origine végétale”. Université Mohamed Khider-Biskra Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie Département des sciences de la nature et de la vie. 2015/2016. [Internet]. Available from : http://fsesnv.univ-biskra.dz/images/stories/cours_bio/les%20substances%20dorigine%20vgtales.pdf, (le 07/10/18)

(61) Asha A. Kale, Sucheta A. Gaikwad, Kavita S. Mundhe, Nirmala R. Deshpande et Jyoti P. Salvekar. “Detection of Amino Acids from the Stem Bark of *Juglans regia*”. *Asian Journal of Chemistry*. Vol, 21. N°18. 2009. Pages 6593-6595.

(62) Asha A. Kale, Sucheta A. Gaikwad, Kavita S. Mundhe, Nirmala R. Deshpande et Jyoti P. Salvekar. “Elements from stem bark of orchard tree – *Juglans regia*”. *International Journal of ChemTech Research*. Vol 2. N°1. 2010. Pp 548-550.

(63) AISSI Asma et BOUDJELAL Youssef. Mémoire. "Screening phytochimique et mise en évidence de l'activité antimicrobienne des feuilles et des écorces de *Juglans regia*". 2014

(64) Cesarettin Alasalvar, Fereidoon Shahidi. "Tree nuts: Composition, Phytochemicals and Health Effects". *Nutraceutical Science and Technology*. 2008. [Internet]. Available from : <https://books.google.fr/bookshl=fr&lr=&id=Uu4nzKx74noC&oi=fnd&pg=PP1&dq=components+of+tree+nuts&ots=H9a8OOECS2&sig=Np-imkru6VKGA-47TFVsADqiZ1Y#v=onepage&q=components%20of%20tree%20nuts&f=false>, (le 01/10/18)

(65) Gravot Antoine. "Introduction au métabolisme secondaire chez les végétaux". Support de cours sur le métabolisme secondaire. Université de Rennes 1. 2008/2009.

(66) Sina COSMULESCU and Ion Trandafir. "Seasonal variation of total phenols in leaves of walnut (*Juglans regia* L.)". *Journal of Medicinal Plants Research*. Vol. 5(19), pp. 4938-4942, 23 September, 2011. [Internet]. Available from: http://www.academicjournals.org/article/article1380783781_Cosmulescu%20and%20Trandafir.pdf, (le 30/09/18)

(67) ijcea.org. [Internet]. Available from : <http://www.ijcea.org/papers/416-N0002.pdf>, (le 23/10/18)

(68) Les tannins. [Internet]. Available from : <http://isyeb.mnhn.fr/sites/isyeb/files/documents/selossetannins2008.pdf>, (15/09/18)

(69) BIAYE Mamadou. "Actions pharmacologiques des tanins". Thèse d'exercice. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 2002. [Internet]. Available from: <http://indexmedicus.afro.who.int/iah/fulltext/BIAYEMamadou.pdf>, (15/09/18)

(70) T. Ozcan, A. Akpınar-Bayizit, L. Yılmaz-Ersan, and B. Delikanlı. "Phenolics in Human Health". *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, Vol. 5, No. 5, October 2014. [Internet]. Available from : <http://www.ijcea.org/papers/416-N0002.pdf>, (15/09/18)

(71) Les composés phénoliques des végétaux - Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique - Jean-Jacques Macheix, Annie Fleurit, Christian Jay-Allemand – *Presses polytechniques et universitaires romandes*

(72) researchgate.net. [Internet]. Available from : https://www.researchgate.net/publication/11538892_Tannins_Classification_and_Definition, (le 23/10/18)

(73) Prajwal Paudel, Prabodh Satyal, Noura S. Dosoky, Samjhana Maharjan and William N. Setzer. "Juglans regia and J. nigra, Two Trees Important in Traditional Medicine: A Comparison of Leaf Essential Oil Compositions and Biological Activities". *Natural Product Communications*. 2013. Vol.8 N°10. Pp1481-1486

(74) Nisha Panth, Keshav Raj Paudel, Rajendra Karki. "Phytochemical profile and biological activity of *Juglans regia*". *Integr Med* 2016; 14(5): 359–373. [Internet]. Available from : <https://kundoc.com/pdf-phytochemical-profile-and-biological-activity-of-juglans-regia-.html>, (le 18/09/2018)

- (75) Chhagan Lal, A. S. M. Raja, P. K. Pareek, D. B. Shakyawar, K. K. Sharma and M. C. Sharma. "Juglans nigra: Chemical constitution and its application on Pashmina (Cashmere) fabric as a dye". Scholars Research Library J. Nat. Prod. Plant Resour., 2011, 1 (4):13-19
- (76) Grzegorz Chrzanowski, Bogumił Leszczyński, Paweł Czerniewicz, Hubert Sytykiewicz, Henryk Matok, Robert Kr. "Phenolic acids of walnut (*Juglans regia* L)". *Herba prolonica*. Vol. 57 N°2. 2011.
- (77) Raizo ou Réseau d'alerte et d'information zoo-sanitaire. Intoxication au noyer. N°33 du 4 mars 2005. [Internet]. Available from : <http://collections.banq.gc.ca/ark:/52327/bs19258>, (le 30/09/18)
- (78) Maryon P. Strugstad & Saško Despotovski. "A Summary of Extraction, Synthesis, Properties and Potential Uses of Juglone: A Literature Review". *Journal of Ecosystems and Management*. 13(3): 1-16
- (79) Numata Kitagata. "Walnut polyphenol: Hepatoprotective & Anti-oxidative extract for Metabolic Syndrom". Oryza oil & Fat chemical co., LTD. 2007. [Internet]. Available from: http://www.oryza.co.jp/html/english/pdf/Walnut_polyphenol1.0.pdf
- (80) Waliszewska B., Pradzynski W., Zborowska M., Stachowiak-Wencek A., Waliszewska H., Malysko E. "Composition chimique du bois de noyer noir". *Forestry and Wood Technology* № 91, 2015: 179-181. [Internet]. Available from : https://translate.google.fr/translatehl=fr&sl=en&u=http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-f689efb4-a052-405a-ab3b5cedcc23d075/c/179_Annals91.pdf&prev=search, (le 17/09/18)
- (81) infovisual.info. [Internet]. Available from : <https://infovisual.info/fr/biologie-vegetale/coupe-transversale-dun-tronc-et-souche>, (le 23/10/18)
- (82) Akula Ramakrishna, Parvatam Giridhar and Gokare Aswathanarayana Ravishankar. "Phytoserotonin A review". *Plant Signaling & Behavior* 6:6, 800-809; June 2011
- (83) Gomez Gérard. Les alcaloïdes [Internet]. Available from : <https://sciences-physiques.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille2/ALCALOIDES.htm>. (le 11/10/18)
- (84) Supertoinette. Alcaloïdes. [Internet]. Available from : <https://www.supertoinette.com/fiche-cuisine/1536/alcaloide.html> (le 11/10/18)
- (85) Bradley W Bolling, Diane L McKay, Jeffrey B Blumberg. "The phytochemical composition and antioxidant actions of tree nuts". PMID: PMC5012104. Sep 2016. [Internet]. Available from : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5012104/>, (le 17/09/18)
- (86) Passeport santé - Noix. [Internet]. Available from : https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=noix_nu , (le 09/10/18)
- (87) OnlyFoods. *Juglans cinerea* (Butternut). [Internet]. Available from : <https://www.onlyfoods.net/juglans-cinerea-butternut.html>, (le 09/10/18)
- (88) Fadi Qa'dan, Abdul-Jalil Thewaini, Dalia A. Ali, Rana Afifi, Abdalla Elkhawad and Khalid Z. Matalaka. "The Antimicrobial Activities of *Psidium guajava* and *Juglans regia* Leaf Extracts to Acne-

Developing Organisms". *The American Journal of Chinese Medicine*, Vol. 33, No. 2, 197–204. 2005
World Scientific Publishing Company.

(89) Yun-hua Kong, Liang Zhang, Zheng-yi Yang, Cong Han, Li-hong Hu, Hua-liang Jiang et Xu Shen. "Natural product juglone targets three key enzymes from *Helicobacter pylori*: inhibition assay with crystal structure characterization". *Acta Pharmacologica Sinica* volume29, pages 870–876 (2008).

(90) Gülçin SALTAN ÇİTOĞLU, Nurten ALTANLAR. "Antimicrobial activity of some plants used in folk medicine". *Faculté de Pharmacie. Université d'Ankara*. 32(3). Pp 159-163. 2003.

(91) BENNACER Amel, CHERIF Hamida Saida. "Contribution to the Ethnobotanical, Phytochemical, Antimicrobial and Antioxidant Study of the Leaves Aqueous Extract of the Common Walnut "*Juglans regia* L." *International Journal of Pharmacology, Phytochemistry and Ethnomedicine*. Volume 7. Pp 41-52.

(92) Ajay Thakur. "Juglone: A therapeutic phytochemical from *Juglans regia* L". *Journal of medicinal plant research* 5(22):5324-5330 · October 2011

(93) M. S. Ali-Shtayeh and Suheil I. Abu Ghdeib. "Antifungal activity of plant extracts against dermatophytes". *Mycoses* 42, 665–672 (1999).

(94) Afolayan, A.J ; Meyer, J.J.M. "The antimicrobial activity of 3,5,7-trihydroxyflavone isolated from the shoots of *Helichrysum aureonitens*". *Journal of Ethnopharmacology*, 1997, Volume 57. Issue 3. pp.177-181.

(95) = 63 Youcef Boudjelal, Hassiba Benbouali University of Chlef. "Phytochemical Screening and antimicrobial activity of the leaves and bark of *Juglans regia* Linn (Walnut) collected from the region of Batna, Algeria". 2014

(96) Naheed Mahmood; Cosimo Pizza; Rita Aquino; Nunziatina De Tommasi; Sonia Piacente; Susa Colman; Andrew Burke and Alan J. Hay. "Inhibition of HIV infection by flavanoids". *Antiviral research*. Volume 22, Issues 2-3. 1993. Pp 189-199.

(97) F. Mouhajir, J.B. Hudson, M. Rejdali & G.H.N. Towers. "Multiple Antiviral Activities of Endemic Medicinal Plants Used by Berber Peoples of Morocco". *Pharmaceutical Biology*. Volume 39. Issue 5. 2001. Pp 364-374

(98) dictionnaire.sensagent.leparisien.fr. [Internet]. Available from : <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/VIRUS%20DE%20LA%20MOSAIQUE%20DU%20TABAC/fr-fr/#Sympt.C3.B4mes>, (le 25/09/18)

(99) virologie-uclouvain.be. [Internet]. Available from : <https://www.virologie-uclouvain.be/fr/chapitres/exemples-choisis/virus-de-la-mosaïque-du-tabac-tobacco-mosaic-virus>, (le 23/10/18)

(100) Wahjul Qamar, Sarwat Sultana. "Polyphenols from *Juglans regia* L. (walnut) kernel modulate cigarette smoke extract induced acute inflammation, oxidative stress and lung injury in Wistar rats". *Human & Experimental Toxicology*. Vol 30, Issue 6, 2011.

- (101) Gunhyuk Park, Dae Sik Jang, Myung Sook Oh. "Juglans mandshurica leaf extract protects skin fibroblasts from damage by regulating the oxidative defense system". *Biochemical and Biophysical Research Communications* 421 (2012) 343–348
- (102) Márcia Carvalho, Pedro J.Ferreira, Vanda S.Mendes, Renata Silva, José A.Pereira, Carmen Jerónimo, Branca M.Silva. "Human cancer cell antiproliferative and antioxidant activities of *Juglans regia* L.". *Food and Chemical Toxicology*. Volume 48, Issue 1. January 2010. Pp 441-447.
- (103) Ivo Oliveira, Anabela Sousa, Isabel C.F.R. Ferreira, Albino Bento, Leticia Estevinho, José Alberto Pereira. "Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks". *Food and Chemical Toxicology*. Volume 46, Issue 7. 2008. Pp 2326-2331.
- (104) Manallah Ahlem. "Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L.". Mémoire. Université Ferhat Abbas - Sétis. 2012. Pp 51-52.
- (105) Tajamul Islam Shah, Ekta Sharma, Gowhar Ahmad. "Juglans regia Linn: A Phytopharmacological Review". *Atom and Cell Publishers*. 2014. Pp 365-373
- (106) Asha A. Kale, Sucheta A. Gaikwada, Gayatri S. Kamblea, N.R. Deshpandea and J. P. Salvekar. "In vitro anthelmintic activity of stem bark of *Juglans regia* L.". *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2011. Volume 3, Issue 2. Pp 298-302.
- (107) Cristiane Rodrigues Silva Câmara, M.Sc. and Vicki Schlegel, Ph.D. "Black Walnuts (*Juglans nigra* L.): Potential as a Health Promoting Food". Review. Department of Food Science and Technology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, USA.
<https://black-walnuts.com/wp-content/uploads/U-of-Nebraska-Nutrition-Study.pdf>, (17/09/18)
- (108) Hosseini, Saeed; Jamshidi, Leila; Mehrzadi, Saeed; Mohammad, Kazem; Najmizadeh, Ali Reza; Alimoradi, Houman; Huseini, Hasan Fallah. "Effects of *Juglans regia* L. leaf extract on hyperglycemia and lipid profiles in type two diabetic patients: A randomized double-blind, placebo-controlled clinical trial". *Journal of Ethnopharmacology*, 28 March 2014, Vol.152(3), pp.451-456.
- (109) Nasiry, Davood; Khalatbary, Ali Reza; Ahmadvand, Hassan. "Therapeutic potential of *Juglans regia* L. leaf extract against diabetic retinopathy in rat". *Iranian journal of basic medical sciences*, November 2017, Vol.20(11), pp.1275-1281
- (110) Z. Papoutsis, E. Kassi, I. Chinou, M. Halabalaki, L. A. Skaltsounis, P. Moutsatsou. "Walnut extract (*Juglans regia* L.) and its component ellagic acid exhibit anti-inflammatory activity in human aorta endothelial cells and osteoblastic activity in the cell line KS483". *British Journal of Nutrition*. Volume 99, Issue 4. April 2008. Pp 715-722.
- (111) Peter Fitschen. "Cardiovascular effects of black versus english walnut consumption". University of Wisconsin-La Crosse. 2010. [Internet]. Available from :
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.476.5793&rep=rep1&type=pdf>, (le 17/09/18)
- (112) Cannabis Terpenes: The Benefits of Humulene, Caryophyllene, and Trans-Nerolidol. [Internet]. Available from : <https://www.leafly.com/news/cannabis-101/humulene-caryophyllene-and-trans-nerolidol-what-are-the-benefits> (le 11/10/18)

(113) Natascha Leleu-Chavain, Christophe Biot, Philippe Chavatte et Régis Millet. "From cannabis to selective CB₂R agonists: molecules with numerous therapeutical virtues". *Med Sci (Paris)*. Volume 29, Number 5, Mai 2013. Pp 523-528

(114) Seyed Fazel Nabavi, Mohammad Ali Ebrahimzadeh, Seyed Mohammad Nabavi, Mitra Mahmoudi, Shabnam Keyvani Rad. "Biological activities of *Juglans regia* flowers". *Rev. bras. farmacogn.* vol.21 no.3. June 2011.

(115) publi.inserm.fr. [Internet], Available from : http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/1888/2001_2_162.pdf?sequence=5, (le 17/10/18)

(116) Xue-Bang Zhang, Chang-Lin Zou, Yu-Xia Duan, Fang Wu and Gang Li. "Activity guided isolation and modification of juglone from *Juglans regia* as potent cytotoxic agent against lung cancer cell lines". *BMC Complementary and Alternative Medicine* (2015) 15:396.

(117) Thakur Ajay. "Juglone: A therapeutic phytochemical from *Juglans regia* L.". *Journal of medicinal plant research* 5(22):5324-5330. October 2011

(118) Shigeyuki Sugiea, Kiyohisa Okamoto, K.M. Wahidur Rahman, Takuji Tanaka, Kiyoshi Kawaid, Johji Yamaharae, Hideki Morib. "Inhibitory effects of plumbagin and juglone on azoxymethane-induced intestinal carcinogenesis in rats". *Cancer Letters* 127 (1998). Pp 177–183

(119) Yu-Bin Ji, Zhong-Yuan Qu, Xiang Zou. "Juglone-induced apoptosis in human gastric cancer SGC-7901 cells via the mitochondrial pathway". *Experimental and Toxicologic Pathology* 63 (2011). Pp 69–78.

(120) Society For Neuroscience. "Diet Of Walnuts, Blueberries Improve Cognition; May Help Maintain Brain Function." *ScienceDaily*. ScienceDaily, 7 November 2007. [Internet]. Available from: www.sciencedaily.com/releases/2007/11/071106122843.htm, (le 28/09/18)

(121) F. N Oguwike, S. Ebede, C Offor. "Evaluation of Efficacy of Walnut (*Juglans Nigra*) On Blood Pressure, Haematological and Biochemical Profile of Hypertensive Subjects". *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. Volume 13, Issue 10. Oct 2014. Pp 75-79

(122) M. J. Zibaenezhad, M. Rezaiezhad, A. Mowla, S. M. T. Ayatollahi, and M. R. Panjehshahin. "Antihypertriglyceridemic Effect of Walnut Oil". *Angiology*. Volume 54, Number 4. 2003. Pp 411-414.

(123) K. NEUHAUS-CARLISLE, W. VIERLING and H. WAGNER. "Screening of plant extracts and plant constituents for calcium-channel blocking activity". *Phytomedicine* Vol. 4 (1), pp. 67-69, 1997.

(124) Nael Abu Taha and Mohammed A. Al-wadaan. "Utility and importance of walnut, *Juglans regia* Linn: A review". *African Journal of Microbiology Research* Vol. 5(32), pp. 5796-5805, 30 December, 2011.

(125) Mokhtar Mokhtari, Mehrdad Shariati, Nasrin Sadeghi. "Effect of alcohol extract from leave *Juglans regia* on antinociceptive induced by morphine in formalin test". *Medical Sciences* 2008. Volume 18, Issue 2. Pp 85-90.

- (126) European Medicines Agency. [Internet]. Available from : https://www.ema.europa.eu/documents/herbal-report/final-assessment-report-juglans-regia-l-folium_en.pdf, (le 12/10/18)
- (127) Chadda Douniazed. "Influence des matières organiques (feuilles, châtons et racines) du noyer (*Juglans regia* L.) sur le comportement de jeunes plants de pommier (*Malus domestica* Borkh) dans la région de R'haouat (Hidoussa) (Belezma)". Mémoire. 2008
- (128) Le Blog des Antiquités. Noyer, bois apprécié par les ébénistes. [Internet]. Available from : http://www.leblogantiquites.com/2006/06/noyer_bois_appr.html, (le 04/10/18)
- (129) Le Monde. Recette du vin de noix, apéritif tonique et reconstituant ! [Internet]. Available from : <https://jardinage.lemonde.fr/article-193-recette-vin-noix-aperitif-tonique-reconstituant.html>, (le 04/10/18)
- (130) Sylvie Tribut. Noisettes et noix : les fruits de la vierge. [Internet]. Available from : <http://www.sylvie-tribut-astrologue.com/tag/brou-de-noix/>, (le 04/10/18)
- (131) Histoire et légendes de la noix. [Internet]. Available from : <http://eurofruitroulland.free.fr/francais/contenunoix.htm>, (le 04/10/18)
- (132) Hamdollah Delaviz, Jamshid Mohammadi, Ghasem Ghalamfarsa, Bahram Mohammadi and Naser Farhadi. "A review study on Phytochemistry and pharmacology applications of *Juglans regia* plant". 2017. Available from : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5628521/>, (16/09/18)
- (133) L. Garavel. Le noyer noir d'Amérique (*J. Nigra* L.). Revue forestière française. N°6. Juin 1960. [Internet]. Available from : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/24284/RFF_1960_6_362.pdf?s.., (le 05/10/18)
- (134) Bhagat Singh Jaiswal, Mukul Tailang. "*Juglans regia*: a review of its traditional uses phytochemistry and pharmacology". *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 2017. Volume 7, Issue 09.
- (135) ANSM. Pharmacopée. [Internet]. Available from : <https://ansm.sante.fr/Mediatheque/Publications/Pharmacopee-francaise-Plan-Preambule-index>, (le 23/10/18)
- (136) Catherine Trouvé. Remèdes et traitements. [Internet] Available from : https://www.eyrolles.com/Chapitres/9782708135437/chap1_Trouve.pdf, (le 15/10/18)
- (137) Docteur Jacques Deniau. "Conseils homéopathiques". Février 1964.
- (138) pharmacie-homéopathie.com. Available from : <https://www.pharmacie-homeopathie.com/blog/quest-ce-quune-teinture-mere/>, (le 15/10/18)
- (139) droguerie-garonne.ch. Available from : <https://droguerie-garrone.ch/produit/teinture-mere-de-noyer-brou-de-noix/>, (le 15/10/18)
- (140) Jean-Yves Chabrier. "Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie". Thèse d'exercice. 2010

- (141) phytoembryotherapie.com. [Internet], Available from : <http://www.phytoembryotherapie.com/FR/Methodes.php>, (le 17/10/18)
- (142) Docteur Claude Binet. "L'homéopathie pratique : les médicaments homéopathiques les plus usuels, leurs indications, leur mode d'emploi et la façon dont ils agissent". Editions Dangles. Pp 99-100. 1979
- (143) Rexorubia des laboratoires Lehning. [Internet]. Available from : <https://www.lehning.com/fr/solutions/vitalite/produit/rexorubia>, (07/09/2018).
- (144) Diacure des laboratoires Lehning. [Internet]. Available from : <https://www.lehning.com/fr/solutions-pour-la-vitalite/produit/diacure>, (07/09/2018)
- (145) Legifrance.gouv.fr. Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. [Internet]. Available from : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006053466&dateTexte=20180817>, (le 08/09/2018).
- (146) Agence Nationale de Sécurité sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES). [Internet]. Available from : <https://www.anses.fr/fr/content/que-sont-les-compl%C3%A9ments-alimentaires>, (le 08/09/2018).
- (147) Phytoprevent. Phytostandard Noyer Bio unitaire gélules. [Internet]. Available from : http://www.phytoprevent.com/phytostandard/phytostandard-noyer_79, (07/09/2018).
- (148) lapara.ca. [Internet], Available from : <https://lapara.ca/products/prolax-510-mg>, (le 22/10/18)
- (149) arôme-zen.com. [Internet], Available from : <https://www.arome-zen.com/complexe-intestin-60-gelules-biologique-p-11775.html>, (le 22/10/18)
- (150) HerbalGem – La gemmothérapie : le bien-être par les bourgeons. [Internet]. Available from : <https://www.herbalgem.com/fr/gemmotherapie>, (le 03/10/18)
- (151) Ergypar par le laboratoire Nutergia. [Internet]. Available from : https://www.nutergia.com/complement-alimentaire/fr/produits-nutergia/vos-besoins/equilibre-digestif/nutergia-ergypar_BQ.php, (07/09/2018).
- (152) pharmacie-homéopathie.fr. [Internet]. Available from : <https://www.pharmacie-homeopathie.com/fr/p-noyer-extrait-plantes-fraiches---eps-p186851.html>, (le 17/10/18)
- (153) soin-et-nature.com. [Internet], Available from : <https://www.soin-et-nature.com/fr/eps-phytoprevent-eps-en-melange-phytostandard/618-eps-phytostandard-eps-noyer-90ml-phytoprevent.html>, (le 22/10/18)
- (154) Viriot, Anne-Claire. "Un point sur la gemmothérapie en 2012". Thèse d'exercice. 2015. Pp 164.
- (155) Docti-pharma. [Internet]. Available from : <http://www.doctipharma.fr/p/8165-vitaflor-extrait-de-bourgeon-noyer-bio-15-ml#myTabNew>, (07/09/2018).
- (156) mon-herboriste.com. [Internet]. Available from : <https://www.mon-herboristerie.com/les-macrats-mre-unitaires/1722-macerat-mre-de-noyer-bio-herbalgem.html>, (le 15/10/18)

- (157) aroma-zen.com. [Internet], Available from : <https://www.aroma-zen.com/therapies-naturelles/complements-alimentaires/complexes/hepato-20ampoules-biologique-diet-horizon-p-8814.html>, (le 22/10/18)
- (158) aroma-zen.com. [Internet], Available from : <https://www.aroma-zen.com/therapies-naturelles/gemmotherapie/complexes/helpdermo-30ml-biologique-saint-hilaire-p-2972.html>, (le 22/10/18)
- (159) aroma-zen.com. [Internet], Available from : <https://www.aroma-zen.com/therapies-naturelles/complements-alimentaires/specialites/candinacee-60comprimes-diet-horizon-p-8783.html>, (le 22/10/18)
- (160) Illico-pharma. Tisane de feuilles de Noyer du laboratoire Vitaflor. [Internet]. Available from : <https://www.illicopharma.com/dermatologie-cheveux-ongles/12897-tisane-noyer-vitaflor-50g-3401571283583.html#idTab2>, (08/09/2018).
- (161) Lucbor.fr. [Internet], Available from : http://lucbor.fr/aromatherapie-%2011_hydrolats_aromatiques.pdf, (le 16/10/18)
- (162) aromacentre.fr. [Internet] Available from : <https://aromacentre.fr/hydrolats-eaux-florales/177-725-absinthe-bio-hydrolat-artemisia-absinthium-aroma-centre.html>, (le 16/10/18)
- (163) legrenierdubienetre.fr. [Internet], Available from : <https://www.legrenierdubienetre.fr/fr/hydrolats-ou-eaux-florales-dromessence/1712-hydrolat-noyer-bio-dromessence.html>, (le 16/10/18)
- (164) Les fleurs de Bach. L'Histoire des fleurs de Bach. [Internet]. Available from : <https://www.lesfleursdebach.com/fr/content/10-historique>, (le 08/09/2018).
- (165) Les fleurs de Bach. Fidélité à la méthode originale de fabrication. [Internet]. Available from : <https://www.lesfleursdebach.com/fr/content/11-fidelite-a-la-methode-originale>, (le 08/09/2018)
- (166) Docti-pharma. Fleurs de Bach à base de Noyer. [Internet]. Available from : <http://www.doctipharma.fr/p/5138-fleurs-de-bach-walnut-noyer-20-ml#myTabNew>, (le 08/09/2018)
- (167) Fleurs de Bach-Walnut. Bach Original Flower Essences. [Internet]. Available from : <https://fleursdebach.fr/38-fleurs-de-bach/noyer-walnut/>, (le 08/09/2018).
- (168) aroma-zen.com. [Internet], Available from : <https://www.aroma-zen.com/spray-stop-tabac-10ml-biologique-elixirs-p-12275.html>, (le 22/10/18)
- (169) aroma-zen. [Internet], Available from : <https://www.aroma-zen.com/fleurs-bach/cosmetiques-fleurs-bach/trauma-premiere-urgence-60ml-biologique-mint-health-laboratories-p-4991.html>, (le 22/10/18)
- (170) med-vet.fr. Dartricine buvable. [Internet]. Available from : <http://www.med-vet.fr/medicament-dartricine-buvable-p734>, (le 08/09/2018)
- (171) med-vet.fr Dartricine injectable. [Internet]. Available from : http://www.med-vet.fr/medicament-dartricine-injectable-p733#onglet_utilisation, (le 08/09/2018).

(172) Jean-Pierre Chaumont, Joëlle Millet-Clerc. "Phyto-aromathérapie appliquée à la dermatologie". Librairie Lavoisier. 2011. Pp 218-219.

(173) Clément Jano. "Intérêt clinique de l'usage des batônnets frotte-dents : analyse physique et chimique de bois en provenance du Burkina Faso". Thèse pour le Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie dentaire. 2013

(174) Marie-Claude Martini. "Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie". 3ème édition. Lavoisier. 2011. Pp 323.

(175) himalayaherbals.com. [Internet]. Available from : <http://www.himalayaherbals.com/index.htm>, (le 05/10/18)

(176) pharmaservices.fr. [Internet]. Available from : <https://www.pharmaservices.fr/beaute/Eltrans-creme-visage-tube-50-ml>, (le 17/10/18)

(177) pharmaservices.fr. [Internet]. Available from : <https://www.pharmaservices.fr/beaute/loccitane-l-occitane-karite-gommage-ultra-riche-visage-100>, (le 17/10/18)

(178) aroma-zone.fr. [Internet]. Available from : https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/coloration-soin-capillaire-brou-de-noix-poudre-aroma-zone?sku=00908&utm_source=shopping.google.2017&utm_medium=cpc&utm_content=908&utm_campaign=shopping.google.2017&gclid=Cj0KCCQjwl9zdBRDgARIsAL5Nyn0dcKfwGyGVhd-Bm3hbE3_I1rdA_RsuXxO_VPKLxJUTCKvxncI81NUaAr5xEALw_wcB, (le 05/10/18)

(179) eumadis.com. [Internet]. Available from : http://www.eumadis.com/fr/cheveux-gamme-dermaclay-les-shampooings-specifics/shampooing-specifics-cheveux-chatain-a-brun-en-250ml_158, (le 05/10/18)

(180) Martini Marie-Claude. "Cosmétologie masculine". Lavoisier. Editions Tec&Doc. 2009. Pp 233

(181) fr.lush.com. [Internet]. Available from : <https://fr.lush.com/article/la-protection-solaire-une-vue-densemble>, (le 16/10/18)

(182) Bernard.langellier.pagesperso-orange.fr. [Internet]. Available from : <http://bernard.langellier.pagesperso-orange.fr/fruits/noyer.htm> (le 04/02/19)

(183) Pepinieredubosc.fr. [Internet]. Available from : <https://www.pepinieredubosc.fr/produit/chamberlin-juglans-cinerea/>. (le 04/02/19)

AUTEUR : BONHOMME Marina

TITRE : Etude botanique de trois espèces de noyer, *Juglans regia*, *Juglans cinerea* et *Juglans nigra*, de leur composition chimique, de leur intérêt thérapeutique et de leur utilisation à l'officine.

DIRECTEUR DE THESE : Mr MARTI, Guillaume

LIEU ET DATE DE SOUTENANCE : Faculté de Pharmacie de Toulouse, le lundi 21 janvier 2019

Les plantes sont utilisées depuis les temps anciens par notre espèce pour se nourrir mais également pour se soigner. Cette médecine s'est enrichie au fil des temps grâce à une transmission orale puis écrite. Avec l'avènement de la chimie moderne, la phytothérapie a cependant été reléguée au second plan. Cependant, à notre époque, on retrouve un engouement pour les médecines « naturelles » qui s'explique par une inquiétude environnementale, des scandales sanitaires mais également une industrialisation de la santé. Cependant, les plantes et leur utilisation ne sont pas dénuées de toxicité. Pour limiter les risques d'intoxications par les plantes, le pharmacien doit être le référent car il est souvent le seul rempart entre le patient et les potentiels risques encourus. C'est pourquoi cette thèse porte sur un arbre que l'on retrouve à l'officine, le noyer, à travers l'étude de trois espèces, *Juglans regia*, *Juglans cinerea* et *Juglans nigra*. Ce travail permettra de différencier les trois espèces grâce à une étude botanique et permettra également de connaître leurs différents effets thérapeutiques en fonction de leur composition chimique. D'autre part, cette thèse permettra de connaître un peu plus le noyer à l'officine au travers notamment de l'homéopathie, de la phytothérapie, de la gemmothérapie et de la cosmétologie.

Botanical survey of three walnut species, *Juglans regia*, *Juglans cinerea* and *Juglans nigra*, their phytochemical composition, therapeutic interests and their use in pharmacy.

The plants have been used since ancient times by our species to feed but also to heal. This medicine has been enriched over time thanks to an oral and written transmission. With the advent of modern chemistry, however, herbal medicine has been relegated to the background. However, in our time, there is a craze for "natural" medicines that can be explained by environmental concerns, health scandals and industrialization of health. However, plants and their use are not devoid of toxicity. To limit the risk of intoxication by plants, the pharmacist must be the referent because it is often the only barrier between the patient and the potential risks incurred. This is why this thesis focuses on a tree found in the pharmacy, drowning it, through the study of three species, *Juglans regia*, *Juglans cinerea* and *Juglans nigra*. This work will make it possible to differentiate the three species thanks to a botanical study and will also make it possible to know their various therapeutic effects according to their chemical composition. On the other hand, this thesis will help to know a little more walnut in the pharmacy through including homeopathy, herbal medicine, gemmotherapy and cosmetology.

DISCIPLINE administrative : Pharmacognosie

MOTS-CLES : *Juglans regia*, *Juglans cinerea*, *Juglans nigra*, étude botanique, composition chimique, intérêts thérapeutiques, utilisation à l'officine

INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Faculté des sciences pharmaceutiques

35 Rue des Maraichers, 31400 TOULOUSE