

ACADÉMIE D'ORLÉANS-TOURS
UNIVERSITÉ DE TOURS

FACULTÉ DE PHARMACIE PHILIPPE MAUPAS

Année : 2023

Thèse numéro 92

***Drosera rotundifolia*, histoire, ethnobotanique, phytochimie et production**

THÈSE D'EXERCICE

Pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Par **Salomé FRUCHARD-THIBAUT**

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 27 OCTOBRE 2023

JURY

Directeur de thèse : Dr. Arnaud Lanoue, enseignant-chercheur à Université de Tours, EA 2106
– Biomolécules et Biotechnologies Végétales BBV

Présidente : Pr. Véronique Maupoil-David, professeure des universités, docteure en Pharmacie,
enseignante-chercheuse à l'Université de Tours

Membres :

Dr. Sacha Léon, pharmacien d'officine à Paris

Dr. Chloé Lajoie, pharmacienne d'officine à Brou

ANNEE : 2023 - 2024

Directeur : Pr Denys BRAND

Directeur Adjoint : M. Matthieu JUSTE

Asseseurs : M. Gildas PRIE, Mme Mélanie BOUVIN PLEY, Mme Emilie ALLARD-VANNIER, M. Bruno GIRAUDAU, Mme Claire POUPLARD, Mme Audrey OUDIN

ENSEIGNANTS

14 PROFESSEURS D'UNIVERSITÉ

ALLARD-VANNIER	Emilie	PHARMACIE GALENIQUE
ALLOUCHI	Hassan	CHIMIE PHYSIQUE
BOUESOCQUE-DELAZE	Leslie	PHARMACOGNOSIE
BRAND	Denys	MICROBIOLOGIE
BRAIBANT	Martine	MICROBIOLOGIE
CHEVALIER	Stéphane	BIOCHIMIE GENERALE & BIOTHERAPIE
CHOURPA	Igor	CHIMIE ANALYTIQUE
CLASTRE	Marc	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
DIMIER-POISSON	Isabelle	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-INFECTIEUSE
ENGUEHARD-GUEIFFIER	Cécile	CHIMIE THERAPEUTIQUE
MAHEO	Karine	PHYSIOLOGIE
MAUPOIL-DAVID	Veronique	PHARMACOLOGIE
MUNNIER	Émilie	PHARMACIE GALENIQUE
VIAUD-MASSUARD	Marie-Claude	CHIMIE ORGANIQUE

6 PROFESSEURS D'UNIVERSITÉ ET PRATICIENS HOSPITALIERS

ANTIER	Daniel	PHARMACIE CLINIQUE
ARLICOT	Nicolas	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
EMOND	Patrick	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
GIRAUDAU	Bruno	SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIOLOGIE
LANOTTE	Philippe	MICROBIOLOGIE
POUPLARD	Claire	HEMATOLOGIE

2 PROFESSEURS ÉMERITE

BARIN	Francis	MICROBIOLOGIE
THIBAUT	Gilles	IMMUNOLOGIE

35 MAITRES DE CONFÉRENCES

AUBREY	Nicolas	BIOCHIMIE GENERALE & BIOTHERAPIE
BESSON	Pierre	PHYSIOLOGIE
BIRER-WILLIAMS	Caroline	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
BONNIER	Franck	CHIMIE ANALYTIQUE
BORDY	Romain	PHARMACOLOGIE & TOXICOLOGIE
BOUVIN-PLY	Mélanie	MICROBIOLOGIE
BREDELOUX	Pierre	PHARMACOLOGIE
DAVID	Stéphanie	PHARMACIE GALENIQUE
DEBIERRE-GROCKIEGO	Françoise	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-INFECTIEUSE
DELAZE	Pierre-Olivier	CHIMIE THERAPEUTIQUE
DENEVAULT	Caroline	CHIMIE THERAPEUTIQUE
DOUZIECH-EYROLLES	Laurence	AFFAIRE REGLEMENTAIRE ET MANAGEMENT DE LA QUALITE
DUMAS	Jean-François	BIOCHIMIE GENERALE ET BIOTHERAPIE
GERMON	Stéphanie	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-INFECTIEUSE
GLEVAREC	Gaëlle	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
HERVE-AUBERT	Katel	CHIMIE ANALYTIQUE

JUSTE	Matthieu	PARASITOLOGIE & MYCOLOGIE MEDICALES, IMMUNITE ANTI-INFECTIEUSE
LAJOIE	Laurie	IMMUNOLOGIE
LANOUE	Arnaud	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
MARC	Jillian	BIOMOLECULES ET BIOTECHNOLOGIES VEGETALES
MAVEL	Sylvie	CHIMIE THERAPEUTIQUE
LOUDIN	Audrey	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
POUPET	Cyril	BIOLOGIE CELLULAIRE & BIOCHIMIE VEGETALE
PASQUALIN	Côme	PHARMACOLOGIE
PRIE	Gildas	CHIMIE ORGANIQUE
SAHLI	Ramla	PHARMACOGNOSIE
SIEROCKI	Pierre	CHIMIE ORGANIQUE
SOUCE	Martin	CHIMIE ANALYTIQUE
TAUBER	Clovis	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
VELGE-ROUSSEL	Florence	IMMUNOLOGIE PARASITAIRE
VERCOILLIE	Johnny	BIOPHYSIQUE & BIOINFORMATIQUE
VERGER	Alexis	PHARMACIE GALENIQUE
VERGOTE	Jackie	AFFAIRE REGLEMENTAIRE ET MANAGEMENT DE LA QUALITE
VIERRON	Emilie	SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIologie
ZHANG	Bei-Li	PHARMACOLOGIE

1 MAST

CAMUS GABRIEL

Mathilde

Filière Officine

4 MAITRES DE CONFÉRENCES ET PRATICIENS HOSPITALIERS

FOUCAULT-FRUCHARD	Laura	PHARMACIE CLINIQUE
FOUCAULT	Amélie	HEMATOLOGIE
MARLET	Julien	MICROBIOLOGIE
VEYRAT DUREBEX	Charlotte	BIOCHIMIE CLINIQUE

4 AHU (Assistant Hospitalier Universitaire)

BOULARD	Pierre	IMMUNOLOGIE
DOUEZ	Emmanuel	PHARMACIE GALENIQUE
POUPIN	Pierre	SANTÉ PUBLIQUE, BIostatistique & ÉPIDÉMIologie
TULOUP	Vianney	PHARMACIE CLINIQUE

1 ATER (Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche)

KICHOU	Hichem	CHIMIE ANALYTIQUE
--------	--------	-------------------

1 PRAG

WALTERS-GALOPIN	Susan	ANGLAIS
-----------------	-------	---------

1 contrat d'enseignement

GERBIER (contrat)	Soledad	ANGLAIS
-------------------	---------	---------

3 CHARGÉS DE RECHERCHE

EPARDAUD	Mathieu	INRAE
MEVELEC	Marie-Noëlle	INRAE
MOIRE	Nathalie	INRAE



SERMENT DE GALIEN

En présence des Maitres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances ;

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 Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité ;

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels ;

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession ;

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens ;

De coopérer avec les autres professionnels de santé ;

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

Date : 27 octobre 2023

L'étudiant

Salomé FRUCHARD-THIBAUT

**Le Doyen de la Faculté
Professeur Denys BRAND**

Remerciements

Je remercie le Docteur Arnaud Lanoue, mon directeur de thèse, pour m'avoir accordé sa confiance dans l'élaboration de cette thèse. Je le remercie premièrement de m'avoir confié le projet sur la *Drosera rotundifolia* et la liberté laissée dans l'orientation des recherches entreprises. Je le remercie également pour avoir élaboré, structuré et analysé le projet du début à la fin. Je le remercie enfin infiniment pour sa disponibilité, bienveillance et ses remarques qui ont été fortement formatrices pour moi.

Je remercie mille fois Madame Cécile Abdallah pour son aide inestimable, autant dans les analyses qu'elle a entrepris que dans la relecture de mon travail. Je la remercie également infiniment pour sa remarquable gentillesse.

Je remercie Monsieur Dominique Tessier et sa compagne pour m'avoir accueilli au sein de leur merveilleux Conservatoire de la Morellière, Je remercie Monsieur Tessier pour ses dons de *Drosera rotundifolia* sans lesquelles les expériences n'auraient pas été possibles. Je le remercie finalement pour sa disponibilité, sa bienveillance, et toutes les connaissances qu'il m'a apportées.

Je remercie également Monsieur Enzo Defer, créateur de la boutique des Dents de la Terre et de la chaîne YouTube du même nom pour nos échanges et son invitation à visiter sa serre.

Je remercie ma grand-mère Madame Monique Nallet pour s'être occupée constamment et méticuleusement de la *Drosera rotundifolia* achetée sur le site des Dents de la Terre et des spécimens donnés par Monsieur Dominique Tessier.

Je remercie Jocelyn Beaumanoir d'avoir pris le temps de m'expliquer certaines analyses et son implication dans ma thèse.

Je remercie Baudouin de Crozé pour avoir relu attentivement mon travail et apporté son expertise sur la partie ethnobotanique.

Table des matières

Remerciements.....	5
Listes des figures.....	8
Liste des tableaux :.....	10
Liste des abréviations, sigles et acronymes.....	11
Introduction.....	12
I. Présentation de la <i>Drosera rotundifolia</i>	13
1) Étymologie	13
2) Taxonomie (Figure 3)	15
3) Description.....	16
a) Description de la plante.....	16
b) Cycle végétatif	17
c) Mode de capture des insectes	18
d) Évolution de la <i>Drosera rotundifolia</i>	22
4) Habitat	23
5) Répartition.....	24
a) À l'échelle mondiale	24
b) À l'échelle nationale	24
c) À l'échelle de la région Centre.....	26
6. Culture de la <i>Drosera rotundifolia</i>	29
a) Généralités	29
b) Multiplication et culture en pot	31
c) Culture in vitro	32
d) Comparaison entre production <i>in vivo</i> et <i>in vitro</i>	33
e) Autres paramètres pris en compte.....	34
6. Protection et statut juridique.....	34
II. Usages thérapeutiques de la <i>Drosera rotundifolia</i>	36
1) Historique	36
a) Sphère pulmonaire	36
b) Autres usages	38
c) Confusions possibles	38
III. Ethnobotanie de la <i>Drosera rotundifolia</i>.....	40
1) Définition de l'ethnobotanie	40
2) Enquêtes ethnobotaniques	40
3) Entretien de Monsieur Dominique Tessier au Conservatoire de la Morellière	44
IV. Phytochimie de la <i>Drosera rotundifolia</i>.....	45
1. Composés présents dans l'espèce selon les articles scientifiques étudiés	45
a. Flavonoïdes	47
b. Naphtoquinones	50
c. Anthocyanes.....	51
1. Recherches actuelles	54
a. Activités antispasmodiques et anti-inflammatoires	54

b.	Activité antimicrobienne de <i>Drosera rotundifolia</i>	55
c.	Comparaison thérapeutique des espèces de <i>Drosera</i>	56
V.	<i>Analyses biochimiques effectuées au laboratoire Biomolécules et Biotechnologies</i>	
	<i>Végétales de l'Université de Tours.....</i>	59
1.	Objectifs.....	59
a.	Le matériel végétal	60
b.	Lyophilisation, broyage, extraction.....	63
c.	Séparation par Chromatographie Liquide d'Ultra haute Performance couplée à la masse moléculaire par Spectrométrie de Masse (UPLC-MS).....	64
d.	Quantification.....	69
2.	Résultats	70
a.	Molécules identifiées par la spectrométrie de masse.....	70
b.	Comparaisons avec les molécules identifiées dans la littérature	73
c.	Représentation en Analyse en Composante Principale (ACP)	74
d.	Représentation en histogrammes.....	77
e.	Quantification absolue	83
	<i>Discussion.....</i>	86
	<i>Conclusion.....</i>	87
	<i>Annexes</i>	88
A.	Comptes-rendus des entretiens ethnobotaniques	88
1.	Monsieur Dominique Tessier au Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin (37 223)	88
B.	Entretien téléphonique avec Monsieur Enzo Defer de l'entreprise des « Dents de la Terre » du 13 janvier 2023	93
	<i>Bibliographie générale par ordre d'apparition dans la thèse :</i>	95

Listes des figures :

Figure 1 : Numérisation de dessin de Sundew, publié dans l'ouvrage de John Gerard, The herball, or, Generall historie of plantes, pp.1356, London, John Norton, 1597, issue des collections de la Boston Public Library (archive.org) https://www.biodiversitylibrary.org/page/46720795#page/1396/mode/1up consulté le 27/09/2024.....	14
Figure 2: Numérisation d'un des premiers dessins de Ros solis datant de 1554 dans l'ouvrage de Rembert Doedens, pp.354, issue des collections de la Boston public library, disponible sur https://www.biodiversitylibrary.org/item/30640#page/395/mode/1up consulté le 27/09/2024	14
Figure 3 : Taxonomie de la Drosera rotundifolia selon l'Inventaire National du Patrimoine Naturel INPN consulté le 29/01/2024 : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/95442/tab/taxo	15
Figure 4- Feuille de Drosera rotundifolia dessinée par Georges Darwin dans l'ouvrage de Charles Darwin (1877) Les plantes insectivores, pp. 3, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5432803d/f28.item , consulté le 27/09/2024	16
Figure 5: Planches issues de l'ouvrage d'Eugène Collin (1895-1896) Les drogues simples d'origine végétale tome 2 par MM G. Planchon et E. Collin, pp.371, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k56835165/f381.image.r=drosera , consulté le 27/09/2024	16
Figure 6 : Feuille de Drosera rotundifolia de côté, dessinée par George Darwin dans l'ouvrage de Charles Darwin de 1877, Les plantes insectivoress, pp. 4, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5432803d/f29.item consulté le 27/09/2024	17
Figure 7 : Capture d'écran sur le site GBIF mettant en évidence l'absence de notification de la D. rotundifolia sur le pourtour méditerranéen, consulté le 01/03/2023 https://www.gbif.org/fr/species/3191030	24
Figure 8 : Répartition cumulée de Drosera rotundifolia avec le jeu de données OpenObs, selon les notifications effectuées par l'INPN, consultation le 01/03/2023.....	25
Figure 9 : Photo prise par M. Arnaud Lanoue de l'herbier du Vicomte de Villiers du Terrage de 1811, annoté par Robert Barnsby. L'échantillon que nous avons prélevé se situe en bas à droite	26

Figure 10 : Planche de <i>Drosera rotundifolia</i> prise par le Dr Arnaud Lanoue, herbier Barnsby 1871	27
Figure 11 : Photo du passeport phytosanitaire de mon pied de <i>Drosera rotundifolia</i> achetée sur le site internet : Les Dents de la Terre.....	35
Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes.....	47
Figure 13 : Structure de base des naphthoquinones	50
Figure 15 : Structure moléculaire du 2''-O-galloylhyperoside (ellagitannin)	52
Figure 14 : Structure moléculaire de l'acide ellagique	52
Figure 16 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022	61
Figure 17 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022	61
Figure 18 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022	62
Figure 19 : Photo prise par Madame Monique Nallet de la <i>Drosera rotundifolia</i> provenant des Dents de la Terre	63
Figure 20 : Photo prise par Madame Monique Nallet de la <i>Drosera rotundifolia</i> de culture (2) après repotage.....	63
Figure 21 : Profils métaboliques obtenus en chromatographie liquide haute performance par Cécile Abdallah des échantillons 1 et 2	66
Figure 22 : Profils métaboliques obtenu par Cécile Abdallah de l'échantillon 2 (Dents de la terre) en spectrométrie de masse, le dernier profil correspond au spectre UV à la sortie de la CLHP.....	67
Figure 23 : Acide ellagique repéré dans la <i>Drosera rotundifolia</i> de la tourbière de M. Dominique Tessier (1).....	68
Figure 24 : Analyse en composante Principale à partir de la concentration relative de 45 métabolites dans les différents échantillons de la <i>Drosera rotundifolia</i> par le Dr. Arnaud Lanoue	76
Figure 25 : analyse quantitative relative des différents acides aminés (tryptophane, histidine) retrouvés dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue.....	77
Figure 26 : analyse quantitative relative des différents flavones (tetrahydroxyflavone, apigénine 6-C glucoside, kaempferol-galloyl-glycoside) retrouvés dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue.....	78

Figure 27 : analyse quantitative relative des différents acides phénoliques (monogalloyl glucose 1,2,3, acide gallique, et molécule inconnue) retrouvés dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue	79
Figure 28 : analyse quantitative relative des différents tannins ellagiques (acide ellagique, acide dimethylellagique, methyellagique acid, dimethylellagic acid glucoside) retrouvé dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue.....	80
Figure 29 : analyse quantitative relative des différents flavonols retrouvés dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue	81
Figure 30 : analyse quantitative relative des différents naphthoquinones (methyljuglone glucoside, methyljuglone diglycoside) retrouvé dans nos échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> , en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue	82
Figure 31 : comparaison des contenu moléculaire des échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i> en unité arbitraire rapporté en milligrammes de matière sèche, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue	83

Liste des tableaux :

Tableau 1: Recensement d'après la littérature des métabolites retrouvés dans la <i>Drosera rotundifolia</i> selon les parties utilisées, avec leur masse moléculaire et la source des données. Données retranscrites par Cécile Abdallah.	46
Tableau 2 : Tableau récapitulatif réalisé par Cécile Abdallah des molécules retrouvées dans les échantillons de <i>Drosera rotundifolia</i>	72
Tableau 3 : liste des 45 métabolites suivi pour la détermination de la concentration relative.	74

Liste des abréviations, sigles et acronymes

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament

BBV : Laboratoire Biomolécules et Biotechnologies Végétales

CBNBP : Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien

FDA : Food and Drug Administration

GBIF : Global Biodiversity Information Facility

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

SEPANT : Association d'Études, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine

PCA : Principal Component Analysis

SIM : Single Ion Monitoring

Introduction

La *Drosera rotundifolia* est une petite plante carnivore des tourbières retrouvée dans l'hémisphère nord, majoritairement sur le continent européen. Elle fait partie des plantes protégées en France, du fait de sa rareté croissante dans le milieu naturel.

Elle est utilisée en thérapeutique depuis des siècles pour ses vertus sur la sphère pulmonaire. L'utilisation empirique ancestrale de cette plante a poussé les chercheurs à effectuer des recherches afin de mieux comprendre ses effets curatifs supposés dans les pathologies de l'arbre bronchique.

L'objet de cette thèse est de dresser un état des lieux des connaissances historiques et utilisations traditionnelles que nous possédons de cette plante, pour apporter une possible explication scientifique à ses propriétés curatives et évaluer son intérêt pharmaceutique. *Drosera rotundifolia* est l'une des plantes étudiées dans le cadre du projet INNOCOSM, un programme par la région Centre-Val de Loire (ARD Cosmétosciences) qui vise à développer des nouvelles voies d'obtention de phytoactifs pour la cosmétique.

Pour cela, des recherches bibliographiques ont été effectuées pour identifier les molécules responsables de son efficacité. Dans un second temps, nous avons établi un protocole de recherche au Laboratoire de Biomolécules et Biotechnologies Végétales (BBV) de la Faculté de Pharmacie Philippe Maupas à Tours sous la direction de mon directeur de thèse le Docteur Arnaud Lanoue et avec l'aide de Cécile Abdallah, ingénieure d'études en analyse phytochimiques. La recherche réalisée a permis d'identifier les métabolites d'intérêts retrouvés dans la *Drosera rotundifolia* et d'en quantifier certains. Les résultats obtenus ont ensuite été mis en écho des articles scientifiques analysés précédemment. Ayant eu à notre disposition plusieurs sources d'approvisionnement de cette plante, dans le milieu naturel et de culture en pot, ainsi que de culture *in vitro*, nous avons pu déterminer si des feuilles de *Drosera rotundifolia* possèdent une composition en métabolites similaire ou variable selon leur provenance, et ainsi évaluer s'il est possible de produire des extraits de *Drosera rotundifolia* de façon alternative à la cueillette sauvage.

Par ailleurs, cette thèse s'intéresse également aux modes de culture de la *Drosera rotundifolia*, afin d'assurer sa préservation et sa pérennité dans son milieu naturel. Pour cela, nous avons eu recours à des entretiens ethnobotaniques, qui nous ont été d'une aide précieuse pour comprendre le comportement de la plante dans son milieu naturel.

I. Présentation de la *Drosera rotundifolia*

« Me trouvant pendant l'été de 1860 dans les landes du comté de Sussex, je remarquai, avec une grande surprise, le nombre considérable d'insectes saisis par les feuilles du Rossolis (*Drosera rotundifolia*). J'avais entendu dire que les feuilles de cette plante capturent les insectes ; mais là se bornait tout ce que je savais à ce sujet. »

Charles Darwin, « Les plantes insectivores » édition de C.Reinwald 1877¹

1) Étymologie

Le nom de *Drosera* vient du grec ancien **δροσερός** (*droseros*) « *Drosera*, formé d'un mot grec qui signifie couvert de rosée ; ainsi nommé, à cause des glandes transparentes qui ressemblent à des petites gouttes d'eau, et qui surmontent les poils dont les feuilles sont hérissées »²

Les premières traces décrivant la *Drosera rotundifolia* remontent au seizième siècle, où Johann Thal, botaniste allemand (1542-1583) décrit les plantes des montagnes du Harz en Allemagne³. On la retrouve sous divers noms vernaculaires tels que Rossolis, Rosée du soleil (*ros solis* en latin)^{4,5}, Rossolis folio rotundo, Herbe à la Goutte et plus rarement Herbe de la Rosée, Rorelle, Rorel⁶ et Oreille de diable⁷ dans les ouvrages plus anciens^{8,9}.

Eugène Rolland ethnologue français (1846-1909) dans sa *Flore populaire* répertorie ainsi tous les noms associés à la *Drosera rotundifolia*, en latin, français mais également dans les différents pays européens¹⁰. Son nom *Drosera rotundifolia* est finalement retenu lors de la classification de Linné en 1753^{11,12}. Aujourd'hui elle est communément appelée Rossolis à feuilles rondes, prenant source dans son nom en vieux français et de son nom latin *rotundifolia*.

Par ailleurs, la dénomination anglaise actuelle de la plante *sundew* provient des anciennes formes de *sondauw*, *sundeaw*, mentionnées dès le seizième siècle (figures 1 et 2)¹³.



Figure 1 : Numérisation de dessin de Sundew, publié dans l'ouvrage de John Gerard, *The herball, or, Generall historie of plantes*, pp.1356, London, John Norton, 1597, issue des collections de la Boston Public Library (archive.org) <https://www.biodiversitylibrary.org/page/46720795#page/1396/mode/1up> consulté le 27/09/2024

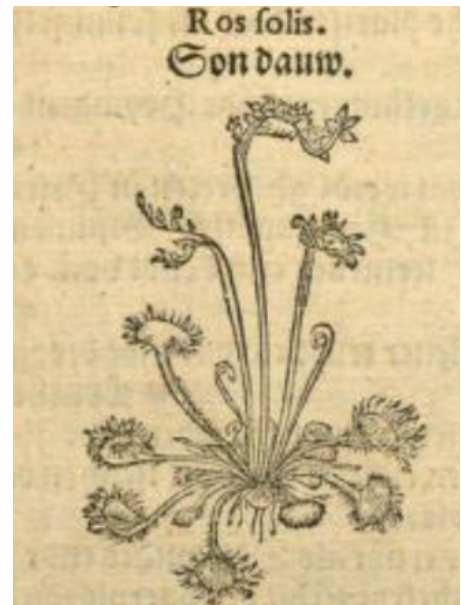


Figure 2: Numérisation d'un des premiers dessins de Ros solis datant de 1554 dans l'ouvrage de Rembert Doedens, pp.354, issue des collections de la Boston public library, disponible sur <https://www.biodiversitylibrary.org/item/30640#page/395/mode/1up> consulté le 27/09/2024

2) Taxonomie (Figure 3)¹⁴

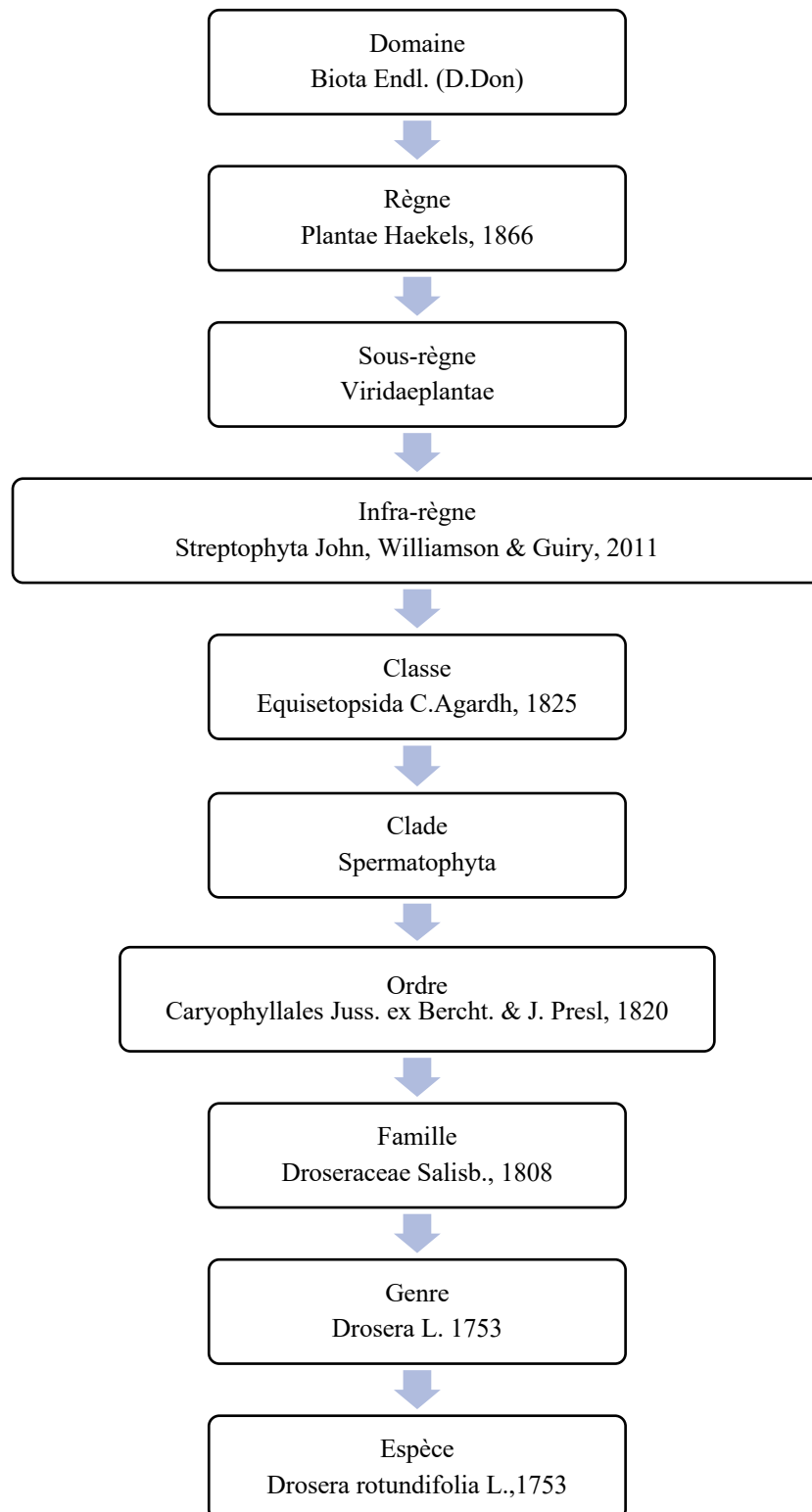


Figure 3 : Taxonomie de la *Drosera rotundifolia* selon l'Inventaire National du Patrimoine Naturel INPN consulté le 29/01/2024 : https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/95442/tab/taxo

3) Description

a) Description de la plante

Les Droséras sont des petites plantes herbacées carnivores vivaces^{15,16}. Elles mesurent moins de 20 centimètres.

Au cours de leur développement, les feuilles alternes sont d'abord roulées en crosse puis se déplient.¹⁷

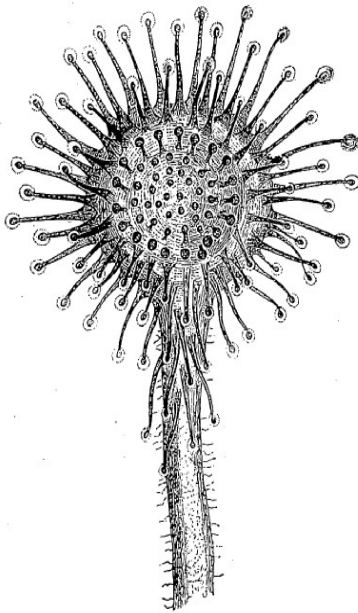


Fig. 1. — *Drosera rotundifolia*.
Feuille vue de face; grossie quatre fois.

Figure 4- Feuille de *Drosera rotundifolia* dessinée par Georges Darwin dans l'ouvrage de Charles Darwin (1877) *Les plantes insectivores*, pp. 3, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5432803d/f28.item>, consulté le 27/09/2023

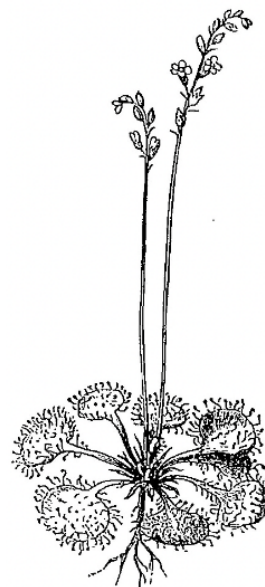


Fig. 935.
Drosera rotundifolia.

Figure 5: Planches issues de l'ouvrage d'Eugène Collin (1895-1896) *Les drogues simples d'origine végétale* tome 2 par MM G. Planchon et E. Collin, pp.371, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k56835165/f381.image.r=drosera>, consulté le 27/09/2023

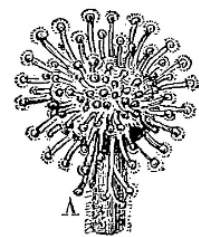


Fig. 936. — Feuille grossie montrant les poils avant l'excitation.



Fig. 937. — Feuille grossie après l'excitation.

Les feuilles sont constituées d'une base foliaire, d'un pétiole et d'un limbe. Ce dernier porte aux extrémités libres des poils, également nommés tentacules, où des glandes sessiles sont présentes et produisent de petites gouttelettes collantes : le suc ou mucilage (figure 4).¹⁸ Ces « gouttes de rosées » (en référence à l'étymologie de la Droséra) permettent ainsi de piéger des petits insectes en mimant le nectar^{19,20}. L'ensemble forme ce qu'on appelle communément des petites têtes d'épingles dans les différents ouvrages étudiés (figures 4, 5 et 6).

Les fleurs de *Drosera* sont hermaphrodites actinomorphes, c'est-à-dire dotées d'une symétrie radiale²¹. Elles se composent de cinq sépales égaux, persistants, cinq pétales ainsi que cinq étamines libres hypogynes. L'ovaire est surmonté de trois à cinq styles²².

Les racines des *Droseras* sont généralement peu développées, s'expliquant par le fait que les principales ressources en azote proviennent des insectes qu'elles capturent sur ses feuilles²³. Les racines des *Drosera rotundifolia* sont très poilues.

La *Drosera rotundifolia* se reconnaît par ses feuilles particulièrement rondes en rosette qui rougissent sous l'action du soleil^{24,25}. Les feuilles de la *Drosera rotundifolia* apparaissent de manière ininterrompue à partir du centre de la plante, en remplaçant les anciennes qui se fanent après avoir effectué leur travail de digestion des insectes²⁶. La *Drosera rotundifolia* est composée d'une hampe florale blanche, souvent unilatérale en grappe. La présence de la hampe florale pourrait servir aux insectes pollinisateurs à ne pas se faire piéger par les feuilles collantes à la base de la plante comme les autres insectes, comme observé chez *Dionaea muscipula*^{27,28, 29}.

La période de floraison s'étend de juin à août dans le centre de la France où les fleurs s'épanouissent de manière séquentielle de la base vers le haut de l'inflorescence.

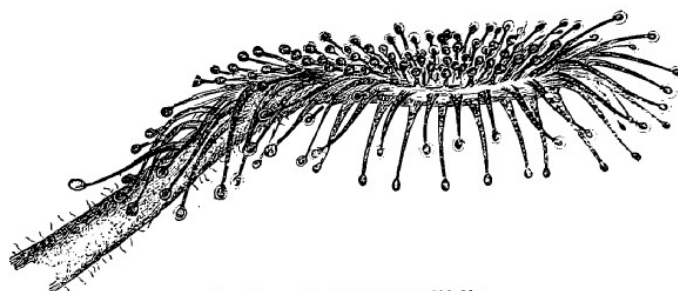


Fig. 2. — *Drosera rotundifolia*.

Vieille feuille, vue de côté, grossie environ cinq fois.

Figure 6 : Feuille de *Drosera rotundifolia* de côté, dessinée par George Darwin dans l'ouvrage de Charles Darwin de 1877, *Les plantes insectivores*, pp. 4, numérisation issue de la collection de la Bibliothèque Nationale de France disponible sur Gallica : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5432803d/f29.item> consulté le 27/09/2023

Durant la période hivernale, les feuilles se fanent, mais des bourgeons de survie subsistent pour passer l'hiver³⁰. Selon les chercheurs Hanslin et Karlsson, les *Drosera* pourraient ainsi stocker jusqu'à 71% de l'azote contenu dans les proies capturées dans ces bourgeons de survie, qui s'ouvriront par la suite au printemps et donneront de nouvelles feuilles^{31,32}. Ces résultats ont pu être obtenus en enrichissant la plante en azote-15 (¹⁵N), radioisotope stable.

b) Cycle végétatif

Malgré une période de floraison de 3 mois, la durée de vie des fleurs de *Drosera rotundifolia* est très restreinte, de l'ordre d'une journée à quelques jours. Sa pollinisation peut être

entomophile, mais son mode principal de reproduction reste l'autopollinisation, car la plante est autofertile. Autrement dit, la plante assure elle-même sa fécondation par son propre pollen produit par ses fleurs³³. Le pollen de la *Drosera rotundifolia* est en tétrade (formé de quatre microspores formant le pollen).

Par la suite, des graines sont produites et arrivent à maturité dans une capsule. Les graines semblent avoir besoin d'une stratification. La période de stratification est définie comme une période de froid hivernal, passage nécessaire pour certaines plantes afin que leurs graines puissent atteindre une phase de repos jusqu'au printemps et ainsi assurer leurs germinations.

Certaines études ont employé artificiellement ce procédé afin de favoriser la prise des semis de *Drosera rotundifolia*³⁴. Néanmoins, nous n'avons trouvé aucune source affirmant que la stratification est obligatoire pour la germination des graines, bien que ce processus soit présent chez de nombreuses plantes carnivores³⁵.

Par ailleurs, aussi selon les chercheurs Hanslin et Karlsson, 17% de la teneur en azote issu de la capture d'un insecte serait destiné aux processus reproductifs de la *Drosera rotundifolia*³⁶. Les processus reproductifs ont été mesurés dans cette étude par le taux de radioisotope ¹⁵N présent dans les organes reproducteurs : les fleurs et les graines.

c) Mode de capture des insectes

La *Drosera rotundifolia* est une plante carnivore, autrement appelée insectivore. Le genre *Drosera* comporte plus de 650 espèces³⁷.

Une plante carnivore se définit comme une plante capable d'attraper et de digérer des proies. Elle peut attirer et capturer des insectes, mais aussi pour les plus importantes d'entre-elles des petits mammifères tels que les rats chez les *Nepenthes*^{38,39}. Un insecte étant composé de 10,5% d'azote, 3,2% de potassium, 2,3% de calcium, 0,6% de phosphore, 0,09% de magnésium et de 0,02% de fer, il constitue un substrat nutritif de premier choix pour la *Drosera*⁴⁰. Il semblerait néanmoins que les plantes carnivores n'assimilent pas l'intégralité des substances nutritives de la proie et procèdent à un choix des nutriments⁴¹. Ce phénomène a notamment été étudié chez la *Drosera rotundifolia*, qui exploite en moyenne 35% de la teneur en azote de la proie (étude de Hanslin et Karlsson mentionnée précédemment)⁴². Cet azote servirait ensuite pour favoriser la captation du CO₂ durant les processus photosynthèse, et *in fine* d'augmenter ses rendements⁴³. Plus précisément, la capacité photosynthétique des feuilles est liée à la teneur en azote des protéines du cycle de Calvin (permettant de transformer le dioxyde de carbone en

composés organiques comme le glucose) et des thylakoïdes (membranes contenues dans les chloroplastes participant à la phase photochimique de la photosynthèse). La teneur en azote des thylakoïdes est proportionnelle à la teneur en chlorophylle. Avec l'augmentation de l'azote dans les feuilles, la quantité d'azote dans les thylakoïdes reste stable tandis que la proportion en protéines augmente, participant ainsi à la photosynthèse⁴⁴.

Dès les premiers recueils sur les plantes carnivores, la *Drosera rotundifolia* est citée, notamment par Charles Darwin dans *Les plantes insectivores*, ouvrage de référence encore aujourd'hui⁴⁵. Dans ces travaux, cette espèce y fait l'objet d'une attention particulière. Charles Darwin y mentionne de nombreuses expériences effectuées sur la *Drosera rotundifolia*, notamment concernant les mécanismes pour attraper les insectes. Ses travaux seront repris et agrémentés par Jules Émile Planchon, célèbre botaniste du dix-neuvième siècle⁴⁶.

Le botaniste publia un article très intéressant sur la famille des Droséracées :

« Les plantes les plus franchement carnivores sont celles qui s'emparent d'une proie animale vivante, l'imprègnent d'une sécrétion acide, en attaquent ou dissolvent de préférence les tissus de nature azotée, et finalement absorbent directement par les feuilles le produit de cette sorte de digestion. ».

Jules-Emile Planchon dans *Revue des Deux Mondes* du 1^{er} février 1876 volume 13

Jules-Emile Planchon les compare à des animaux qui, comme eux, capturent leur proie puis les digèrent et assimilent les nutriments. Grâce à ses lectures, notamment de *Les plantes insectivores* de Darwin, le chercheur résume de manière précise le fonctionnement physiologique de la *Drosera* pour subvenir à ses besoins nutritifs. Premièrement, les poils s'étalent à des angles très ouverts pour attirer les insectes, notamment les petits diptères comme les drosophiles et les moucheron qui se collent aux sucs perlés (figures 6). En tentant de se dégager, les mouvements vibratoires des proies sont transmis aux tentacules voisins qui s'infléchissent à leur tour pour s'abattre sur eux. Les insectes faits prisonniers dans leur géôle collante, la digestion peut donc commencer et les nutriments seront peu à peu absorbés par la plante. Une fois le processus accompli, la plante retrouvera sa forme basale pour accueillir de nouvelles proies. Des cadavres d'exosquelettes de diptères peuvent subsister après la digestion sur les feuilles, qui se faneront. Ce phénomène peut être expliqué par la décomposition supplémentaire des proies par les bactéries, occasionnant des dommages à la surface des feuilles de la plante carnivore⁴⁷.

Autre fait, les capteurs mécaniques de la *Drosera* distinguent une pression continue, même de faible intensité (expériences chez Darwin réalisées par exemple avec un cheveu), d'une pression aiguë et ponctuelle (une goutte de pluie) exercées sur ses feuilles, lui permettant de reconnaître ses proies. Cette capacité préserve la plante de dépenses énergétiques inutiles.

Concernant les sucres acides, les expériences menées par Darwin ont montré une distinction des tentacules entre les solutions azotées (du blanc d'œuf et des sels d'ammoniaque chez Darwin) et non azotées : les solutions non azotées ne produisaient pas de mouvement des poils de la *Drosera*. En revanche, les substances azotées ont produit des réactions croissantes en fonction de leur concentration en azote. Ce second mécanisme ajouterait ainsi une reconnaissance affinée de l'insecte, nécessaire à sa survie.

Les plantes carnivores utilisent différents types de pièges pour capter leurs proies ; les pièges dits "actifs" sont mobiles, les pièges dits "semi-actifs" sont souvent caractéristiques des plantes à tentacules avec des mouvements plus lents, les pièges dits "passifs" qui eux sont immobiles. La *Drosera rotundifolia* utilise des pièges actifs collants, dit adhésifs semi-actifs très bien décrits dans l'ouvrage de Wilhelm Barthlott sur les plantes carnivores, véritable référence dans le monde scientifique⁴⁸.

Les insectes sont attirés par la plante grâce à la lumière naturelle qui se reflète dans les gouttes de mucilage à l'extrémité des feuilles et à leur couleur rouge chatoyante. Les proies sont ensuite retenues par les sucres acides contenant des polysaccharides, du calcium, du magnésium, du potassium et du sodium. Fait intéressant, le suc ne contient pas de protéine avant que la phase de digestion ne commence. La vibration de l'insecte sur la feuille est ensuite transmise sous forme de potentiel d'action électrique de la tête du tentacule vers la surface foliaire à travers le pédicelle de la plante. Cela entraîne l'inflexion des poils glanduleux vers la source de l'excitation, capturant ainsi l'insecte dans une cage végétale. Ce mouvement s'appelle le mouvement de capture rapide se déclenchant en quelques secondes. S'ajoute finalement à ce dernier un mouvement de capture dit lent de nature chimique, sûrement imputé à la production accrue de calcium intracellulaire et d'hormones de croissance de la plante⁴⁹. Cela permet aux tentacules n'ayant pas été sollicités par la capture rapide et à l'ensemble de la feuille de se replier autour de la proie. Plus généralement, les ions et molécules impliqués dans la réponse à un stimulus de type proie seraient le calcium, certains composés réactifs de l'oxygène, des octadécanoïdes et de l'éthylène. L'activation génique induirait une synthèse de protéines de liaisons au calcium entraînant ainsi une modification de la paroi cellulaire et une synthèse

accrue de facteur de transcription et de kinases et *in fine* le mouvement des tentacules⁵⁰. Ces mécanismes permettent ainsi d'optimiser finement la capture de l'insecte par la *Drosera*. Après une quinzaine de minutes à se débattre, les proies périssent par asphyxie par le mucilage collant et la digestion peut débuter. Les signaux chimiques induisant la capture lente permettent concomitamment une sécrétion d'enzymes digestives par les glandes sessiles de la *Drosera*. Ces protéines digestives composées d'estérases, de phosphatases, et d'aminopeptidases sont ensuite acheminées pour compléter le mucilage polysaccharidique déjà en place à la surface de la feuille. Pendant cette phase, le pH acide du suc peut encore baisser autour de 4. Les parties molles de l'insecte sont ensuite consommées après quelques jours.

Par ailleurs, il semble que les *Drosera rotundifolia* poussant à l'ombre ou dans les milieux avec des sols riches en nutriments et notamment en azote auraient des feuilles moins collantes, réduisant ainsi leur carnivorisme⁵¹. Cela a été par la suite confirmé dans une étude suédoise⁵². Il a été montré que les *Drosera rotundifolia* incorporent moins d'azote de leur proie lorsque les dérivés azotés contenus dans le sol étaient plus importants, et ceci même pour des concentrations azotées du sol relativement faibles. Cela pourrait alors s'expliquer par une réduction de l'adhérence des proies au mucilage qui deviendrait moins collant lors d'une concentration plus élevée en azote.

Grâce à son carnivorisme, la *Drosera rotundifolia* possède un véritable avantage adaptatif dans les milieux pauvres en nutriments comme les tourbières acides où elles sont le plus souvent rencontrées. Fait étonnant, les fourmis peuvent « voler » les prises des *Drosera* en arrachant les insectes volants capturés avant leur digestion par la plante⁵³. Cela a notamment été montré par l'étude de Martin Thum en 1989. Le chercheur a compté les proies capturées par *Drosera intermedia* et *Drosera rotundifolia* dans leur milieu naturel. Puis, il est effectué un second comptage vingt-quatre heures après afin de voir combien de petits insectes volants avaient été « arrachés » à la plante. La digestion par les plantes carnivores ne rentre pas en jeu car elles ne peuvent pas avoir éliminé les insectes dans ce court laps de temps. Les résultats de ses expériences ont montré un taux significatif de proies enlevées chez *Drosera rotundifolia*, plus que *Drosera intermedia*, du fait de sa forme plus étendue sur le sol.

d) Évolution de la *Drosera rotundifolia*

La famille des *Droseraceae* est également composée du genre *Dionaea*, ayant des pièges dentelés et non collants. Les Dionées sont des plantes carnivores à feuilles à petites dents et comportant seulement l'espèce *Dionaea muscipula*, autrement appelée Dionée attrape-mouche, ses fleurs sont blanches actinomorphes, c'est-à-dire à symétrie radiale⁵⁴.

Des scientifiques se sont intéressés à leur évolution et à leur origine commune.

Selon Wilhelm Barthlott, initialement, les pièges collants dérivent de l'apparition première de glandes visqueuses sur les plantes en les protégeant des agressions des herbivores par leur immobilisation⁵⁵. En bouchant leurs voies respiratoires, les sécrétions glanduleuses asphyxient également les insectes qui meurent étouffés et épuisés. Des enzymes protéolytiques sont ensuite apparues afin d'exploiter les nutriments apportés par la dégradation des herbivores.

Par la suite, l'ancêtre commun entre les Dionées et les Droseras était probablement doté d'un piège collant passif gluant de type « papier tue-mouche » similaire à celui des *Drosera*⁵⁶. En effet, dès 1976, les chercheurs ont rapproché les poils de déclenchement des *Dionaea* (situés à l'intérieur de la feuille), aux tentacules des *Drosera*⁵⁷. Cette observation a également été effectuée plus récemment avec les dents marginales des Dionées et les tentacules des *Droseras*⁵⁸. Concernant la morphologie, on observe premièrement une feuille arrondie à l'image des *Drosera rotundifolia* avec des poils glanduleux, mobiles, pour permettre de se replier⁵⁹. Les feuilles se sont ensuite peu à peu aplaties et élargies afin de favoriser la photosynthèse, et les tentacules gluantes mobiles des *Droseras* sont majoritairement devenues les dents sèches, immobiles et rigides des Dionées. La petite minorité restante des poils mobiles des *Drosera* ont évolué vers des poils sensitifs à la surface du limbe des Dionées, conservant leur mobilité. Cette hypothèse a notamment été avancée par Thomas Gibson et Donald Waller qui ont observé que plus une proie était importante, plus les pièges dit « snap-trap » (pièges dentelés) des Dionées étaient adaptés, le pourcentage de fuite chez les *Drosera rotundifolia* étant plus grand avec les « sticky-trap » (pièges collants)⁶⁰. De plus, comme le mentionnait Darwin dès la fin du XIX^{ème} siècle, la sélection naturelle favorise la libération des petites proies car les nutriments acquis ne suffisent pas à compenser l'énergie dépensée lors de leur digestion, donc les Dionées sont favorisées.

4) Habitat

Dès le dix-septième siècle des descriptions des habitats des espèces de *Drosera* ont été rapportés, notamment dans l'ouvrage de François Chevallard (1678) où il est fait mention « *d'herbes qui viennent à l'ombrage, aux lieux marécageux, humides et gras* » et également dans plusieurs recueils de botaniques du dix-huitième siècle, notamment dans les flores régionales de France⁶¹.

Selon l'*Atlas de la flore du Centre-Val de Loire* publié en 2021 réalisé par le Conservatoire botanique national du Bassin parisien (CBNBP), la *Drosera rotundifolia* pousse dans les milieux tourbeux composés de sphaignes, les berges d'étangs, les prairies pâturées, les fossés et ornières des landes à bruyère. Elle se plaît sur les buttes à sphaignes et sur les sols acides et siliceux, sableux ou tourbeux, très pauvres en nutriments^{62,63,64}.

La recherche de sols acides, caractéristiques de *Drosera*, peut être renseignée par plusieurs facteurs géologiques. Premièrement, la consultation de cartes géologiques comme les cartes du BRGM est très utile pour savoir quel type de sol est présent dans une région particulière. Les sols issus des roches magmatiques plutoniques (granites) ou les roches métamorphiques (gneiss, schistes) sont acides.⁶⁵ C'est notamment pour cela que le massif montagneux du Morvan en Bourgogne-Franche-Comté et de la Bretagne sont propices au développement de la *Drosera rotundifolia*^{66,67,68}.

Par ailleurs, certaines plantes des milieux acides peuvent accompagner la *Drosera rotundifolia*. Selon le professeur Frédérique Dupont (Botaniste à l'Université de Lille) et M. Dominique Tessier (Botaniste en Indre et Loire), la sphaigne *Sphagnum* pousse en milieu acide et ensoleillé, sur de la tourbe blonde. La sphaigne potentialise l'acidité du milieu en capturant des ions calciques et magnésium alcalins et en relarguant des protons acides dans le milieu⁶⁹. Elle constitue le partenaire de choix pour la *Drosera rotundifolia*. Lors de notre entretien, M. Dominique Tessier m'a informée que nous pouvons également la trouver à proximité des Linaigrettes (*Eriophorum*), des Narthécie, des Bruyères à quatre angles (*Erica tetralix*).

Par ailleurs, un autre indicateur de sols acides, non spécifique des tourbières, est la présence de fougères aigles *Pteridium aquilinum*, de châtaigniers (*Castanea*), de bouleau (*Betula pubescens*).

La *Drosera rotundifolia* pousse entre 0 et 2000 mètres d'altitude⁷⁰.

5) Répartition

a) À l'échelle mondiale

La *Drosera rotundifolia* est largement distribuée dans le monde au-dessus de la ligne équatoriale. On en retrouve sporadiquement dans le nord de la Nouvelle-Zélande, seule localisation où elle est recensée dans l'hémisphère Sud. L'Europe est le continent avec l'occurrence la plus élevée de *Drosera rotundifolia*. Le bassin méditerranéen n'en contient quant à lui que très peu (figure 7)⁷¹. Selon le Global Biodiversity Information Facility (GBIF), la Suède est le pays où le plus de recensement de la *Drosera rotundifolia* ont été déclarés (33 435), suivi du Royaume-Uni (27 098) et de la France (24 605)⁷². Ces chiffres nous donnent une indication de la répartition de *Drosera rotundifolia* mais restent à nuancer car ils sont uniquement déclaratifs.

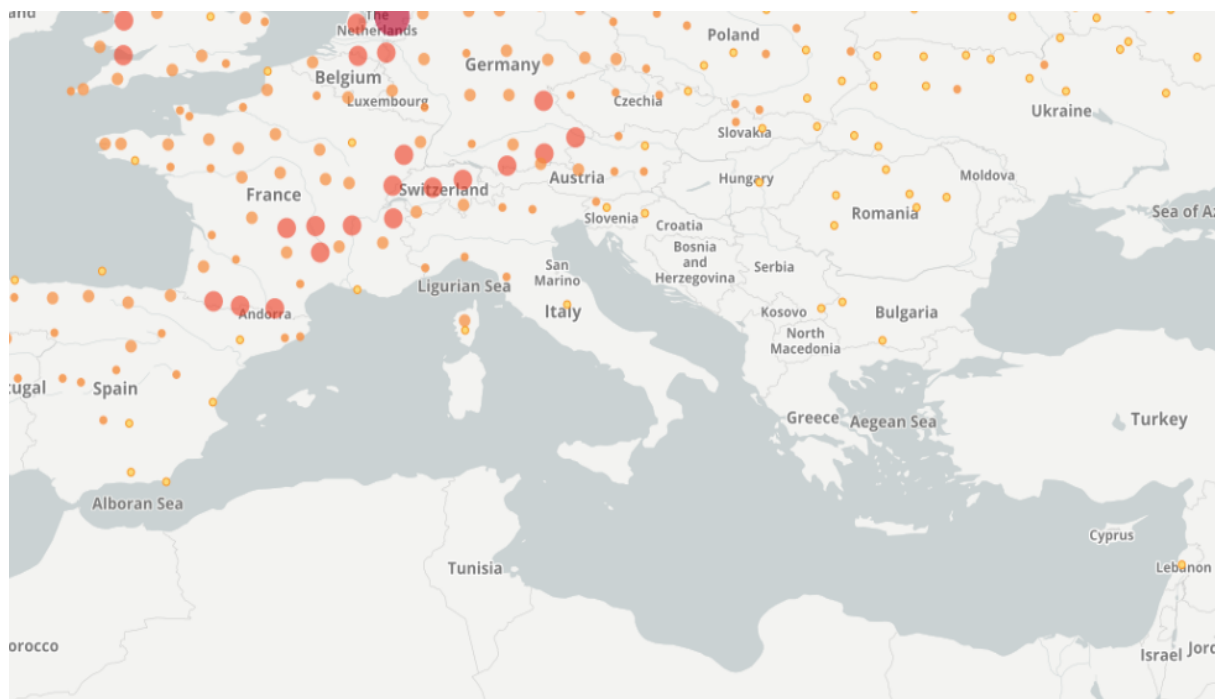


Figure 7 : Capture d'écran sur le site GBIF mettant en évidence l'absence de notification de la *D. rotundifolia* sur le pourtour méditerranéen, consulté le 01/03/2023 <https://www.gbif.org/fr/species/3191030>

b) À l'échelle nationale

La *Drosera rotundifolia* est recensée sur la majorité du territoire français métropolitain. Elle est présente partout mais reste rare. On y fait mention dans les différentes flores régionales, par exemple la *Flore de Bourgogne*, des *Alpes lyonnaises*, et la *flore parisienne* dans les petits ruisseaux. Ces mentions ont en commun de faire référence à des milieux humides et tourbeux⁷³.

^{74,75}. Selon les cartes de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) disponible sur leur site internet, les régions avec le plus d'observations cumulées en 2021 sont : la Bourgogne-Franche-Comté (3 629), la Bretagne (1 022) et le Centre-Val de Loire (843) (figure 8)⁷⁶. Néanmoins d'après M. Dominique Tessier et le CBNBP, la *Drosera rotundifolia* est plus fréquente dans les zones montagneuses des Ardennes, Jura, Auvergne, Pyrénées, Dauphiné et des Vosges. C'est d'ailleurs dans les Vosges que M. Tessier rapporta accidentellement des graines de *Drosera rotundifolia* en région Centre Val de Loire⁷⁷.

Par ailleurs, selon M. Tessier, la présence de la *Drosera rotundifolia* en Bretagne s'explique notamment par les nombreuses formations granitiques acidifiant le sol de la région. Sa présence importante en région Centre reste cependant un mystère selon lui. Ces résultats globaux sont néanmoins à nuancer car cela peut dépendre de la quantité de personnes mobilisées sur place pour la prospection. Par ailleurs, selon M. Tessier, la présence de la *Drosera rotundifolia* en Bretagne s'explique notamment par les nombreuses formations granitiques acidifiant le sol de la région. Sa présence importante en région Centre reste cependant un mystère selon lui.

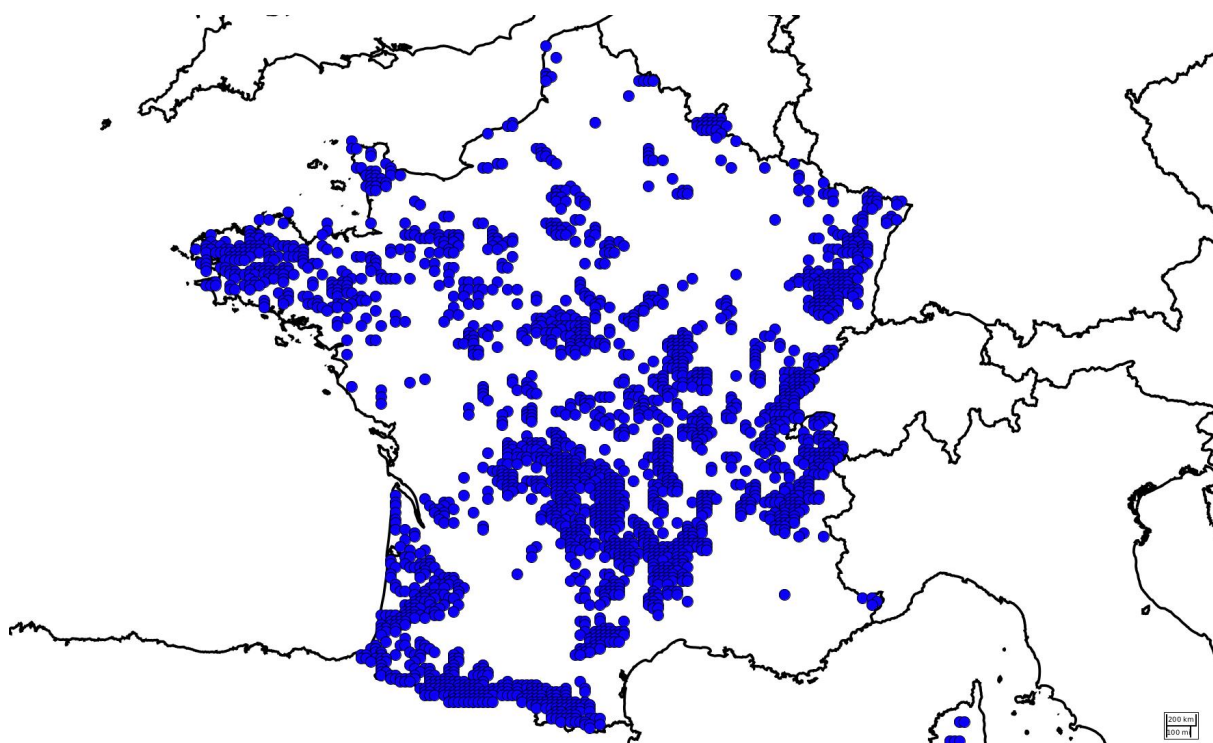


Figure 8 : Répartition cumulée de *Drosera rotundifolia* avec le jeu de données OpenObs, selon les notifications effectuées par l'INPN, consultation le 01/03/2023

c) À l'échelle de la région Centre

Nous avons des premières traces écrites de la présence de la *Drosera rotundifolia* en Touraine grâce au Vicomte Paul-Etienne de Villiers du Terrage, homme politique du XIX^{ème} siècle. En se retirant de la vie politique après la Révolution de 1848, il s'installe en Touraine où il participe à la préservation du jardin botanique de Tours et à la conservation des échantillons du muséum d'histoire naturelle de la ville. Passionné de botanique, le Vicomte devient membre de la Société botanique de France au moment de sa création en 1854. Il y complète son herbier, encore consultable de nos jours à l'Université de Tours dans les archives de la bibliothèque universitaire scientifique de Grandmont. J'ai eu ainsi l'opportunité d'observer les *Drosera rotundifolia* de l'herbier datant de 1811, en présence de mon directeur de recherche Dr. Arnaud Lanoue et du Professeur Marc Rideau professeur émérite en sciences pharmaceutiques à l'Université de Tours (figure 9). Nous avons ainsi pu prélever un échantillon, qui a été précieux pour la suite de nos travaux en laboratoire.

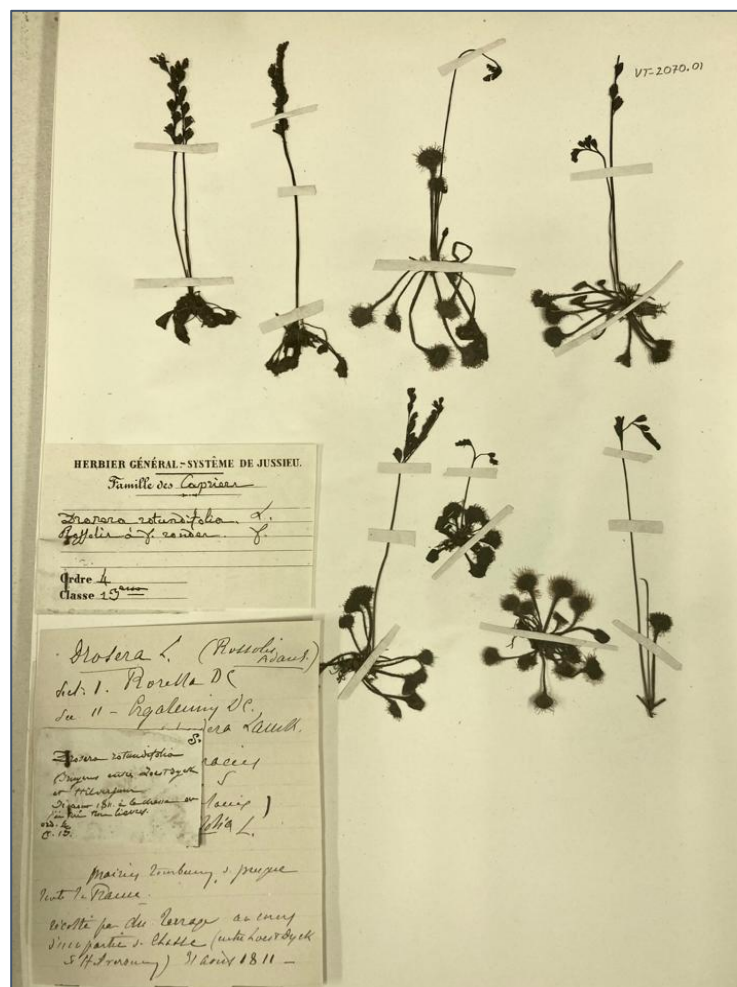


Figure 9 : Photo prise par M. Arnaud Lanoue de l'herbier du Vicomte de Villiers du Terrage de 1811, annoté par Robert Barnsby. L'échantillon que nous avons prélevé se situe en bas à droite

L'herbier du vicomte Villiers du Terrage a ensuite été annoté et complété par Robert David Barnsby, chimiste et botaniste reconnu du milieu du XIX^{ème} siècle. Directeur du jardin botanique de Tours de 1857 à 1903 puis Vice-président de la Société botanique de France en 1910, il préserva les archives botaniques du département et constitua un important herbier de 2600 planches. J'ai eu également l'occasion de consulter l'herbier de Barnsby à la bibliothèque universitaire de Grandmont à Tours et d'y prélever un échantillon de *Drosera rotundifolia* avec l'autorisation du professeur Marc Rideau (figure 10).

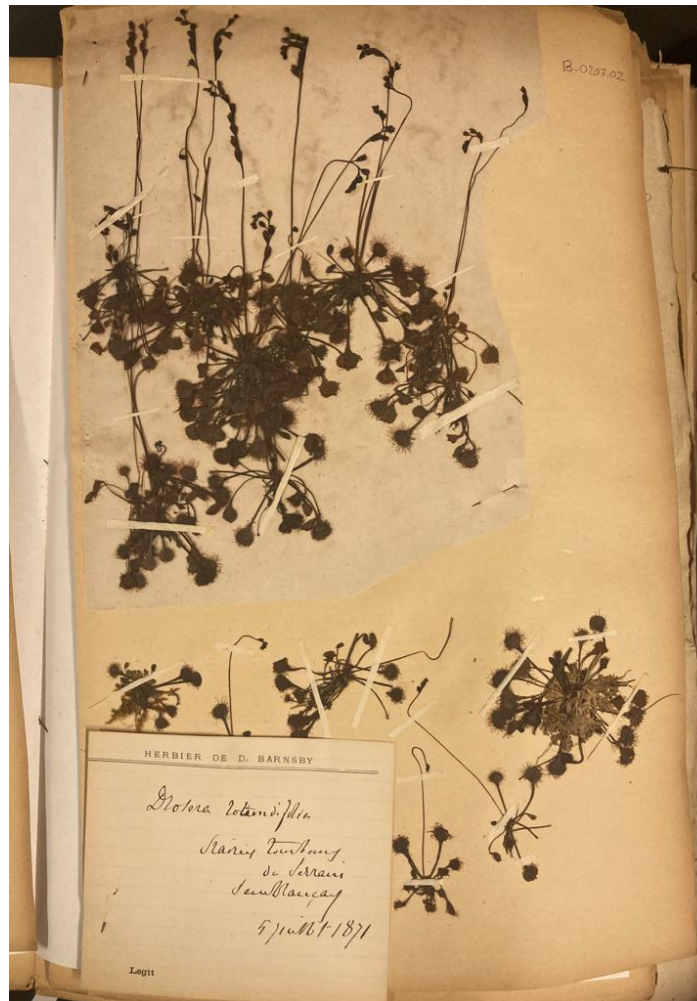


Figure 10 : Planche de *Drosera rotundifolia* prise par le Dr Arnaud Lanoue, herbier Barnsby 1871

En 1873, la *Drosera rotundifolia* pouvait être retrouvée en Indre et Loire dans les milieux tourbeux de la Chapellière près d'Ambillou, près des étangs desséchés de la Bousserie, dans la vallée de la Brème près de Serrain (Semblançay), à Rillé, à Nouzilly⁷⁸.

En 1905, Ernest-Henry Tourlet, pharmacien botaniste tourangeau, dédia une grande partie de sa vie à la constitution de riches herbiers, le premier consacré au département d'Indre et Loire, et le second à l'ensemble du territoire français métropolitain⁷⁹. Ces herbiers, composés respectivement de 11 000 et 18 000 planches, peuvent être consultés à la faculté de Pharmacie Philippe Maupas de Tours, mais également sur le site internet de l'herbier Tourlet grâce au travail titanesque de restauration et de numérisation ayant été effectué pour sa préservation⁸⁰.

En 1908, dans son Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département d'Indre-et-Loire, E.-H Tourlet confirme la présence de la *Drosera rotundifolia* à Ambillou, Semblançay, Rillé, et complète avec de nouvelles localisations à Gizeux, Aveillé, Saint-Benoist (bord de la forêt de Chinon) et à Bossay⁸¹.

Une raréfaction de la plante, observée notamment par Corillion dès 1981, est notée dans la vallée de la Loire⁸². Cette raréfaction est confirmée en région Centre par les récentes données de prospections^{83, 84}.

Comme le souligne le CBNBP, elle devient de plus en plus difficile à trouver dans la région, et les principaux épïcètres se situe en Sologne, en forêt d'Orléans, Brenne et dans la Marche. En Indre et Loire, on la retrouve en forêt de Chinon, aux alentours de la zone militaire dit du Champs Ruchard et de Cravant-les-Côteaux (localisations données par M. Dominique Tessier) et dans la Gâtine tourangelle (Semblançay, Pernay, Savigné sur Lathan)^{85, 86}.

Grâce aux localisations fournies par l'INPN, j'ai pu aller à la recherche de la *Drosera rotundifolia*, s'étalant d'une période de mars à juin 2022 dans la Région Centre et dans le massif montagneux du Morvan. J'ai choisi de sélectionner uniquement les lieux recensés datant des années 2010 et après. Cependant mes recherches se sont toutes avérées infructueuses, s'expliquant à la fois par une sécheresse particulièrement importante dans l'année 2022, et par mon œil encore inexpérimenté à la recherche minutieuse de la plante.

D'autres localisations anecdotiques sont également présentes sur le site de l'INPN à Tours et ses environs, mais aucune date ni localisations GPS précises y étaient jointes⁸⁷.

Le réchauffement climatique entraînant des périodes de sécheresses et canicules à répétition entraînent malheureusement une grande diminution des spécimens de *Drosera rotundifolia* à l'état sauvage. Les incendies de juillet 2022 dans les tourbières des monts d'Arrée dans le Finistère ont par exemple ravagé près de 1725 hectares de végétations, dont la *Drosera rotundifolia*⁸⁸. J'ai pu aller sur place durant le mois de Novembre 2022 pour me rendre compte de ces répercussions paysagères. Je me suis également rendue à la tourbière de Mougau Bihan (29450, Commana) située au pied des monts, reconnue pour abriter la *Drosera rotundifolia*. Malheureusement, la période n'étant pas propice, je n'ai pas pu en observer.

6. Culture de la *Drosera rotundifolia*

a) Généralités

*« Les Rossolis croissent dans les parties des marais qui sont toujours humides sans être jamais couvertes d'eau, c'est-à-dire que leur culture est presque impossible. En effet, toutes les tentatives faites pour les introduire dans les jardins de botanique d'une manière permanente ont été sans succès. Il faut donc se contenter d'en aller chercher des pieds dans les marais, un peu avant leur floraison, & les apporter dans les jardins avec une très grosse motte, qu'on mettra dans un pot, qui fera placé dans un autre, à moitié plein d'eau, & qu'on abritera des rayons du Soleil. »*⁸⁹

TESSIER Alexandre-Henri 1787-1821 page 186

Ce paragraphe est une preuve que dès le XIX^{ème} siècle, des tentatives de mise en culture de la *Drosera rotundifolia* sont effectuées. La rareté des Droseras et leur cueillette sauvage firent que les prix ont été relativement élevés.

La *Drosera rotundifolia* étant présente sur l'ensemble de l'hémisphère nord et ayant une distribution au-delà du cercle arctique, ses températures de culture peuvent être très étendues. Cependant pour une croissance optimale, la plante doit être maintenue à une température située entre 15°C et 25°C dès le début du printemps, avec une forte luminosité^{90,91,92}. La température doit être ensuite abaissée à l'automne, afin de respecter le cycle des saisons naturel de l'hémisphère nord et pour que la plante puisse former des bourgeons qui résisteront au gel de l'hiver. Dominique Tessier considère cette étape comme décisive pour que la *Drosera rotundifolia* puisse exploiter son potentiel de développement. Cette méthode de culture a été

choisie par l'étude finlandaise de Galambosi B., Galambosi Z. et Repcak M., visant à déterminer des techniques de culture peu coûteuses afin de cultiver la *Drosera rotundifolia* sans affecter ses métabolites secondaires, dont la 7-méthyljuglone, la quercétine et le kaempferol⁹³. Lors de cette étude, des graines de la *Drosera rotundifolia* et *Drosera anglica* ont d'abord été récoltées dans des tourbières naturelles Finlandaises autour de Mikkeli. Puis, une partie des graines a été semée directement dans des lits de tourbes artificielles, et l'autre partie a été conservée en extérieur tout l'hiver dans des petites cellules de tourbes en plastique puis sous serre au mois d'avril à pH 3.5 jusqu'à leur germination en mai. Ces graines germées ont été ensuite transplantées dans des tourbières artificielles à ciel ouvert au mois de juin. Pour stimuler leur croissance, les chercheurs ont ajouté du lait en poudre destiné à la consommation humaine dans le milieu de culture à intervalles de 7 à 10 jours (la composition précise est consultable dans l'article). La croissance de *Drosera rotundifolia* et *Drosera anglica* a ensuite été observée pendant six ans. Les paramètres évalués sont : la densité de la plante (nombre de rosettes/m², cycle de floraisons, biomasse après récolte de plantes en septembre de l'année suivante). Durant la première année, seules les feuilles apparaissent, une récolte n'est possible qu'au bout de 3 ans. Nourrir au lait en poudre les *Drosera* a entraîné une augmentation de la longueur des feuilles de 1-37%, du poids des plantes de 27%-76%, des hauteurs de tiges de 12-22% et du nombre de fleur de 19-224% par rapport aux plantes non nourries plantées directement dans la tourbe au début des expériences. Ensuite, des méthodes de séparation par chromatographie sur couche mince (CCM) puis d'identification et de quantification par spectrométrie de masse ont été utilisées pour quantifier les molécules d'intérêt des *Drosera rotundifolia* et *Drosera anglica*. La teneur en 7-méthyljuglone était plus élevée chez les *Drosera* nourries au lait en poudre que chez les non nourries (13 à 81%). Les teneurs en quercétine et en kaempferol étaient cependant plus faibles dans la plante nourrie, de l'ordre respectivement de 10 à 30% et 1 à 10%. Cela montre donc les limites à la culture en tourbe artificielle avec ajout de substances nutritives. Par ailleurs selon cette même étude, le pH et la minéralisation de l'eau ne semblent pas influencer les cultures car elles ont pu pousser avec une irrigation goutte à goutte régulière à l'eau courante même en modifiant le pH de la tourbe initialement de 3,5 à 3,9 après ajout de l'eau à pH 6,9 pendant trois ans. Cela est une bonne chose car l'eau courante est minéralisée et qu'une eau déminéralisée nécessite plus de manipulations pour être produite, et possède donc un impact écologique et économique beaucoup plus important.

Concernant les substrats de la *Drosera rotundifolia*, plusieurs mélanges de terres sont possibles :

- Le mélange de terre doit être composé d'un tiers de sable et de deux tiers de tourbes⁹⁴.
- On peut également mettre 100% de tourbe blonde
- 70% de tourbe blonde et 30% de perlite ou de charbon de bois
- 70% de tourbe blonde avec 20% de perlite et 10% de sable de Loire ou Quartz^{95,96}.

On additionne de *Sphagnum* (sphaigne) pour couvrir les substrats. La sphaigne va ainsi permettre de retenir l'humidité de la tourbe et de créer une micro-acidification du milieu comme vu précédemment. Toutes les espèces de *Drosera* ne peuvent pas se développer sur cette mousse. C'est notamment le cas, selon Dominique Tessier, pour la *Drosera intermedia*, qui ne peut pas produire des feuilles « en étages ». La sphaigne la recouvre peu à peu, bloquant ainsi le processus de photosynthèse de la plante. La *Drosera rotundifolia* quant à elle, peut ajouter des niveaux supplémentaires de feuilles pour dépasser la sphaigne et continuer de capturer des insectes⁹⁷.

Concernant l'approvisionnement en eau de la *Drosera rotundifolia*, l'arrosage en pot se fait constamment par capillarité où le substrat de la plante doit être en permanence humide, à hauteur de quelques centimètres, avec de l'eau de pluie ou déminéralisée^{98,99}. Le pot doit être d'au moins 3 litres pour une seule plante, afin de reproduire l'environnement de la tourbière acide.

b) Multiplication et culture en pot

La multiplication peut s'effectuer de diverses manières. La multiplication sexuée se définit comme la génération d'un nouvel individu à partir de graines. Celle-ci est relativement aisée car les graines germent facilement à la fin de l'hiver et au début du printemps. On peut les prélever directement sur les hampes florales, dès qu'elles commencent à flétrir¹⁰⁰. En attendant la période optimale de semis, on peut conserver les graines au réfrigérateur entre 3 et 5°C, mimant ainsi une période de stratification hivernale¹⁰¹. Les semis sont ensuite déposés directement sur de la sphaigne, où une germination peut être observée très rapidement selon Monsieur Dominique Tessier.

La multiplication peut être également végétative. Celle-ci permet à la plante de se multiplier sans fécondation et phénomènes sexuels. Elle résulte de la génération d'une nouvelle plante à partir d'une plante mère. Le patrimoine génétique de la plante fille sera alors identique à son

parent. Des techniques de bouturage sont effectuées par l'homme, où les feuilles sont sectionnées à l'extrémité du pétiole au commencement de la période de croissance. Les boutures sont ensuite plantées dans le même mélange de substrat que la plante adulte, avec ajout optionnel de fongicide^{102,103}. Des boutures peuvent également être utilisées avec des extraits de tiges ou de racines.

c) Culture in vitro

Concernant la culture *in vitro*, elle pourrait être une solution intéressante pour cultiver facilement la *Drosera rotundifolia*. Étant une plante protégée, une multiplication végétative sur gélose en clonant un individu pourrait ainsi constituer une solution au retour des spécialités thérapeutiques contenant uniquement des extraits de *Drosera rotundifolia*. Il est alors intéressant de mesurer les rendements obtenus afin de les comparer au milieu naturel. L'étude de Banasiuk Rafal, Kawiak Anna et Krolicka Aleksandra s'est ainsi intéressée aux différents milieux de culture pouvant être utilisés pour les plantes carnivores, dont les *Drosera*, ainsi que leurs concentrations respectives en métabolites secondaires¹⁰⁴. Dans l'étude de 2012, la multiplication végétative s'est effectuée en coupant les feuilles des plantes et en les plaçant sur une gélose enrichie en facteurs de croissance. De nouveaux individus ont pu être obtenus en 6-8 semaines. Il a été également estimé qu'entre 100 et 300 plantes peuvent être ainsi obtenues en un an à partir des 12 plantes ayant poussé. Le meilleur milieu gélosé est constitué d'un ratio de 50/50 des milieux Murashige & Skoog (MS) et Reinert & Mohar (RM).

Par ailleurs une autre étude menée par Grevenstuk T. et Gonçalves S. de 2010 a montré une croissance optimale chez *Drosera intermedia* avec ¼ de média MS¹⁰⁵. Un ajout de kinétine pourrait également défavoriser la croissance des *Drosera*^{106,107}. Ces observations ont été précisées par I. Miclea et M. Zahan en 2017, où la pousse et le développement des feuilles de *Drosera rotundifolia* avec un milieu ½ MS à demi-force complétée par de la kinétine et de l'acide alpha-naphtalénacétique a été plus important¹⁰⁸. Cependant, la croissance des rosettes s'est effectuée au détriment du développement racinaire et des hampes florales qui ont été plus faibles. Un milieu sans régulateurs de croissance semble être par conséquent le plus propice au développement optimal de la plante.

Par ailleurs, l'ajout d'éliciteurs comme des levures, agents phytopathogènes induisant une synthèse accrue de molécules de défense par la plante peuvent induire une production accrue de naphtoquinones, dont des plumbagines, molécules d'intérêt chez les *Drosera* mais exempts de la *Drosera rotundifolia*¹⁰⁹.

d) Comparaison entre production *in vivo* et *in vitro*

La production de métabolites d'intérêt par la *Drosera rotundifolia* semblerait cependant moins optimale *in vitro* que dans les plantes cultivées en milieux naturels. L'étude de Tienaho J., Reshamwala, D. Karoen *et al.* Datant de 2021 a mesuré les activités antioxydantes et antivirales de la *Drosera rotundifolia* cultivée en laboratoire et sur le terrain¹¹⁰. L'activité antioxydante était significativement plus élevée dans la Droséra cultivée en champ que dans les cultures *in vitro*. L'activité antivirale contre les souches d'entérovirus était cependant similaire. Les profils métaboliques ont montré que la majorité des composés identifiés étaient les mêmes, mais que la *Drosera rotundifolia* cultivée sur le terrain contenait des nombres et des quantités plus élevés de métabolites secondaires que les *Drosera rotundifolia* cultivées en laboratoire.

Ajoutons que selon Baranyai B., et Backer C, Reich C. *et al.*, il ne semble pas y avoir de différence de concentration en métabolites secondaires (naphtoquinones et flavonoïdes) entre les *Drosera rotundifolia* cultivées en pot et les spécimens sauvages¹¹¹. De plus, l'étude de 2016 n'a montré aucune différence de concentration en métabolite entre les échantillons prélevés le matin ou l'après-midi.

Pour finir, selon les propos récoltés auprès de M. Dominique Tessier, la culture *in vitro* n'est pas à favoriser car la plante ne formerait pas de bourgeons pour passer l'hiver. Ces bourgeons sont à la source des nouvelles feuilles de la *Drosera rotundifolia* et donc de son développement futur au printemps. Les observations faites sur des boutures de plantes *in vitro* présentes au laboratoire BBV convergent dans ce sens. Les échantillons sont de tailles relativement modestes par rapport aux plantes sauvages, malgré leur présence au laboratoire depuis 2019. En revanche, cette différence peut également s'expliquer par un choix de substrat et un pH inadéquat dans le milieu de culture gélosé. Un changement de substrat et de pH s'est donc mis en place à partir des études effectuées en mai 2022. Pour finir, la concentration en métabolites secondaires semble également être impactée négativement dans les cultures *in vitro* (voir les résultats expérimentaux de ce travail).

La multiplication en pot par multiplication végétative ou par multiplication sexuée restent donc les meilleures options de culture. Elles sont visiblement possibles à grande échelle malgré les exigences de pH et de milieu de la *Drosera rotundifolia*. La concentration en molécules actives serait néanmoins moins importante chez *Drosera rotundifolia* ayant poussée avec des paramètres contrôlés que chez les plantes sauvages¹¹². Ce paramètre peut être nuancé dû à la masse beaucoup plus importante chez les plantes de tourbières artificielles, rendant ainsi le taux de molécules actives également plus important.

e) Autres paramètres pris en compte

L'arrosage à l'eau du robinet ne semble pas influencer les plantes tant que le milieu est bien contrôlé (pH, ensoleillement, température). Les conditions de cultures ne semblent pas influencer la concentration en métabolites secondaires par rapport aux spécimens sauvages. Selon la même étude de 2016 de Baranyai B., et Backer C, Reich C. *et al.*, aucune différence de concentration en métabolite n'a été observée entre les échantillons de *Drosera* prélevées le matin ou l'après-midi¹¹³. Cette même étude a également montré une différence de concentration en métabolites secondaires selon l'âge de la plante. Les spécimens de *Drosera* les plus âgés (13-24 mois) avaient une teneur plus élevée en métabolites secondaires. Par ailleurs, les plantes en fleur possèdent plus de naphthoquinones mais moins de flavonoïdes que les plantes non fleuries. Une récolte ne serait donc possible qu'à partir de la première année de mise en culture, voire qu'à l'issue de trois ans¹¹⁴ pour obtenir des concentrations intéressantes en métabolites secondaires.

Pour finir, que la culture choisie soit *in vitro* ou en pot, l'ensemble des techniques de conservations des échantillons prélevés est un paramètre décisif. En effet, différentes méthodes ont été mesurées par l'étude vu précédemment de Tienaho J., Reshamwala, D. Karoen *et al.*, notamment la lyophilisation, le séchoir à herbes, le séchoir au four et à température ambiante et la congélation¹¹⁵. La meilleure méthode pour conserver les métabolites des échantillons de *Drosera* seraient la congélation. Les autres techniques testées réduiraient de 72 à 100% la teneur en métabolite secondaire de la plante, elles sont donc à exclure.

6. Protection et statut juridique

La *Drosera rotundifolia* est une espèce protégée. Il est donc interdit de la cueillir, de la couper, et plus largement de l'utiliser à des fins personnelles ou commerciales¹¹⁶. À l'échelle mondiale, la *Drosera rotundifolia* se trouve sur la liste rouge mondiale des espèces menacées dans la catégorie des préoccupations mineures¹¹⁷. Elle est également sur la liste rouge européenne des espèces menacées. Enfin en France, la *Drosera rotundifolia* se retrouve sur la liste rouge des plantes vasculaires en région Centre dans la catégorie des espèces en danger¹¹⁸. La liste des différents statuts de protection de la plante selon les régions est consultable sur le site de Tela-botanica¹¹⁹. La commercialisation de la *Drosera rotundifolia* par les pépiniéristes doit être accompagnée de la présentation d'un passeport phytosanitaire européen (PP). C'est un document officiel attestant du respect des dispositions réglementaires européennes¹²⁰. Il est

composé du drapeau de l'Union Européenne, de la mention « passeport phytosanitaire/ plant passeport » ainsi que de lettres de A à D (figure 11).

La lettre A est associée au nom de l'espèce végétale en latin. La lettre B est affiliée à un code normé ISO 3166-1 aux deux lettres du pays dans lequel est enregistré le professionnel. Cet acronyme est suivi d'un numéro d'enregistrement phytosanitaire à 9 chiffres. La lettre C contient le code de traçabilité de la plante. Pour finir, la lettre D correspond au pays de provenance de la plante.



Figure 11 : Photo du passeport phytosanitaire de mon pied de *Drosera rotundifolia* achetée sur le site internet : Les Dents de la Terre

II. Usages thérapeutiques de la *Drosera rotundifolia*

1) Historique

a) Sphère pulmonaire

L'usage traditionnel de la *Drosera rotundifolia* pour les infections pulmonaires est établi en France depuis plusieurs siècles. La Rosée du soleil est utilisée en hydrolat de feuilles et de fleurs pour les infections pulmonaires (Dalechamps, 1653), le rossolis pour le poumon (Chevallard, 1678), et toute la plante « à la dose de deux gros, en poudre à celle d'un gros » (Honoré, 1777)^{121,122,123}. C'est une plante béchique et pectorale où la tige et les sucs peuvent être utilisés lors de préparation^{124,125, 126}. On retrouve un usage séculaire de la plante en infusion et en sirop, où elle trouve son utilité comme pectorale, contre les toux invétérées, les ulcères des poumons, l'asthme et la coqueluche. Ses indications salvatrices pour l'homme se révèlent parallèlement toxiques pour les animaux^{127,128,129,130}.

« On se sert de l'herbe, mais rarement, quelques auteurs, en particulier M. Geoffroy, la regardent comme pectorale, utile contre la toux invétérée, les ulcères des poumons, l'asthme ; la coqueluche ; on la prescrit en infusion jusqu'à deux gros, et à un gros en poudre ; on en fait un sirop que l'on donne à la dose de 3 j, ou seul ou mêlé dans les apozèmes et potions béchiques. Le Rossolis est, dit-on, un poison pour les moutons ; il leur attaque le foie et le poumon, et leur occasionne une toux qui les fait périr insensiblement, ce qui mérite d'être confirmé dans les lieux où croît cette plante assez rare. »

ROZIER François, et CLARET de la TOURETTE, Marc-Antoine-Louis¹³¹

Ces observations de toxicité chez les animaux sont complétées :

« On connoit que les animaux l'on brouée lorsqu'ils deviennent plus falaces, que leurs urines ont plus colorées, et qu'ils ont en même-temps l'intérieur de la bouche enflammée, excorié, les gencives en mauvais état, ainsi que les dents. Les acides, les huileux, les mucilagineux, et le lait, font les remèdes avec lesquels on remédie à ses effets pernicioeux ».

PAULET Jean-Jacques¹³²

La Drosera est également un remède très reconnu contre la phthisie, appelé de nos jours tuberculose :

« *Le rossolis ou rosée du soleil dit M. VOGEL, a de l'acrimonie. Ses feuilles possèdent la vertu de résoudre les humeurs muqueuses ; l'usage en est recommandé contre la phthisie par FORESTUS, dans les catarrhes, par SIEGESBECK. Elles font nuisibles aux bestiaux qui en mangent, suivant BARTHOLIN.* »

GOULIN Jean et LABEYRIE¹³³

Au début du XIX^{ème} siècle, avec l'arrivée de l'homéopathie par Samuel Hahnemann en 1796, la *Drosera rotundifolia* connaît un regain d'intérêt, notamment contre la coqueluche ainsi que pour d'autres pathologies de la sphère pulmonaire et du système nerveux^{134,135}.

« *Nul médicaments connus ne reproduit mieux les effets particuliers de la coqueluche épidémique que la Drosera rotundifolia. Cette maladie qui, malgré tous les efforts des allopathistes, passe à l'état chronique où se termine par la mort, cède à coup sûr à la plus petite parcelle d'une goutte de la décillionnième dilution du suc de Drosera, et guérit ainsi en peu de jours.* »

Samuel Hahnemann dans son Traité de matière médicale 1834 tome 1¹³⁶

Le 2 septembre 1861, le docteur Eugène Curie, membre de l'Académie des Sciences présenta ses travaux de l'administration de la Drosera contre la phthisie. En s'inspirant des écrits mentionnant les effets indésirables que rencontraient les moutons en ingérant de la *Drosera rotundifolia*, il administra sur trois chats sains des doses quotidiennes de *Drosera rotundifolia*. À l'autopsie des félidés, le docteur trouva une « *plèvre parsemée de tubercules* ». Selon lui, la *Drosera rotundifolia* sous forme d'extrait alcoolique en préparation homéopathique peut être donnée avant même les premiers signes de la tuberculose^{137,138}.

De nos jours, les espèces de Drosera sont présentes dans la Pharmacopée française, dans les préparations homéopathiques où elles font l'objet d'une monographie¹³⁹. La plante ou un mélange de Droseras d'espèces différentes sont utilisés entières ou fragmentées (*D. anglica*, *D. longifolia*, *D. madagascariensis*, *D. peltata*, *D. ramentacea*, *D. rotundifolia*).

On retrouve par exemple la Drosera en granules et dans les préparations homéopathiques du laboratoire Boiron, notamment dans les granules et sirops STODAL®, dans la pâte BAUDRY®, le DROSETUX® et les pâtes pectorales LHF à la mandarine® pour le traitement de la toux chez l'humain¹⁴⁰.

On peut noter le fait que certains sirops, comme le TUSSIDORON® du laboratoire Weleda à base de teinture de *Drosera* ont fait l'objet d'arrêt de commercialisation¹⁴¹. Aucune cause certaines ont été avancées quant à ce retrait du marché.

b) Autres usages

D'autres usages anciens de la *Drosera rotundifolia* sont relatés, notamment pour les épilepsies et les migraines, en tisane par infusion de ses feuilles^{142,143}. Ces usages sont repris en homéopathie au XIX^{ème} siècle. Des « décoctions cordiales » pour le cœur, sous forme de mélange de plantes sont également préconisées pour les « *maladies du cerveau* »¹⁴⁴. Plus rarement, on atteste son utilisation en infusion pour les yeux, et de façon plus folklorique encore, pour la fièvre : « *Le Rossolis serré dans les mains dissipe la fièvre* » ou pour la beauté^{145,146,147,148}.

« *Recette de remède de teinture de beauté de Kenelm Digby, philosophe anglais du milieu du XVII^{ème} siècle, mais également essayiste scientifique (alchimie, physique, botanie par fermentation)*¹⁴⁹ « *Le grand Cordial du Chevalier Raligh* » : Prenez fleurs de bourroche, fleurs de romarin, fleurs de calendula, des œillets routes, rossolis, fleurs de sureau, de chacune huit livres, étant séchées au Soleil et auparavant à l'ombre (...) Il faut extraire la teinture de tout cela avec esprit de vin (...) puis prenez six onces de cet extrait et trois onces de la teinture de corail, terrasigillata quatre dragmes, perles préparées deux onces, pierre de bezoard trois dragmes, corne de cerf calcinée (...) : en le bridant mêler y syrop de citrons et syrop de roses, et le faites bien broyer par un homme robuste. »

DIGBY Kenelm (1603-1665)¹⁵⁰

Actuellement, outre ses usages pour la sphère pulmonaire, la *Drosera rotundifolia* aurait des vertus rubéifiantes lorsqu'on l'appliquerait fraîche sur la peau¹⁵¹.

c) Confusions possibles

En parcourant les recueils du seizième au dix-huitième siècle, les liqueurs de rossolis, préparées notamment avec de l'eau de vie, du sucre, de la cannelle et quelquefois certains autres aromates, j'ai pu faire le constat que ces boissons étaient majoritairement exemptes de *Drosera rotundifolia* (rossolis)^{152,153,154}. Par exemple, le rossolis dit « de six graines », ou « claret », est très souvent mentionné, tout comme le Rossolis de Turin, ou le rossolis du roi Louis XV utilisé

contre ses coliques^{155,156,157}. Toutes ces boissons ne contiennent aucune trace de *Drosera rotundifolia*. Les confusions sont multiples et peuvent être relayées entre auteurs. C'est notamment le cas avec le traitement de la phtisie, où les liqueurs de Rossolis - l'eau de vie épicée - se mêlent aux remèdes où la *Drosera rotundifolia* est bien présente¹⁵⁸.

III. Ethnobotanie de la *Drosera rotundifolia*

1) Définition de l'ethnobotanie

L'ethnobotanique se définit comme les études interrelationnelles entre les hommes et les plantes selon la définition première de J.W Harshberger en 1895¹⁵⁹. Elle est composée du grec ancien ἔθνος (ethnos), « la famille, la tribu », et de βοτάνη (botanê) « l'herbe ». L'ethnographie est la description des usages, coutumes et croyances des divers groupes humains¹⁶⁰. L'anthropologie s'appuie sur ces données et l'étude des usages pour les analyser, classer, en faire des comparaisons. Le but est ensuite de fournir des modèles explicatifs et théoriques aux comportements observés¹⁶¹. Par ailleurs la botanique est une science qui a pour objet la connaissance, la description et la classification des végétaux¹⁶². L'ethnobotanique se situe donc au croisement de ces deux disciplines, entre sciences humaines et sciences naturelles. Elle tente de comprendre les liens entre les individus et les plantes (usages sociaux et médicaux). Elle s'intéresse à des domaines très variés comme la médecine, l'agriculture, l'alimentation et même l'artisanat (fabrication des toits de chaumes constitués de paille de blé, de seigle et de roseaux), et l'ornementation.

Plus spécifiquement, l'ethnopharmacologie se définit comme « l'étude scientifique interdisciplinaire de l'ensemble des matières d'origine végétale, animale ou minérale, et des savoirs ou des pratiques s'y rattachant, que les cultures vernaculaires mettent en œuvre pour modifier les états des organismes vivants, à des fins thérapeutiques, curatives, préventives ou diagnostiques. »¹⁶³. Elle étudie donc l'utilisation traditionnelle des matières naturelles à des fins thérapeutiques. La démarche ethnopharmacologique a notamment permis la valorisation de l'*Artemisia annua*, plante utilisée depuis des millénaires en Chine pour soigner les fièvres. Pour ces travaux révolutionnaires, la chercheuse Youyou Tu obtint le prix Nobel en 2015. L'artémisinine et ses dérivés de synthèses constituent aujourd'hui les molécules actives de première ligne de traitement du paludisme à *Plasmodium falciparum* en France¹⁶⁴.

2) Enquêtes ethnobotaniques

J'ai décidé de réaliser des enquêtes ethnobotaniques dans le cadre de ma thèse afin de dresser un état des lieux de la présence de la *Drosera rotundifolia* en Région Centre. Outre ses usages traditionnels anciens pour la sphère pulmonaire, je me suis interrogée sur sa connaissance actuelle par les populations locales.

Ma méthode d'investigation s'est appuyée sur la démarche apprise lors du Diplôme Universitaire (DU) en ethnobotanique appliquée, réalisée lors de l'année universitaire 2021-2022 à la faculté de pharmacie de l'Université de Lille sous la direction du professeur botaniste Frédérique Dupont. Cette méthode ethnobotanique a été proposée par le Dr Sophie Estampes, pharmacienne d'officine, Jean-Pierre Nicolas, ethnobotaniste, et le Dr Céline Rivière, maître de conférences en pharmacognosie à l'Université de Lille II¹⁶⁵. Cette méthode s'appuie sur quatre axes distincts : préparation de l'entretien, déroulement de l'entretien, analyse de l'entretien, partage et diffusion de l'information récoltée.

Le premier axe est la préparation en amont de l'étude de terrain. Elle a pour but de définir un objet de recherche. Une fois cet objet défini, il faut ensuite récolter le plus d'information possible sur le terrain de recherche où auront lieu les entretiens, ainsi que sur l'objet de la recherche. Cela est possible grâce à la consultation d'études scientifiques et d'ouvrages, pour constituer une solide base de données bibliographiques. Il est important de préparer son entretien en étudiant le contexte social, par exemple les us et coutumes des populations locales, afin d'être respectueux et d'être en mesure de comprendre les informations recueillies *a posteriori*. Pour finir, il faut définir les personnes détentrices de l'information et prendre rendez-vous avec elles. Une fois les entretiens planifiés, il faut réfléchir à la méthode de saisie d'information lors de l'échange avec les personnes informatives.

Le deuxième axe repose sur l'entretien avec la personne choisie de manière dite semi-directive. C'est une technique de recueil d'informations qualitatives permettant de rassembler des faits et opinions des personnes interrogées sur un sujet donné. Il faut alors définir clairement à l'interlocuteur notre nom et prénom, ainsi que notre statut et notre objet d'étude et ses objectifs. Il faut ensuite récolter l'accord de la personne par écrit. Cela étant parfois difficile en pratique, un accord explicite oral peut suffire. L'entretien semi-directif doit s'appuyer sur le code éthique de l'International Society of Ethnobiology (ISE), pour « *faciliter une conduite éthique et des relations équitables et de promouvoir un engagement de toutes les parties à collaborer pleinement et à partager les responsabilités* »¹⁶⁶.

Le troisième axe consiste en la restitution des données récoltées lors de l'enquête de terrain. Les plantes peuvent être prélevées et mises en herbier, des expériences en laboratoires peuvent être effectuées.

Le quatrième et dernier axe reprend les informations récoltées puis analysées et compilées. Il prend la forme d'un support accessible à la population afin qu'elle y ait accès. Cela s'appelle communément un retour aux populations, ou bien un partage de l'information. En reprenant ces axes, on peut définir ce diagramme pour l'étude ethnobotanique de *Drosera rotundifolia*.

Amont du terrain :

Définir un objectif : *Drosera rotundifolia*, localisation, production et usage thérapeutique

Stratégie pour aller vers l'objectif : communication avec différents intervenants m'ayant menés vers les personnes détentrices d'informations : Dr. Arnaud Lanoue (directeur de thèse), M. Thibault Grégoire

Personnes détentrices d'informations : M. Marc Rideau (professeur émérite à l'Université de Tours), M. Tessier Dominique (responsable du Conservatoire botanique de la Morellière), Enzo Defer (propriétaire des Dents de la Terre), Pr DUPONT Frédérique (botaniste à l'Université de Lille), Odile (habitante d'Indre-et-Loire), Ariel (habitante d'Indre-et-Loire), Louison (habitant d'Indre-et-Loire), Claude (habitant en Sologne).



Sur le terrain :

Appels téléphonique : Odile, Louison, Ariel, Claude, M. Dominique Tessier (7 juin 2022, 13 janvier 2023), Enzo (13 janvier 2023)

Enquêtes sur le terrain : M. Dominique Tessier à la Morellière le 16 juin 2022, recueil des données uniquement orales



Travail sur les données

Enregistrement sur dictaphone des informations récoltées auprès de M. Tessier et de sa conjointe, photos de la *Drosera rotundifolia* et de la tourbière prise par téléphone, notes sur mon téléphone et sur un carnet, prélèvement de terre de bruyère et de différents plants de *Drosera rotundifolia*

Extrapolation des données récoltées directement sur mon brouillon de thèse



Partage de l'information

Mis en culture des spécimens récoltés et des techniques de cultures choisies
Information sur l'état des lieux de mes recherches et partage des découvertes effectuées

Invitation à la consultation et à la soutenance de thèse

3) Entretien de Monsieur Dominique Tessier au Conservatoire de la Morellière

L'ensemble du compte rendu de l'entretien est disponible en annexe.

Mon premier contact avec Monsieur Dominique Tessier a été un appel téléphonique le 7 juin 2022 sur les conseils avisés de Monsieur Marc Rivière. Monsieur Tessier est un botaniste reconnu de la région Centre. Il est à l'initiative de la création du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin (37300) spécialisé dans les plantes messicoles, plantes annuelles ou « mauvaises herbes », poussant dans des cultures agricoles sans y avoir été semées¹⁶⁷. Elles accompagnent par conséquent les moissons. Architecte paysagiste de formation, Dominique Tessier se sensibilisa très jeune au monde végétal grâce à son père, horticulteur qu'il accompagnait vendre des plantes grasses sur les marchés. En 1995, domicilié à Charentilly (37390, Indre-et-Loire) où il cultivait son potager, Dominique Tessier à sa grande surprise vit une apiacée de forme inhabituelle qu'il ne connaissait pas. Après recherche, il identifia la plante comme étant l'Orlaya à grandes fleurs : *Orlaya grandiflora*, reconnue comme disparue de la région. Cette découverte lui donna la première impulsion pour créer un conservatoire des plantes messicoles cette même année, au lieu-dit de la Morellière, à Saint-Laurent-de-Lin (37300).

L'objectif du conservatoire est d'une part de collecter et préserver les flores locales de la région et, ensuite, de les revaloriser en les cultivant et en redistribuant les semences aux collectivités, notamment les mairies. Le conservatoire abrite aujourd'hui plusieurs centaines d'espèces, grâce à sa grande diversité d'expositions et de terrains, allant des terrains acides siliceux à alcalins calcaires, en passant par les pelouses, les landes sèches à bruyères, les mares et la tourbière acide. Afin de valoriser au mieux ce précieux patrimoine, certaines plantes sont labélisées depuis 2016 « Vraies Messicoles » (dont l'Orlaya à grandes fleurs), certifiant la rusticité des espèces^{168,169}. Concernant la diffusion des semences, les graines sont récoltées séparément par espèces grâce aux bénévoles et salariés de la SEPANT et diffusées aux particuliers et collectivités.

Concernant la *Drosera rotundifolia*, Monsieur Tessier m'a fait part de ses localisations bien connues du côté du chinonais, vers le Camps du Ruchard (camp militaire situé sur les communes de Neuil, Avon-les-Roches et Crissay sur Mans). Par ailleurs, je lui ai fait part de ma visite à Cravant les côteaux, où il m'a dit qu'effectivement c'était une localisation bien connue mais que cela l'étonnerait qu'il y en ait cette année à cause de la sécheresse.

IV. Phytochimie de la *Drosera rotundifolia*

1. Composés présents dans l'espèce selon les articles scientifiques étudiés

Les composés présents dans la *Drosera rotundifolia* sont énoncés dans le Tableau 1. Ce tableau a été réalisé en partie d'après l'article de Egan et Van der Kooy de 2019 qui résume les différentes molécules retrouvées dans les articles scientifiques ciblant le genre *Drosera*, le présent tableau ne reprend que les molécules spécifiques à *Drosera rotundifolia*.

Il est intéressant de noter que dans cette revue de littérature, les molécules de *Drosera rotundifolia* sont mentionnées une ou plusieurs fois par des sources scientifiques différentes (tableau 1). Par exemple, la quercétine est mentionnée dans quatre articles différents, l'acide ellagique trois fois, le 7-méthyljuglone trois fois, la quercétine 3-*O*-galactoside deux fois, la quercétine 3-*O*-glucoside deux fois, la myricétine deux fois. En effet ces composés sont largement étudiés chez d'autres espèces végétales. Les autres molécules ne sont mentionnées que de manière éparse, nous ne pouvons donc pas conclure à leur présence systématique dans la plante.

Par définition, un métabolite secondaire est une molécule qui ne participe pas directement aux processus vitaux de base de la plante. Ces molécules peuvent être impliquées dans diverses fonctions allant de la défense à l'attraction des pollinisateurs, et même à la communication entre les espèces végétales. Les métabolites secondaires sont généralement regroupés en trois groupes : les composés phénoliques avec les molécules issues de la voie de l'acide shikimique et de l'acide acétique, les composés terpéniques et stéroïdiques et finalement les alcaloïdes¹⁷⁰. Les principales familles de métabolites secondaires retrouvées par ordre d'occurrence dans la *Drosera rotundifolia* sont les flavonoïdes dont les flavonols (21 composés), les naphthoquinones (9 composés), et les anthocyanes (3 composés).

Composé	Classe moléculaire	Organe	MW	m/z [M-H]-	MS ² (m/z)	Références bibliographiques
Leucocyanidin	Anthocyanidins & leucocyanidins	genus	306,073952			Egan et van der Kooy 2013
Leucodelphinidin	Anthocyanidins & leucocyanidins	genus	322,068867			Egan et van der Kooy 2013
Leucopelargonidin	Anthocyanidins & leucocyanidins	genus	290,079038			Egan et van der Kooy 2013
2"-O-Galloylhyperoside	Flavonoid	shoot	616,106434	615,1	[615,1] : 312,9; 300,9	Zehl et al. 2011
3,3'-Di-O-methylellagic acid	Flavonoid	shoot	330,037567	329,0	[329,0] : 313,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
3,3'-Di-O-methylellagic acid-4-O-glucoside	Flavonoid	shoot	492,09039			Braunberger et al. 2015
Ellagic acid	Flavonoid	shoot	302,006267	300,9	[300,9] : 283,8; 270,8; 256,8; 228,9; 212,8; 200,8; 184,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Gossypetin-7-O-β-glucopyranoside (Gossypitrin)	Flavonoid	shoot	480,090391			Braunberger et al. 2015
Gossypetin-8-O-β-glucopyranoside (Gossypin)	Flavonoid	shoot	480,090391			Braunberger et al. 2015
Isoquercetin	Flavonoid	shoot	464,095476			Zehl et al. 2011
Kaempferol	Flavonoid	shoot	286,047738	285,0	[285,0] : 256,9; 242,9; 241,9; 240,9; 228,9; 214,9; 212,9; 211,9; 210,8; 198,9; 194,8; 186,9; 184,8; 169,0; 164,7; 162,8; 158,0; 152,0; 150,9; 107,1	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Kaempferol-3-O-β-glucopyranoside (Astragalin)	Flavonoid	shoot	448,100561	447,1	[447,1] : 284,9; 283,9; 254,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Myricetin	Flavonoid	shoot	318,037567	317,0	[317,0] : 191,9; 178,9; 150,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Myricetin-3-O-galactoside	Flavonoid	shoot	480,090391	479,0	[479,0] : 316,8; 315,9; 270,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Myricetin-3-O-β-glucopyranoside	Flavonoid	shoot	480,09039	479,1	[479,1] : 316,9; 315,9; 270,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Quercetin	Flavonoid	shoot	302,042653	301,0	[301,0] : 178,8; 150,9; 107,1	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Quercetin-3-O-(2"-O-galloyl)-galactoside (2"-O-Galloylhyperoside)	Flavonoid	shoot	616,106434			Braunberger et al. 2015
Quercetin-3-O-β-galactopyranoside (Hyperoside)	Flavonoid	shoot	464,095476	463,1	[463,1] : 300,9; 299,9	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Quercetin-3-O-β-glucopyranoside (Isoquercitrin)	Flavonoid	shoot	464,095476	463,0	[463,0] : 300,9; 300,0	Zehl et al. 2011 et Braunberger et al. 2015
Quercetin-O-benzoylhexoside	Flavonoid	shoot	568,12169			Braunberger et al. 2015
7-Methyljuglone	Naphtoquinone	genus	188,047344			Egan et van der Kooy 2013
Droserone	Naphtoquinone	genus	204,042259			Egan et van der Kooy 2013
Droserone 5-O-glucoside	Naphtoquinone	genus	366			Egan et van der Kooy 2013
Hydroxydroserone	Naphtoquinone	genus	220,037173			Egan et van der Kooy 2013
Hydroxydroserone 5-O-glucoside	Naphtoquinone	genus	382,09			Egan et van der Kooy 2013
Plumbagin	Naphtoquinone	genus	188,047344			Egan et van der Kooy 2013
Ramentone	Naphtoquinone	genus	204,042259			Egan et van der Kooy 2013
Ramentone 5-O-glucoside	Naphtoquinone	genus				Egan et van der Kooy 2013
Rossoliside	Naphtoquinone	genus	352,115818			Egan et van der Kooy 2013

Tableau 1: Recensement d'après la littérature des métabolites retrouvés dans la *Drosera rotundifolia* selon les parties utilisées, avec leur masse moléculaire et la source des données. Données retranscrites par Cécile Abdallah.

a. Flavonoïdes

Selon Jean Bruneton, spécialiste en phytochimie, les flavonoïdes (du latin *flavus* : blond, jaune), sont des molécules ayant pour caractéristique commune un noyau 2-phénylchromane (figure 12)¹⁷⁰.

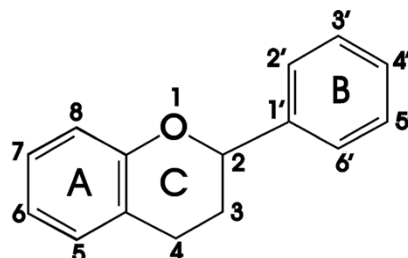


Figure 12 : Structure de base des flavonoïdes

Ils font partie des composés phénoliques pigmentaires hydrosolubles pour la majorité issue de la voie de l'acide shikimique¹⁷⁰. Par leur pouvoir de coloration des fleurs, ils sont ainsi responsables de l'attraction des insectes, favorisant ainsi la pollinisation des plantes. Certaines couleurs se mêlent même au domaine de l'ultraviolet, ce qui les rend invisibles à l'œil nu pour l'être humain mais permet de signaler la présence de nectar aux pollinisateurs. Par ailleurs, les flavonoïdes possèdent également un rôle de protection contre les rayons ultraviolets B.

En thérapeutique, les flavonoïdes sont réputés comme veinotoniques, vasculoprotecteurs et anti-hypertenseur (Dina Maaliki *et al.* 2019)^{170,171}. Cela a été notamment montré car les flavonoïdes modulent la biodisponibilité en monoxyde d'azote (NO) en réduisant le stress oxydatif des cellules endothéliales et l'activités des canaux ioniques vasculaires. Pour rappel, le monoxyde d'azote induit une relaxation des cellules musculaires lisses vasculaires et induit une vasodilatation¹⁷².

Cependant, certaines spécialités pharmaceutiques notamment le médicament Daflon® composé de fractions de flavonoïdes purifiés issus d'agrumes, n'ont pas montré une efficacité thérapeutique suffisante¹⁷⁰. En France, le service médical rendu, dit SMR, pour le Daflon® a été jugé insuffisant en 2006, puis lors de sa réévaluation en 2007¹⁷³.

En revanche, les flavonoïdes possèdent un pouvoir réducteur intéressant, luttant ainsi contre les radicaux libres. Ils pourraient ainsi prévenir les mutations induites par le stress oxydatif et *in fine* diminuer les risques d'apparitions de cancers et de maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer où le *Ginkgo biloba* peut être utilisé^{170,174}. Cela reste cependant à prouver. Les premières études menées sur le cancer du sein n'ont pas donné de résultats suffisants et les études sur le *Ginkgo biloba* et Alzheimer manquent encore (car beaucoup de confusions avec

d'autres pathologies neurologiques selon Ziwei Liao et al. 2020)^{175,176}. Les dernières études s'intéressent dorénavant au *Ginkgo biloba* comme traitement adjuvant à la chimiothérapie, notamment par cisplatine, et donnant des résultats encourageants^{177,178}.

Par ailleurs, les flavonoïdes possèderaient une action d'inhibiteur enzymatique, notamment sur la hyaluronidase, action intéressante en cosmétique pour maintenir le film hydro-lipidique de la peau et également sur la neutrophile elastase enzyme impliquée dans certains processus inflammatoires comme vu précédemment^{160,,179}.

Pour finir, les flavonoïdes agiraient également sur les processus allergiques, seraient hépatoprotecteurs notamment lors de séance de chimiothérapie (Muhamad Sahlan *et al.* 2021) auraient une action spasmolytique (avec la quercétine, lutéoline et apigénine, Rosa Lemmens-Grubert *et al.* 2006), hypocholestérolémiant (Keti Zeka *et al.* 2017), et antibactérienne (en diminuant la croissance des bactéries, Shamsundi *et al.* 2022)^{170,180,181,182,183}. Pour cette dernière indication, les extraits de pépins de pamplemousse sont largement vendus en pharmacie et magasins bio. D'autres allégations de santé leurs sont également rattachés¹⁸⁴.

Les flavonoïdes identifiés dans *la Drosera rotundifolia* sont principalement dérivés du sous-groupe des flavonols possédant une pigmentation jaune. Du point de vue biochimique, les flavonols sont des dérivés de la 3-hydroxyflavone (3-hydroxy-2-phénolchromén-4-one). Les flavonols sont des flavonoïdes ayant un groupement hydroxyle phénolique en C3 et une fonction carbonyle en C4.

Ces molécules auraient des effets intéressants sur la sphère respiratoire en comparaison aux autres dérivés flavonoïdes notamment contre le SRAS-CoV-2, grâce à leur potentiel anti-inflammatoire et inhibiteur enzymatique¹⁸⁵. Par ailleurs, ces molécules possèdent des propriétés antioxydantes reconnues. En revanche, ces propriétés sont à nuancer car certaines de ces molécules présentent un potentiel risque mutagène et pro-oxydant à doses aigües¹⁸⁶.

D'après nos recherches effectuées au BBV, nous avons retrouvé dans *Drosera rotundifolia* une quantité importante de flavonoïdes et notamment de flavonols.

Concernant certaines molécules de la famille des flavonols, nous pouvons citer la myricétine (3,5,7-trihydroxy-2-(3,4,5-trihydroxyphenyl)chromén-4-one), qui, outre ses propriétés supposées antivirales, serait un anti-cancéreux, notamment en réduisant le risque de carcinome en utilisation topique^{187,188}. De plus, la myricétine ne semblerait pas avoir de potentiel mutagène notable d'après le test d'Ames effectué d'après l'étude de Kian C. Ong en 1997¹⁸⁹. Par ailleurs la myricétine, selon l'article scientifique de Song X., Tan L. *et al.* regroupant les plus récentes

recherches concernant cette molécule, serait également immunomodulatrice, anti-inflammatoire, lutterait contre l'athérosclérose, les thromboses, les ischémies cérébrales et le diabète^{190,191,192}. On la retrouverait également comme neuroprotecteur et comme traitement adjuvant des cancers, rejoignant les études effectuées sur le *Ginkgo biloba*, ce dernier en contenant¹⁹³. On en retrouve en très grande quantité chez *Dosera rotundifolia* avec le kampférol¹⁹⁴.

La quercétine (2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxychromen-4-one) est aussi une molécule de la classe des flavonols. Son usage comme anticancéreux sous forme de complément alimentaire par voie orale est depuis quelque temps controversé^{195,196}. La Food and Drug Administration FDA (Agence fédérale américaine alimentaires et médicamenteux) a même rappelé à l'ordre certains fabricants de compléments alimentaires à base de quercétine pour fausse allégation de santé^{197,198,199}. Selon la revue de Marjorie Reyes-Farias et Catalina Carrascop-Pozo de Juillet 2019 résumant les principales études sur les possibles effets anticancéreux de la quercétine, il semblerait que la molécule ait bien un effet inhibiteur sur certaines voies de signalisation promouvant le développement des cancers, mais cela reste pour le moment insuffisant pour établir une véritable efficacité clinique. De plus ces résultats semblent d'autant plus à nuancer que les études sont contradictoires. En effet, l'étude plus récente de Prabhat Singh *et al.* de février 2022 ciblant la toxicité et les expressions géniques dans le foie des souris montre un stress hépatotoxique et des modifications de plusieurs gènes liés à des voies métaboliques pertinentes lors d'administration intra-péritonéale de doses aiguës de quercétine²⁰⁰. L'introduction de leur étude rappelle également que la quercétine est pro-oxydante (Reitjens *et al.* 2005, Silva *et al.* 2002) dû à la production de radicaux oxydants sous forme de peroxyde d'hydrogène. Elle rappelle également que des cancers du reins ont été observés chez des rats (Dunncik et Hailey 1992). En revanche, il n'y a pour le moment pas de lien entre une exposition à la quercétine à la survenue de cancer chez l'Homme.

Par ailleurs, si une exposition aiguë à la quercétine pourrait entraîner des risques de cancers, une supplémentation par de faibles doses en quercétine serait intéressant à utiliser en thérapeutique (Marjorie Feres-Rayas et Catalina Carrasco-Poyo 2019)²⁰¹. Il est important de noter que la prise quotidienne de quercétine peut entraîner des effets indésirables comme des maux de têtes nausées et picotements des extrémités²⁰².

Le kaempferol (3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)chromen-4-one) est un flavonoïde retrouvé dans de nombreux fruits et légumes, notamment les haricots, brocoli, choux, raisin,

agrumes, pommes et dans le thé²⁰³. Ce composé serait une molécule anti-inflammatoire prometteuse et pourrait ainsi traiter de nombreuses maladies chroniques inflammatoires comme les discopathies dégénératives, les pertes osseuses dues à la ménopause, les bronchopathies et les hépatites. Par ailleurs, ses effets seraient multiples en limitant l'inflammation au niveau des parois vasculaires endothéliales, ce qui est intéressant dans les cancers, l'obésité, le diabète et les maladies neurodégénératives²⁰⁴. On en retrouve en très grande quantité chez *Dosera rotdunfolia*²⁰⁵.

b. Naphtoquinones

Les naphtoquinones font partie des quinones, molécules phénoliques issues de la voie de l'acide acétique et caractérisée par un motif 1,4-dicéto-cyclohexa-2,5-diéniq (p-quinone) ou un motif 1,2-dicéto-cyclohexa-3,5-diéniq (o-quinone) (figure 13)¹⁷⁰. Les quinones sont le résultat de l'oxydation des phénols. Ce sont des molécules jaune orangé utilisées dans le monde industriel pour les teintures¹⁷⁰.

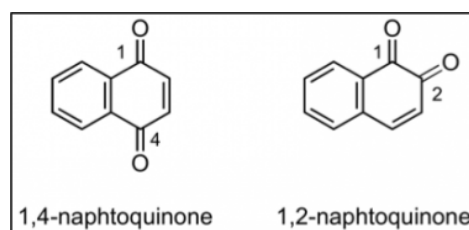


Figure 13 : Structure de base des naphtoquinones

Selon Jean Bruneton dans son ouvrage, les naphtoquinones ne peuvent pas être considérées comme des métabolites secondaires du fait de leur trop grande implication dans la photosynthèse et la respiration cellulaire¹⁷⁰. Elles ont des propriétés antibactériennes et fongicides. Leur présence en quantité importante dans les bois tropicaux confère à ces bois leur qualité imputrescible. Certaines naphtoquinones peuvent également être antivirales et antiprotozoaires. Par ailleurs, les naphtoquinones ont une action laxative stimulante mais irritante, comparable aux anthraquinones dont le Séné (*Senna alexandrina*) qui est largement utilisé en thérapeutique traditionnelle et moderne^{170,206}. On peut notamment le Sollievo®, complément alimentaire du laboratoire Aboca.

Cependant, les naphthoquinones possèdent un pouvoir allergisant certain se manifestant par des réactions cutanées locales sous forme de rougeurs d'œdèmes et de vésicules¹⁷⁰. Les employés travaillant dans les manufactures de bois exotiques sont malheureusement sujets à ces désagréments.

Les espèces de *Drosera* sont des plantes à naphthoquinones reconnues¹⁷⁰. Dans la *Drosera rotundifolia* on retrouve notamment la 7-méthyljuglone, la drosérone ((2)méthyl-3,5-dihydroxy-1,4,-naphthoquinone), le ramentone (2-méthyl-5,8-dihydroxy-1,4-naphthoquinone). Mais aucunes activités biologiques n'ont été reliées à leur présence dans les espèces de *Drosera*.

c. Anthocyanes

Les anthocyanes (du grec *anthos* fleur et *kuanos* bleu) sont des molécules phénoliques pigmentées issues de la voie du shikimate¹⁷⁰. Ce sont des molécules hydrosolubles de coloration rouge, rose, mauve, pourpre, bleue et violette des fleurs et des fruits. Il existe plus de 700 composés différents dans cette famille. Comme les flavonoïdes, leurs couleurs chatoyantes attirent les pollinisateurs. Ces molécules n'auraient pas de rôle de protection connu au contraire des flavonoïdes. Dû à leur absence de toxicité, ces composés forment des colorants alimentaires industriels naturels de choix. En thérapeutique, les anthocyanes possèdent des vertus similaires aux flavonoïdes. Ils sont notamment utilisés comme veinotoniques en diminuant la perméabilité capillaire et en ayant une action anti-œdémateuse²⁰⁷. De plus, les anthocyanes seraient également anti-oxydants en piégeant les radicaux libres. Ils pourraient ainsi être utilisés à l'image des flavonoïdes du *Ginkgo biloba* en prévention de la dégénérescence nerveuse. Par ailleurs, les anthocyanes auraient un effet bénéfique en prévenant le risque d'apparition d'accidents cardiovasculaires²⁰⁸. La revue de Ioana Mozos *et al.* de juin 2021 propose de donner un aperçu des mécanismes impliqués dans l'effet protecteur vasculaire des anthocyanes en tenant compte des données épidémiologiques, de la recherche préclinique *in vitro* et *in vivo*, des études cliniques observationnelles rétrospectives et randomisées et discuter des avantages préventifs des anthocyanes. Selon leurs résultats, les anthocyanes du fait de leur abondance dans notre alimentation présenterait une approche accessible et peu coûteuse pour prévenir l'athérosclérose et les risques cardiovasculaires. Cela serait notamment dû à leur effets anti-inflammatoires en inhibant les enzymes cyclo-oxygénases 1 et 2 (COX-1 et COX-2). Les anthocyanes seraient par ce même mécanisme également anti-thrombotiques (effet anti-agrégant plaquettaire en inhibant COX-1).

Les composés retrouvés dans les *Drosera* sont les cyanidines, les leucocyanidines, leucopelargonidines et perlargonidines d'après la revue de Egan et Van der Kooy en 2013 reprenant des travaux de Jay et Lebreton en 1972²⁰⁹. Cependant, ces composés n'ont pas été étudiés/trouvés depuis chez la *Drosera*.

d. Tanins

Les tanins font comme les flavonoïdes partie des composés phénoliques pigmentaires hydrosolubles issus de la voie de l'acide shikimique¹⁷⁰. Étymologiquement, le mot tanin vient probablement du gaulois *tanno-*, et du breton *-tan*, le chêne²¹⁰. Historiquement, le tan était de la poudre d'écorce de chêne qui servait à rendre la peau des animaux imputrescibles grâce à ses liaisons avec le collagène organique et à fabriquer ainsi le cuir¹⁷⁰⁻²¹¹. Les tanins ont pour aptitudes générales de se combiner avec les biomolécules comme la cellulose, les pectines et les protéines afin de donner des composés extrêmement résistants, notamment à la chaleur, à l'étirement et à l'eau¹⁷⁰. Gustativement, ce sont les tanins que l'on sent comme une sensation d'astringence, de rugosité lorsque l'on boit du vin ou du thé, car ils se complexent avec les glycoprotéines contenues dans la salive. Physiologiquement, les tanins présents à hauteur de 5 à 10% dans les feuilles des végétaux servent à les défendre contre les herbivores grâce à leur pouvoir toxique et répulsif²¹². Ils sont également connus pour leurs puissantes propriétés antimicrobienne²¹³.

Les tanins sont répartis en quatre classes suivant leurs structures chimiques : les gallotanins, les ellagitanins, les tanins complexes et les tanins condensés (figure 15). La *Drosera rotundifolia* contient donc l'acide ellagique (gallotanin) et du 2''-O-galloylhyperoside (ellagitanin) (Zehl et al. 2011) (figure 14).

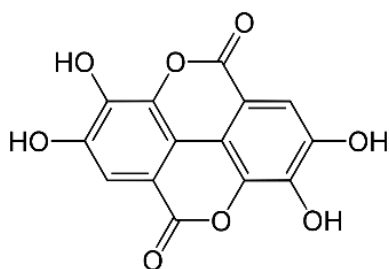


Figure 15 : Structure moléculaire de l'acide ellagique

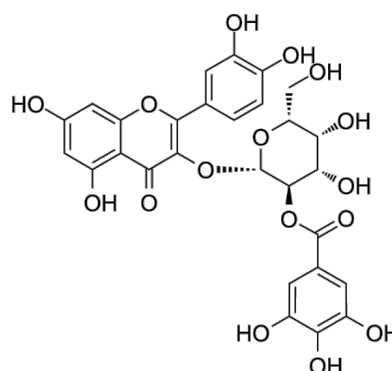


Figure 14 : Structure moléculaire du 2''-O-galloylhyperoside (ellagitanin)

L'acide ellagique aurait des propriétés antioxydantes certaines ainsi que d'autres facultés intéressantes, notamment dans le métabolisme lipidique en diminuant leur accumulation et la taille des adipocytes (Meshail Okla *et al.* 2015)-²¹⁴. Cela a été montré premièrement chez des souris où une diminution de l'accumulation des lipides a été observée lorsqu'elles étaient supplémentées en poudre de raisin muscadine. Puis, les composés de ces raisins ont été étudiés sur les cellules souches adipogènes humaines. Les chercheurs ont ainsi identifié l'acide ellagique comme un puissant régulateur négatif de l'adipogénèse en agissant directement sur les cellules souches adipogènes. L'acide ellagique serait également anti-inflammatoire et neuroprotecteur²¹⁵. Il est retrouvé dans de nombreuses études ciblant la *Drosera rotundifolia*, suggérant qu'il pourrait être présent en grande quantité, ce qu'il reste à vérifier.²¹⁶

D'après nos expériences, les tanins ellagiques, respectivement l'acide ellagique, l'acide dimethylellagique, le methylellagique acid et le dimethylellagic acid glucoside ont été retrouvés en grande proportion dans tous les échantillons de *Drosera rotundifolia*, et à des concentrations plus importantes dans les parties aériennes cultivées en pot sous serre et dans les échantillons issus du droguier.

L'acide ellagique contenue dans *Drosera binata* aurait une activité antibiotique contre les Staphylocoques Résistants à la Méthicilline (SARM) dans les surinfections bactériennes chez les grands brûlés avec la plombagine, non retrouvée chez *Drosera rotundifolia*²¹⁷. Cela sera détaillé dans le paragraphe sur les recherches actuelles ci-dessous.

Par extension, l'acide ellagique pourrait ainsi être une des molécules prometteuses de *D. rotundifolia* pour lutter contre des infections bactériennes résistantes.

1. Recherches actuelles

a. Activités antispasmodiques et anti-inflammatoires

Les recherches actuelles ont été majoritairement portées sur les activités antispasmodiques et anti-inflammatoires de la *Drosera rotundifolia*, notamment pour s'intéresser aux usages traditionnels utilisés pour la sphère pulmonaire.

En 2004, L. Krenn, G. Beyer, HH. Pertz *et al.* ont montré l'activité antispasmodique et anti-inflammatoire des métabolites de la *Drosera rotundifolia*²¹⁸. L'activité anti-inflammatoire a été mesurée par inhibition de la neutrophile élastase provenant de leucocytes humains, enzyme impliquée dans l'inflammation. Cette enzyme provoque des désordres protéolytiques, et perturbe les jonctions serrées des tissus épithéliaux. Il a été ainsi montré que les flavonoïdes contribuent à l'inhibition de l'activité de la neutrophile élastase. Cela pourrait expliquer un possible effet anti-inflammatoire de la *Drosera rotundifolia* en diminuant les dommages induit par cette enzyme²¹⁹. Dans un second temps, l'activité antispasmodique a été mesurée grâce à l'activité des récepteurs muscariniques M3 sur des cellules iléales de cochons d'Inde. En présence de différentes concentrations d'extrait éthanoliques de *Drosera rotundifolia*, la réponse cholinergique a été partiellement puis majoritairement abolie (avec l'extrait à 1mg/mL). Cela pourrait donc expliquer l'un des effets thérapeutiques de cette plante sur la sphère pulmonaire, et notamment vis à vis les maladies pulmonaires obstructives telles que la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), où des médicaments à antagonistes cholinergiques existent déjà en première ligne de traitement de cette affection²²⁰.

En 2009, Fukushima K. Nagai K. Hoshi Y. *et al.* se sont notamment penchés sur l'effet anti-inflammatoire des *Drosera rotundifolia*, *Drosera tokaiensis* et *Drosera spatulata* sur des mastocytes humains²²¹. Le but de cette étude était d'étudier l'expression génique des complexes majeurs d'histocompatibilité de type 1 (CMH-1) lors de l'activation de la réponse adaptative de type T par les lymphocytes. Il a été ainsi montré que les fractions éthanoliques de *Drosera rotundifolia* et *Drosera tokaiensis* supprimaient le changement de conformation du CMH-1 par les lymphocytes T activés et, par conséquent, la réponse inflammatoire²²². Ces deux articles mettent en avant les flavonoïdes contenus dans les extraits comme responsables des effets observés.

De plus, l'étude récente de 2022 menée par A. Hake, F. Begrow, V. Spiegler *et al.* montre quant à elle un effet antispasmodique sur les cellules musculaires lisses trachéales (ASM) et sur la fréquence de battement des cellules ciliaires (CBF) de la *Drosera rotundifolia* sur les cellules

de trachées de souris²²³. La *Drosera rotundifolia* induit une augmentation de cette fréquence, ainsi qu'un relâchement des fibres musculaires lisses de la paroi trachéale. Cela permettrait ainsi d'augmenter la fréquence d'expulsion du mucus produit. Les molécules responsables de cet effet seraient la quercétine, l'hyperoside et le 2''-O-galloylhyperoside qui sont des flavonols, présents dans les extraits aqueux de la plante. Ces composés ont en effet montré une diminution de l'activité des phosphodiesterases 1 et 4, induisant ainsi un effet antispasmodique en inhibant les contractions trachéales provoquées par l'acétylcholine.

Par ailleurs, les effets curatifs sur la sphère pulmonaire de la *Drosera rotundifolia* pourrait également s'expliquer par une réparation accrue des cellules épithéliales altérées²²⁴. Dans l'étude de Fabio Arruda-Silva, Paolo Bellavite et Marta Mrzotto de 2021, en stimulant l'expression génique des cellules humaines 16HBE présentes au niveau de la paroi bronchique, la *Drosera rotundifolia* induirait une production accrue de facteurs de croissances impliqués dans la détoxification des cytokines pro-inflammatoires et xénobiotiques et, ainsi, favoriserait la réparation de l'épithélium bronchique. De plus, selon ces mêmes recherches, la *Drosera rotundifolia* peut également stimuler d'autres gènes impliqués potentiellement dans les différentes couches des cellules bronchiques.

b. Activité antimicrobienne de *Drosera rotundifolia*

Selon Dominika Kacaniova et Miroslava, la *Drosera rotundifolia* possèderait des propriétés antimicrobiennes sur les bactéries Gram négatif et Gram positif²²⁵. Je n'ai pas trouvé d'autres études à ce sujet. En effet, un article relatant des propriétés de certaines plantes communes dans l'hémisphère nord a relaté des effets antifongiques des *Drosera rotundifolia*²²⁶. En revanche en allant sur la source citée dans l'article, je me suis rendue compte que l'auteure avait confondu *Drosera peltata* avec *Drosera rotundifolia*²²⁷. Or, *D. peltata* contient de la plombagine alors que *Drosera rotundifolia* en est exempt. Aucun effet possible lié à cette molécule ne peut donc être cité.

c. Comparaison thérapeutique des espèces de *Drosera*

Plusieurs espèces de *Drosera* sont utilisées en thérapeutique, notamment : *Drosera. anglica*, *D. longifolia*, *D. madagascariensis*, *D. peltata*, *D. ramentacea*, *D. rotundifolia*. Comme vu précédemment, il n'est pas nécessaire de préciser l'espèce de *Drosera* présente dans les préparations homéopathiques. Dû à la disparition de la *Drosera rotundifolia* traditionnellement utilisée, on retrouve dorénavant majoritairement la *Drosera madagascariensis* en thérapeutique, espèce non native d'Europe et principalement retrouvée en Afrique à Madagascar^{228,229}. Cette espèce est la plus importée sur le continent européen et fait l'objet d'une surexploitation très problématique dans son habitat.

L'utilisation de la *Drosera madagascariensis* est également problématique car elle ne posséderait pas les mêmes effets escomptés que la *Drosera rotundifolia*, notamment ses effets antispasmodiques et anti-inflammatoire. La chercheuse phytochimiste Liselotte Krenn de l'Université de Vienne a notamment participé à plusieurs études reconnues comparant les activités des métabolites secondaires des *Drosera rotundifolia* et *D. madagascariensis*.

Dans l'étude de 2001 où la chercheuse a participé en collaboration avec le Dr. M.F Melzig et H.H Pertz, l'équipe n'a pas montré de différence entre l'utilisation d'extrait éthanolique de *Drosera rotundifolia* par rapport à l'utilisation d'extrait éthanolique de *Drosera madagascariensis*²³⁰. Les chercheurs avaient notamment mesuré le taux d'inhibition de l'enzyme neutrophile élastase humaine en fonction de la concentration en extrait éthanolique utilisé. À des concentrations de 9,4 µg/mL, l'extrait de *Drosera madagascariensis* a inhibé de 50% l'activité de l'enzyme. Les flavonoïdes présents dans l'extrait sont responsables des effets anti-inflammatoires observés (quercétine, hyperoside et isoquercitrine). M.F Melzing, HH Pertz et L. Krenn ont également mesuré l'activité spasmolytique des solutions de *Drosera* sur des iléons de cochons d'Inde à travers les récepteurs cholinergiques M3 et histaminergiques H1. Les deux extraits éthanoliques de *Drosera madagascariensis* et de *Drosera rotundifolia* ont montré également une activité spasmolytique intéressante. En revanche, leur troisième axe de recherche s'appuyait sur l'activité contractile des récepteurs prostanoïdes trachéales mais n'a pas montré de résultats concluants. Pour conclure dans leur article de 2001, l'équipe confirme l'activité spasmolytique et anti-inflammatoire de *Drosera madagascariensis* et de *Drosera rotundifolia*, sans distinction d'efficacité. Les flavonoïdes sont responsables des effets observés et le rôle des naphtoquinones, également présentes dans les extraits, a été écarté en raison de leur faible concentration.

Dans la conclusion de son article de 2004 ciblant les effets antispasmodiques et anti-inflammatoire de la *Drosera rotundifolia*, la chercheuse Liselotte Krenn accompagnée de G. Beyer, HH. Karall *et al.* a comparé les extraits éthanoliques de *Drosera rotundifolia* et *Drosera madagascariensis*, en écho à leur article de 2001. Il faudrait une concentration moins importante d'extrait de *D. rotundifolia* que de *D. madagascariensis* pour provoquer une réponse contractile dans les iléums de cochons d'Inde.²³¹ Par ailleurs, les extraits éthanoliques de la *Drosera rotundifolia* ont montré un effet décuplé par rapport aux extraits aqueux (aux concentrations de 0,1mg/mL à 0,5 mg/mL).²³²

Par la suite, une équipe de recherche dont faisait encore partie la chercheuse Liselotte Krenn a comparé les effets anti-inflammatoires entre les deux espèces de *Drosera rotundifolia* et *D. madagascariensis* en 2005. Il s'est de nouveau révélé que les extraits de *Drosera rotundifolia* étaient plus efficaces pour réduire l'inflammation que ceux de *D. madagascariensis*.²³³

D'autres espèces de *Drosera* ont également fait l'objet d'étude sur leur potentiel antimicrobien. C'est notamment le cas de la *Drosera intermedia* qui a montré une puissante activité antibactérienne Gram positive sur *Staphylococcus epidermidis*.²³⁴ La plante semble cependant moins sensible aux bactéries Gram négative (*Cronobacter sakazakii*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*). Ces observations rejoignent les études effectuées pour la *Drosera rotundifolia* et proposent une explication à ces phénomènes. Les bactéries Gram positives ayant une perméabilité plus importante due aux peptoglycanes de parois, elles seraient plus sujettes aux déstabilisations de parois que les bactéries Gram négatives composées de phospholipides. Par ailleurs, les *Drosera* possèderaient des propriétés antiseptiques sur les bactéries de la sphère orale, où l'activité antimicrobienne de la *Drosera peltata* a été testée. Les chercheurs ont notamment montré une inhibition de la croissance bactérienne de plusieurs espèces de *Streptococcus* et de *Prevotella* en présence d'extrait aérien de la plante. Le composé mis en exergue serait la plumbagine, une naphtoquinone, qui servirait ainsi à prévenir et traiter certaines infections buccales.

Des extraits de *Drosera binata* seraient même une alternative de choix à un traitement antibiotique contre les Staphylocoques Résistants à la Méthicilline (SARM) dans les surinfections bactériennes chez les grands brûlés.²³⁵ Une synergie d'action avec des nanoparticules d'argent a même été observée. Cet effet serait dû à l'interaction avec la plumbagine, déjà suspectée pour ses effets antibactériens, et d'autres métabolites secondaires qu'il reste à identifier avec certitude. D'une part l'acide ellagique en serait le chef de file avec ses dérivés méthylés, et d'autre part la 3-chloroplumbagine qui améliorerait les effets

antibactériens de ces molécules. En revanche, la plumbagine n'a pas été retrouvé chez *Drosera rotundifolia*.

V. Analyses biochimiques effectuées au laboratoire Biomolécules et Biotechnologies Végétales de l'Université de Tours

1. Objectifs

L'objectif de cette recherche menée au sein du laboratoire Biomolécules et Biotechnologies Végétales (BBV) de l'Université de Tours est d'étudier la composition phytochimique des feuilles et des racines de *Drosera rotundifolia* en fonction de leur provenance. Cette plante fait partie des espèces d'intérêt cosmétique sélectionnées dans le cadre du projet régional INNOCOSM (ARD Cosmétosciences) dont le but est de développer des nouveaux modes de production de phytoactifs à visée cosmétique. La *Drosera rotundifolia* étant classée dans la liste des espèces locales menacées, l'objectif est d'évaluer la production des métabolites d'intérêt par des systèmes de production biotechnologiques, c'est-à-dire des cultures *in vitro* en fioles puis en bioréacteur. Cela permettrait *in fine* de proposer une source d'approvisionnement durable dont les conditions de production sont contrôlées. Pour cela, il fallait identifier les molécules d'intérêts présentes dans les différentes plantes de *Drosera rotundifolia*, puis de les quantifier afin d'observer les possibles variations de concentrations en métabolites d'intérêt selon le mode de culture. Différents spécimens issus de milieux naturels ou de cultures *in vitro* ont été analysés. Des spécimens issus de Droguiers et d'herbiers ont été également analysés. Le protocole expérimental a été conçu durant l'été 2022 par le Docteur Arnaud Lanoue et Mme Cécile Abdallah, ingénieur d'études en analyse phytochimique. Les expériences ont été menées en juillet et août par Mme Abdallah, sous la direction de Dr. Lanoue puis de septembre à décembre par Mme. Abdallah et moi-même, toujours sous la direction de Dr. Lanoue.

a. Le matériel végétal

Dix spécimens différents de *Drosera rotundifolia* ont été utilisés pour mener les expériences afin d'avoir le maximum de molécules identifiées et pour comparer les résultats obtenus en fonction de la provenance de la plante et de la partie de la plante utilisée (racines et parties aériennes).

Malheureusement, les plantes étant très petites, l'échantillonnage fut difficile et seuls huit plants furent utilisés pour les analyses. La quantification demandant encore plus de matière organique, seulement 7 plants furent utilisés, parfois en mélange.

Le premier plant (1) provient de la **tourbière artificielle** créée par Dominique Tessier dans son conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin (37223). C'est ce plant qui devait servir originellement de référence dans l'analyse de l'ensemble des échantillons. Cependant, la très faible quantité des échantillons n'a pas permis de l'utiliser pour les analyses quantitatives. Son nom dans les analyses est : **tourbière** (figures 16,17,18).

Le deuxième plant (2) provient d'un **spécimen de culture en pot** de la boutique nommée les Dents de la Terre située à Saint-Sébastien-sur-Loire (44230) acheté en mai 2022. Son nom dans les analyses est : **Web** car il a été commandé à partir du site internet.

Les troisième, quatrième et cinquième plants (3,4,5) proviennent également de **spécimens de culture en pot** de la boutique nommée les Dents de la Terre située à Saint-Sébastien-sur-Loire (44230) acheté en septembre 2022 par le laboratoire BBV. Dans les analyses, leur nom est **WEB 1,2,3**. Ils ont été utilisés en mélange dans une des analyses, où ils sont notés **1+2+3**.

Le sixième plant (6) est issu de la **culture *in vitro*** qui a été initié à partir d'un **plant provenant de la Tourbière des Landes** à Ménétréol-sur-Sauldre (18147) et conservé au laboratoire BBV. Son nom dans les analyses est : **BBV ou seulement shoots/roots in vitro** car les parties aériennes et racinaires ont été distinguées.

Deux plants sept et huit (7),(8) également issus de la **culture *in vitro*** d'un plant provenant de la Tourbière des Landes à Ménétréol-sur-Sauldre (18147), mais conservé au **laboratoire LBLGC** (Laboratoire de Biologie des Ligneux et des Grandes Cultures) de Chartres. Les deux plants proviennent de milieux gélosés cultivés à **pH : 5,7 et pH : 4,5**, soumis à une exposition lumineuse différente :

- (7) : lumière blanche pH 4,5
- (8) : lumière blanche pH 5,7

D'autres plans issus du laboratoire LBLGC de Chartres furent également envoyés au BBV de Tours, à pH 4,5 et à lumières rouges, vertes et bleus. Ils n'ont pas été choisis pour effectuer les

expériences car il n'y avait pas de différences majeures dans la composition moléculaire malgré les différents pH et lumières testés.

Le neuvième échantillon (9) combine les feuilles de *Drosera rotundifolia* prélevées dans **l'herbier du Vicomte Villiers du Terrage (1811) et de l'herbier Barnsby (1871)**. Son nom dans les analyses est : **herbier**.

Le dixième plant (10) est issu du **droguier** de la faculté de Pharmacie de Tours situé dans le laboratoire de Pharmacognosie. Aucune date de l'échantillon n'était mentionnée au moment du prélèvement. Son nom dans les analyses est : **droguier**.

Concernant plus précisément le premier plant (1), il est issu d'une *Drosera rotundifolia* prélevée lors de mon entretien botanique avec Monsieur Dominique Tessier. C'est un spécimen semi-sauvage, ayant poussé spontanément dans la tourbière artificielle de Monsieur Tessier.



Figure 16 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022



Figure 17 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022

Les spécimens issus du milieu naturel (1) étaient pigmentés rouges que les autres spécimens en pot et *in vitro* dû à l'ensoleillement beaucoup plus intense en milieu extérieur. Il est connu que

la lumière induit l'accumulation des anthocyanins. Des hampes florales et quelques graines étaient également présents.

Le prélèvement pour la culture en pot (2) eut lieu le 16 juin 2022. Les plants ont été ensuite repotés avec de la tourbière blonde et quelques sphaignes issus également de la tourbière le lendemain. Les plants ont ensuite été apportés dans la serre du laboratoire BBV en attendant leur prélèvement. Le passeport phytosanitaire n'était pas requis dans ce cas présent car il s'agissait d'un don du propriétaire sur son terrain privé (figures 16,17,18).

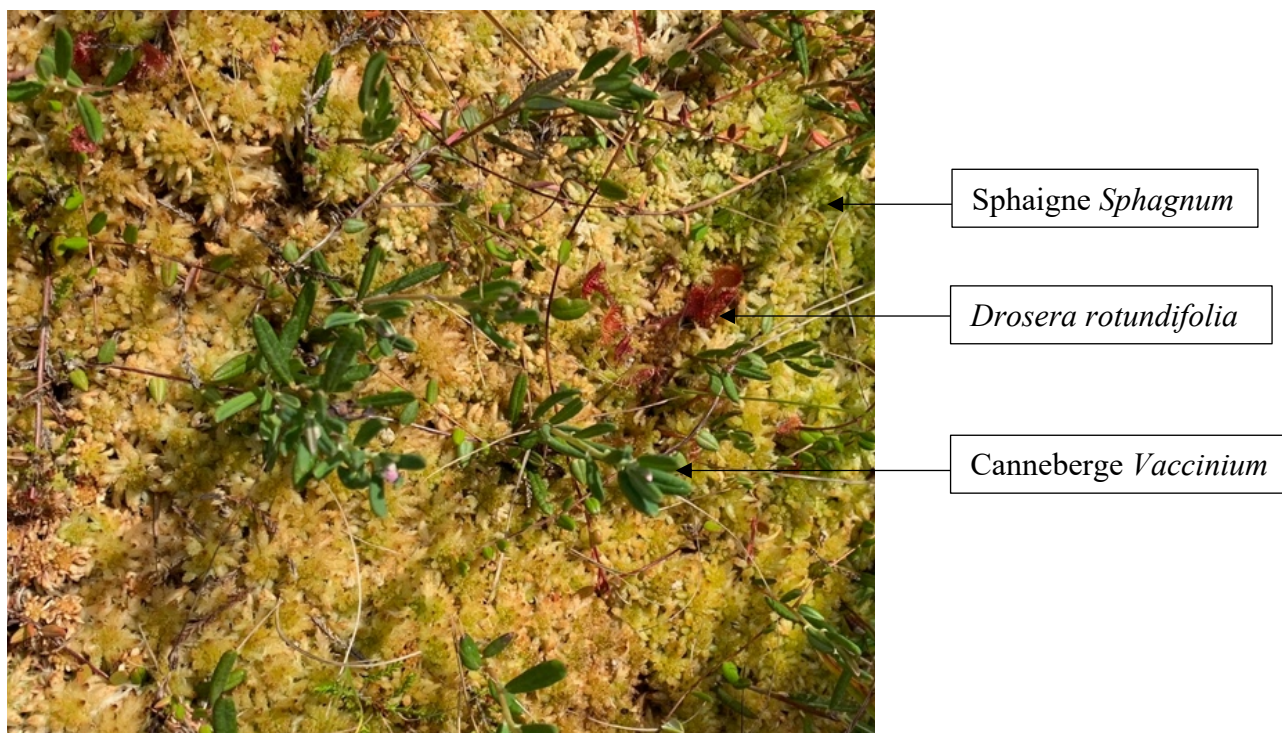


Figure 18 : Photo prise par Salomé Fruchard de la tourbière artificielle du Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin le 16 juin 2022

Le deuxième plant (2) issu du site internet des *Dents de la Terre*, ayant poussé en serre en pot (figures 19 et 20) a été livré à domicile dans un pot de 2 litres avec un substrat composé de



Figure 19 : Photo prise par Madame Monique Nallet de la *Drosera rotundifolia* provenant des *Dents de la Terre*



Figure 20 : Photo prise par Madame Monique Nallet de la *Drosera rotundifolia* de culture (2) après repotage

tourbe blonde à 30% de perlite. Je l'ai ensuite repoté dans un pot adéquat de 3 litres avec le même substrat. La *Drosera rotundifolia* de culture fut mise en plein soleil à l'extérieur avec un arrosage régulier par capillarité avec de l'eau distillée. Cette eau a été choisie car elle est exempte de minéraux pouvant alcaliniser le terreau et ainsi nuire à la survie de la plante. Le procédé de capillarité permet à la plante d'être toujours maintenu dans un environnement très humide. La *Drosera* des *Dents de la Terre* a ensuite été transférée dans la serre du laboratoire BBV en attendant son prélèvement pour analyse. La *Drosera rotundifolia* étant une plante protégée, la vente de cette plante doit être accompagnée d'un passeport phytosanitaire visible en figure 11.

b. Lyophilisation, broyage, extraction

Pour effectuer les analyses, les plants frais de *Drosera rotundifolia* ont été plongés dans l'azote liquide pour bloquer le métabolisme, puis lyophilisés durant le mois de juillet et septembre 2022 pour sécher les échantillons sans dégrader les métabolites.

Une fois la lyophilisation effectuée, un broyage fin à l'aide d'un mortier et d'un pilon fut réalisé. Pour nous aider dans cette tâche, un ajout d'azote liquide a été nécessaire dans certains échantillons. Les extraits secs de *Drosera rotundifolia* obtenus avaient un poids compris entre 2 mg et 15 mg de matière sèche.

L'extraction des molécules s'est effectuée à l'aide de 300 μ L de méthanol MeOH. Pour favoriser l'extraction des molécules, une ultrasonication de trente minutes a été effectuée pour chacun des tubes, suivie d'une centrifugation à 18000G à deux reprises pendant cinq minutes, en prélevant à chaque fois le surnageant d'intérêt exempt de particules solides. Les échantillons ont été ensuite stockés à -20°C en attendant leur séparation par chromatographie.

Pour finir, 20 μ L de chacun des échantillons de *Drosera rotundifolia* ont été ajoutés avec 80 μ L (dilution 1/5) de mélange d'eau et d'acétonitrile acidifiés à 0.1% avec de l'acide formique (en proportion 95/5), qui est le mélange de solvants d'élution de l'analyse par chromatographie liquide d'ultra performance (UPLC).

c. Séparation par Chromatographie Liquide d'Ultra haute Performance couplée à la masse moléculaire par Spectrométrie de Masse (UPLC-MS)

La séparation des molécules s'est effectuée par chromatographie liquide ultra haute performance en phase inverse, avec un mélange de solvant eau et acétonitrile acidifiés dont les proportions évoluent au cours de l'analyse (mode gradient). La chromatographie liquide en phase inverse permet la séparation de molécules en solution afin de permettre de les identifier et de les quantifier par spectrométrie de masse. La colonne choisie était l'Acquity UPLC HSS T3 de 1,8 μ m, 2,1x250mm (Waters), le débit de travail a été fixé à 0,4mL/min, la température de la colonne est de 55°C.

Les extraits de *Drosera rotundifolia* sont élués en présence d'un solvant polaire, qui est un mélange d'eau et d'acétonitrile acidifiés à 0.1% avec de l'acide formique en proportion 95/5 au moment de l'injection, et constitue la phase mobile liquide hydrophile. La phase stationnaire est apolaire et hydrophobe constituée par la colonne chromatographique est composée de particules de silices greffées de chaînes alkyles apolaires, elle a pour rôle de retenir par affinité les molécules les plus apolaires²³⁶.

Un gradient de concentration en acétonitrile de plus en plus intense a été choisi afin d'obtenir une gamme de molécules séparées la plus large possible. Le gradient sélectionné a été : 2% - 60% pendant 18 minutes. L'acétonitrile étant moins polaire que l'eau, les molécules polaires sont éluées en premier suivies par les molécules de polarité décroissante. Durant cette opération,

des spectres d'absorption dans l'ultraviolet ont été enregistrés grâce au détecteur à barrette de diodes placé entre l'UPLC et le détecteur de masse.

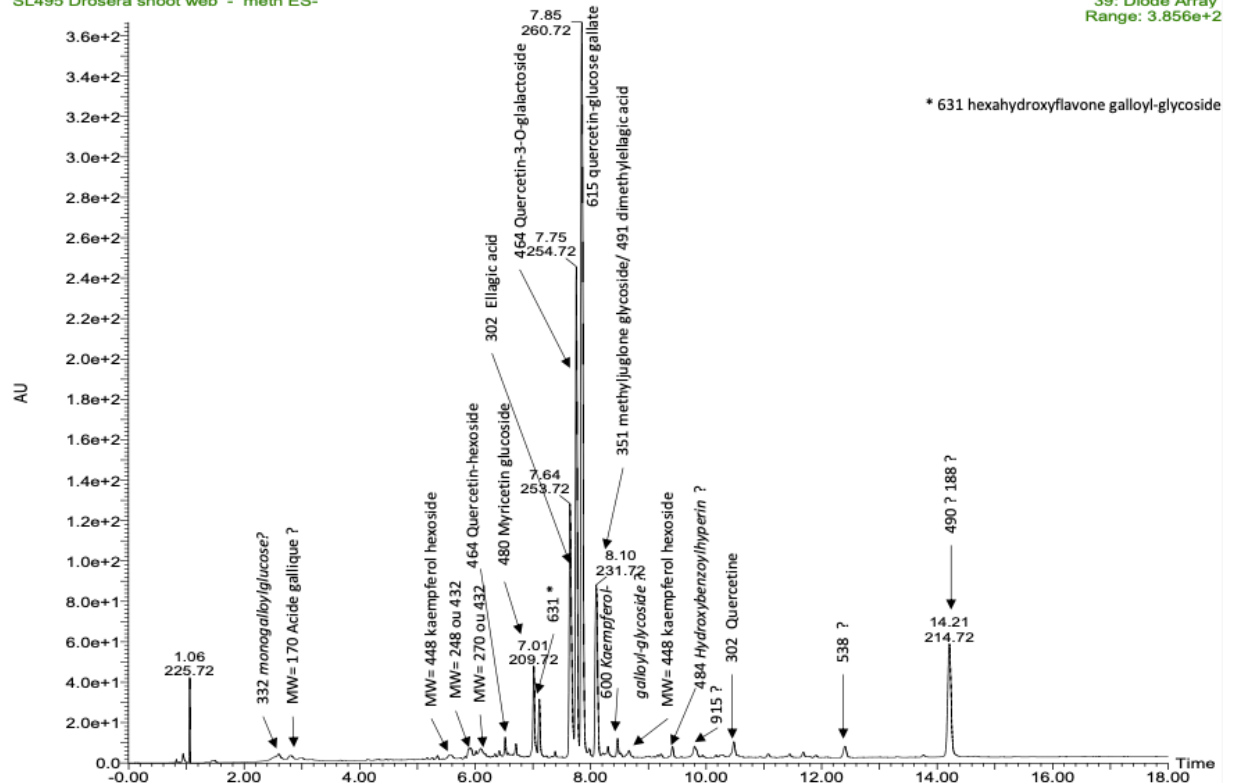
Afin de préciser l'identification des molécules, les molécules éluées passent directement en spectrométrie de masse par une interface de type électrospray (*Electrospray ionization* E.S.I) avec un mode d'ionisation alternativement positif (ES^+) et négatif (ES^-). L'électrospray consiste en la désolvatation d'ions générés sous l'influence d'un champ électrique intense appliqué à la surface d'un liquide.

Les chromatogrammes obtenus en détection ultraviolet et les différents spectres de masse obtenus nous ont permis d'associer un poids moléculaire à chacun des pics observés et d'effectuer une comparaison avec les données de la littérature. Ensuite, l'identification présumée de certaines molécules a été vérifiée par injection de molécules standards pures présentes au laboratoire. Pour les composés restants n'ayant pas pu être identifiés, un spectre de fragmentation MS/MS a permis d'observer les profils de fragmentation. Ce type d'analyse a pour but de fragmenter les ions molécules présents pour donner des ions fils caractéristiques des molécules à identifier²³⁷ et ainsi permettre d'avoir plus d'informations sur la structure moléculaire des composés inconnus (figures 21, 22 et 23).

Profil métabolique: échantillon shoot web

Drosera shoots web - gradient 60% - Dilution 1/5
SL495 Drosera shoot web - meth ES-

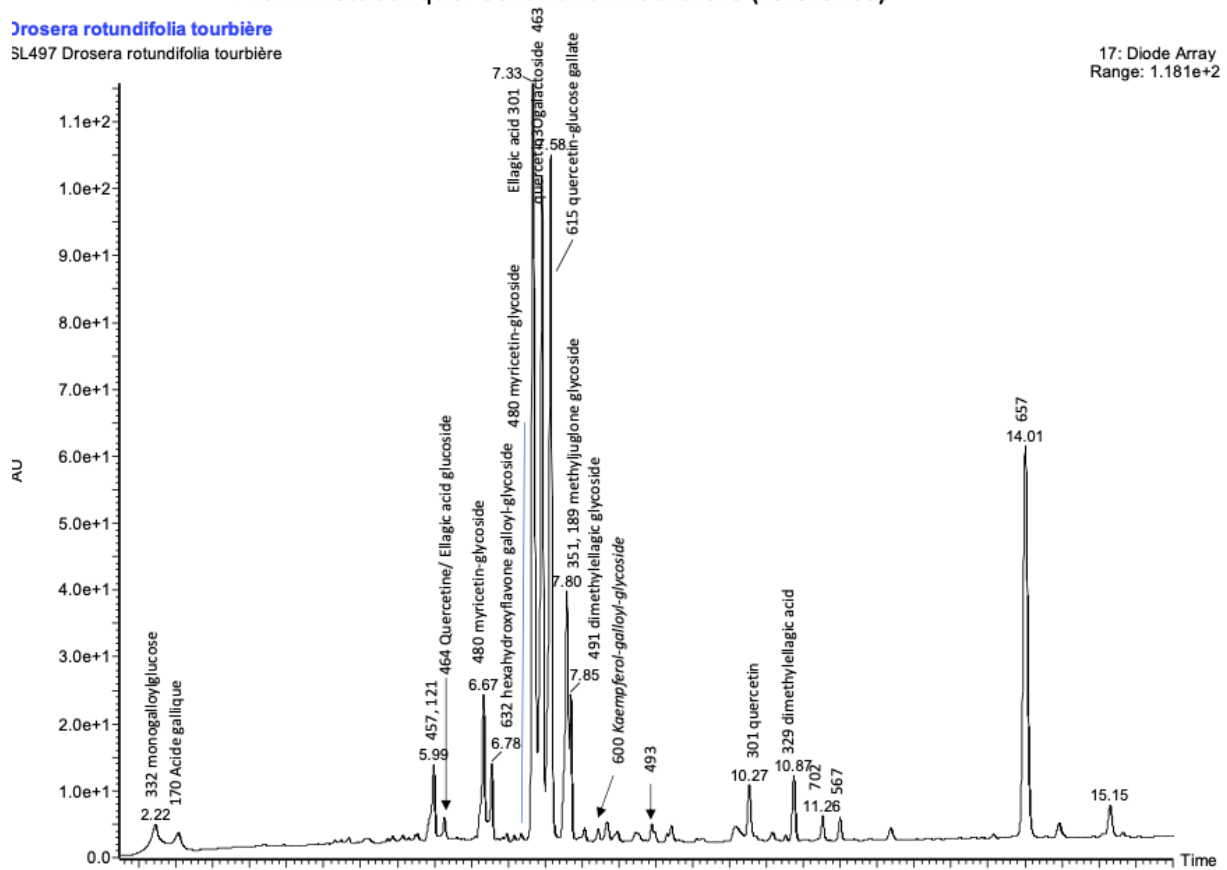
39: Diode Array
Range: 3.856e+2



Profil métabolique: échantillon Tourbière (référence)

Drosera rotundifolia tourbière
SL497 Drosera rotundifolia tourbière

17: Diode Array
Range: 1.181e+2



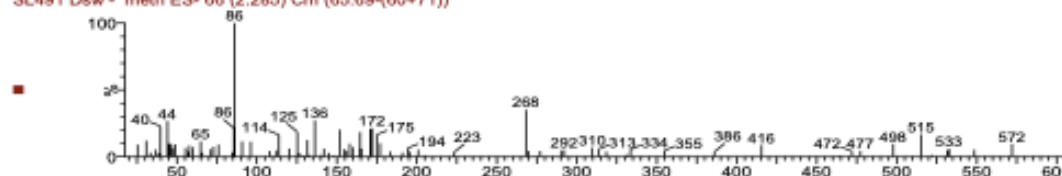
—Figure 21 : Profils métaboliques obtenus en chromatographie liquide haute performance par Cécile Abdallah des échantillons 1 et 2

Peak	RT (min)	Compound assignment	m/z calculated	Compound class	Molecular ion adducts ES ⁺	in source fragment/adduct ES ⁺
1	2,26 min	Monogalloyl glucose	332			268, 171
2	2,50 min	Acide gallique	170			171
3	5,22 min	Kaempferol hex	448		449	287
4	5,57 min	Apigenin 6-C-gl	432		433 (249)	
5	5,77 min	Apigenin 6-C-gl	432		433	271
6	6,25 min	Quercetine hex	464		465	303
7	6,72 min	Myricetin gluc	480		481	319?
8	6,84 min	hexahydroxyfla	632		633	315
9	7,03 min					191
10	7,40 min	Ellagic acid	302		303/304?	303/304?
11	7,50 min	Quercetin-3-O-	464		465	303
12	7,62 min	Quercetin-gluc	616		617	315
13	7,8 min	Methyljuglone	352		191 ? 353 ?	191 ?
14	8,01 min	Kaempferol hex	448		449	287
15	8,25 min	Kaempferol-gal	600		601	
16	9,25 min		584		585	283
17	9,80 min		916		917	
18	10,29 min	Quercetin	302		303	
19	12,20 min	538			377	191
20	14,09min		188		189/190 ?	

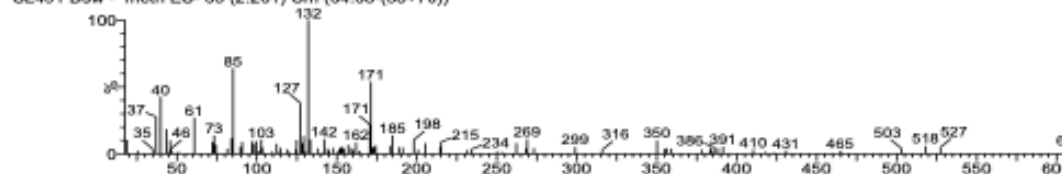
Peak 1

Drosera shoots web - gradient 60% - Dilution 1/5

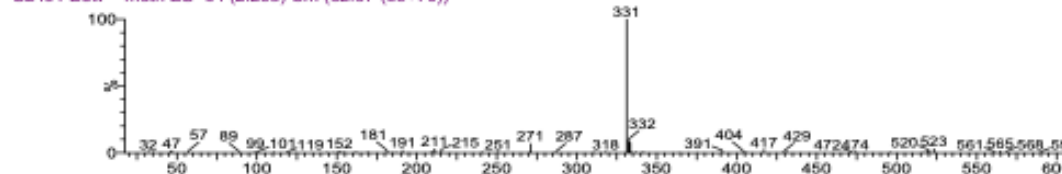
SL491 Dsw - meth ES- 66 (2.285) Cm (65:69-(60+71))



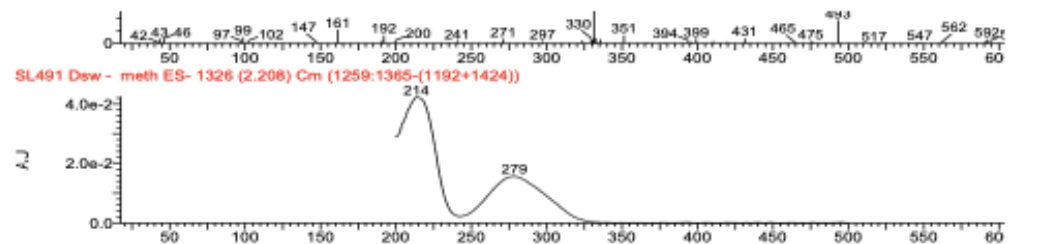
SL491 Dsw - meth ES- 65 (2.261) Cm (64:68-(58+70))



SL491 Dsw - meth ES- 64 (2.258) Cm (62:67-(55+70))



SL491 Dsw - meth ES- 65 (2.274) Cm (63:67-(58+70))



Peak 2

Figure 22 : Profils métaboliques obtenu par Cécile Abdallah de l'échantillon 2 (Dents de la terre) en spectrométrie de masse, le dernier profil correspond au spectre UV à la sortie de la CLHP

MS2 ES- m/z 301 RT=7.34 min
Ellagic acid

Ellagic acid (301)

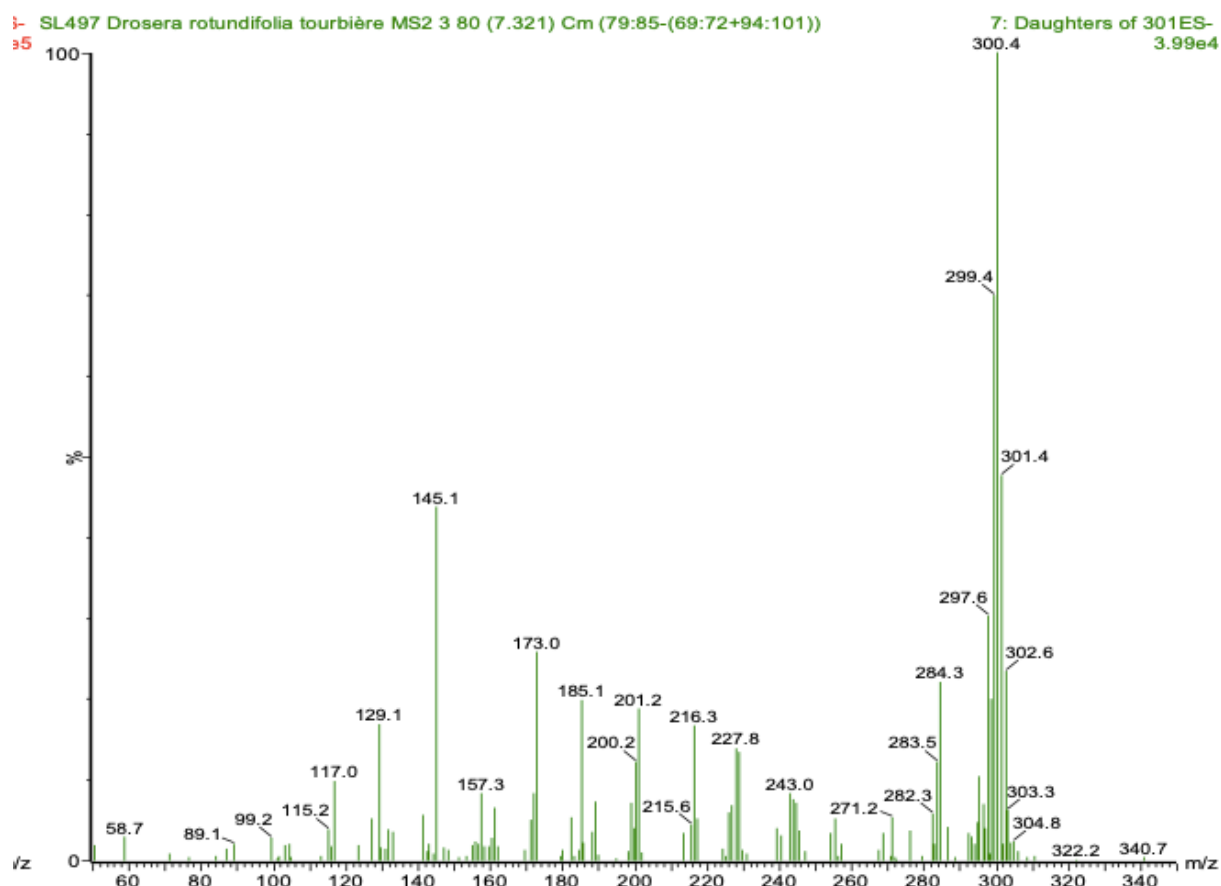
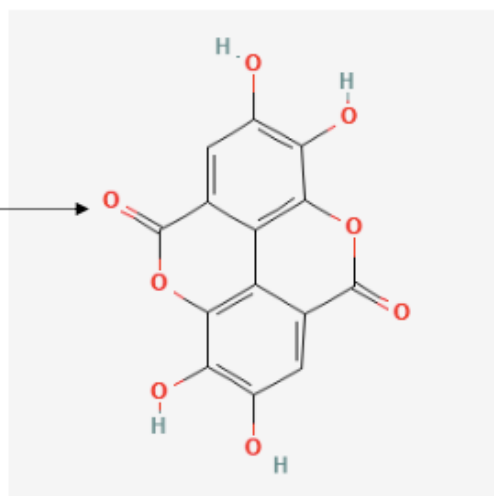


Figure 23 : Acide ellagique repéré dans la *Drosera rotundifolia* de la tourbière de M. Dominique Tessier (1)

d. Quantification

Afin d'avoir une notion de la concentration en métabolites secondaires trouvés dans les différents spécimens de *Drosera rotundifolia*, une quantification relative par spectrométrie de masse fut effectuée avec constitution d'une gamme d'étalonnage à l'aide des standards moléculaires présents au laboratoire : l'acide gallique, la myricétine glycoside, la quercétine 3-*O*-galactoside, la quercétine, le tryptophane, l'épigallocatechine 3-*O*-gallate, l'acide *p*-coumarique et la myricétine. Les dilutions se sont effectuées à 0.1, 1, 2, 5, 10, 20 ppm.

2. Résultats

a. Molécules identifiées par la spectrométrie de masse

Grâce aux temps de rétentions obtenus, aux masses moléculaires calculées par la spectrométrie de masse en mode ES+/ES-, et à l'ajout de molécules de références présentes au laboratoire pour comparer les masses moléculaires et spectres UV pour chaque molécule, nous avons pu obtenir le tableau récapitulatif suivant (tableau 2). L'occurrence de chaque molécule dans chaque plant de *Drosera rotundifolia* est présenté dans la 5^e colonne appelée « présence échantillon ». À noter que seules les molécules dont nous possédions les standards ont été identifiées formellement, elles sont notées en gras.

L'acide gallique, l'acide ellagique, la myricétine glucoside, la quercétine-3-*O*-galactoside, la quercétine, sont présents dans tous les échantillons. L'acide dimethylellagique est retrouvé partout sauf dans le premier échantillon en pot issu des Dents de la Terre (2). La méthyljuglone glycoside ou dimethylellagic acid sont présents partout sauf dans les *Drosera rotundifolia* provenant des Dents de la Terre (2,3,4,5). Le tryptophane, l'épigallocatechine-3-*O*-gallate, et une molécule inconnue de m/z 435 (ligne 35 du tableau) sont présents uniquement dans les échantillons *in vitro* (6,7,8). Le kaempférol hexoside, l'apigénine 6-C glucoside sont retrouvés uniquement dans les *Drosera rotundifolia* en pot issues des Dents de la Terre (2,3,4,5). Le kaempférol-galloyl-glycoside est retrouvé uniquement dans les *Drosera rotundifolia* de culture en pot (2,3,4,5). La méthyljuglone diglycoside et les molécules inconnues (ligne 46, 49, 52 du tableau) ne sont retrouvées que dans les échantillons cultivés en conditions *in vitro* du BBV (6). La tétrahydroxyflavone n'est retrouvée que dans le droguier et l'herbier. L'acide méthylellagique et des molécules inconnues (lignes 50,51, 57 du tableau) ne sont retrouvés que dans les échantillons issus de culture *in vitro* (6,7,8). L'hexahydroxyfavone galloyl-glycoside est présent dans toutes les plantes ayant poussé *in vivo*, même celles de l'herbier et du droguier (1,2,3,4,5,9,10). L'acide *p*-coumarique n'a pas été retrouvé du tout. Les autres molécules comme la myricétine sont réparties aléatoirement entre les différents échantillons.

Pic	RT (min)	Composé assigné	m/z détectée	Présence échantillons	Degré d'identification
1	2,21	Monogalloylglucose	332	1, 2, 3,4,5,6	Tienaho et al, (2021)
2	2,5	Acide gallique	170	1, 2, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Standard
5	4,3	Histidine	154	9, 10	Biological Magnetic Resonance Data Bank
7	5,23	Tryptophan	204	6, 7, 8	Standard
8	5,06	?	360	7, 8	
8	5,22	Kaempferol hexoside	448	2, 3,4,5	Biological Magnetic Resonance Data Bank
10	5,77	Apigenin 6-C-glucoside	432	2, 3,4,5	Biological Magnetic Resonance Data Bank
10	5,98	Methyljuglone diglycoside	514	6	Tienaho et al, (2021)
12	6	(+)-(epi)Gallocatechin 3-O-gallate	458	2?, 6, 7, 8	Standard
14	6,14	Ellagic acid glucoside	464	1, 2, 3,4,5, 6, 8, 9	Biological Magnetic Resonance Data Bank
16	6,62	Myricetin-3-O-glucoside	480	1, 2, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Tienaho et al, (2021)
17	6,84	hexahydroxyflavone galloyl-glycoside	632	1, 2, 3,4,5, 9, 10	Tienaho et al, (2021)
18	6,8	Coumaric acid	164	8	Standard
20	7,4	Ellagic acid	302	1, 2, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Standard
21	7,31	(iso)rhamnetin-hexoside ? Quercetine glucuronide ?	478	7, 8	Biological Magnetic Resonance Data Bank
22	7,4	Quercetin-3-O-galactoside	464	1, 2, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Standard
23	7,45	Quercetin-3-O-galactoside/Glucoside?	464	6, 7, 8	Egan et al, (2013)
24	7,62	Quercetin-glucose gallate	616	1, 2, 3,4,5, 8, 9, 10	Tienaho et al, (2021)
26	7,79	Methyljuglone glycoside	352	1, 2, 3,4,5, 6, 9	Tienaho et al, (2021)
27	7,84	methyljuglone glycoside/dimethylellagic acid	330 ou 492	1, 6, 7, 8, 9, 10	Tienaho et al, (2021)
28	8,13	Methyl ellagic acid ? Ou pic inconnu	316 ou 360	7, 8	Tienaho et al, (2021)
29	8,02	Kaempferol-glucoside ? Quercetine rhamnoside ?	448	2, 6, 7, 8, 9	Egan et al, (2013)
30	8,21	Kaempferol-galloyl-glycoside	600	1, 2, 3,4,5, 9	Tienaho et al, (2021)
32	8,66	Myricetin	318	7, 8, 10	Standard
34	8,68	Methyl ellagic acid ?	316	7, 8	Tienaho et al, (2021)
35	8,93	?	493	6, 7, 8	
38	8,97	Methyl ellagic acid ?	316	7 (316 ou 360 ou 493), 10	Tienaho et al, (2021)
36	9,2	Hydroxybenzoylhyperin	584	2, 3,4,5, 9	Tienaho et al, (2021)
40	9,8	?	916	2, 3,4,5	
41	10,15	Quercetine	302	1, 2, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Standard

44	10,84	Dimethylelagic acid	330	1, 3,4,5, 6, 7, 8, 9, 10	Tienaho et al, (2021)
46	11,23	?	540 ou 702/703	6	
47	11,48	?	568	3,4,5	
48	11,68	tetrahydroxyflavone	286	9, 10	Tienaho et al, (2021)
49	12,18	?	190 ?	6	
50	12,73	?	488	7, 8	
51	13,2	?	344	7, 8	
52	13,54	?	538 ?	6	
53	13 ,59	Hormone ?	360	10	
54	13 ,86	?	407	7, 8	
56	14	?	188/189	2, 6	
57	14,14	?	407	7,8	
58	14,39	Kaempferol 3-O-acetyl-glucoside	490	3,4,5, 8	Egan et al, (2013)
59	15,12	?	342	10	
61	16,96	?	390	7, 10	

Tableau 2 : Tableau récapitulatif réalisé par Cécile Abdallah des molécules retrouvées dans les échantillons de *Drosera rotundifolia*

Échantillons de *Drosera rotundifolia* :

1 : tourbière artificielle de Monsieur Dominique Tessier

2 : in vivo du site des Dents de la Terre mai 2022 (WEB 1)

3, 4 ,5 : in vivo du site des Dents de la Terre septembre 2022 (WEB 1,2 et 3)

6 : in vitro BBV

7,8 : Chartres lumière blanche pH 4,5 et pH 5,7

9 : herbier et 10 : droguier

b. Comparaisons avec les molécules identifiées dans la littérature

Comme vu précédemment dans les articles scientifiques, la quercétine est la plus mentionnée avec l'acide ellagique, le 7-methyljuglone, la quercétine 3-*O*-galactoside, la quercétine 3-*O*-glucoside et la myricétine. Après identification des molécules présentes dans les échantillons, nous avons trouvé, l'acide ellagique et la quercétine, confirmant leurs mentions régulières dans la littérature. Nous avons également pu identifier la quercétine 3-*O*-galactoside et la myricétine. Cette dernière n'apparaît cependant que quatre fois sur les neuf échantillons étudiés.

En revanche, nous n'avons pas pu trouver la 7-methyljuglone et la quercétine 3-*O*-glucoside. Les molécules retrouvées ont été donc majoritairement des flavonols (cinq recensés respectivement : quercétine, quercétine 3-*O*-galactoside, kaempférol hexoside, l'apigénine 6-*C* glucoside, kaempférol-galloyl-glycoside), coïncidant avec notre tableau de recensement des métabolites secondaires effectué plus haut. Nous retrouvons deux polyphénols, l'acide ellagique et l'acide gallique, ce dernier n'ayant pas été cité dans les articles scientifiques.

c. Représentation en Analyse en Composante Principale (ACP)

i. Principe et objectif de ACP

Pour rappel, l'objectif de cette recherche est de d'étudier la composition métabolique des plants de drosera en fonction de leur provenance et plus particulièrement de comparer les modes de production par culture *in vitro* par rapport au milieu naturel.

A la suite du profilage métabolique décrit précédemment une quantification relative par spectrométrie de masse en surveillance d'ion unique (Single Ion Monitoring ou SIM) pour 45 métabolites listés dans le tableau 3.

	Class	Compound
m1	Amino acid	155 Histidine
m2	Unknown	189 unknown +
m3	Unknown	191 unknown
m4	Amino acid	205 Tryptophan
m5	Unknown	345 unknown
m6	Unknown	391 unknown
m7	Flavone	433 Apigenin-6-C-glc
m8	Unknown	541 Unknown
m9	Phenolicacid	163 Coumaric acid
m10	Phenolicacid	169 gallic acid
m11	Flavone	285 Tetrahydroxyflavone
m12	Flavonol	301 Quercetine
m13	Ellagitannins	301 Ellagic acid
m14	Ellagitannins	315 methyl ellagic acid
m15	Flavonol	317 Myricetin
m16	Ellagitannins	329 dimethyl ellagic acid
m17	Phenolicacid	331 monogalloyl glucose 1
m18	Phenolicacid	331 monogalloyl glucose 2
m19	Phenolicacid	331 monogalloyl glucose 3
m20	Unknown	341 unknown
m21	Unknown	343 unknown
m22	Naphtoquinone	351 methyl juglone glucoside
m23	Unknown	359 unknown 1
m24	Unknown	359 unknown 2
m25	Flavonol	447 kaempferol hexoside 1
m26	Flavonol	447 kaempferol hexoside 2
m27	Flavonol	447 kaempferol hexoside 3
m28	Flavan-3-ol	457 Epigallocatechin gallate
m29	Flavonol	463 Hyperoside
m30	Ellagitannins	463 Ellagic acid glucoside
m31	Flavonol	463 Quercetin-hexoside
m32	Flavonol	477 (iso)rhamnetin hexoside/ Quercetine glucuronide ?
m33	Flavonol	479 Myricetin-glucoside
m34	Unknown	487 Unknown
m35	Ellagitannins	489 dimethyl ellagic acid glucoside?
m36	Ellagitannins	491 dimethyl ellagic acid glucoside?
m37	Naphtoquinone	513 Methyl juglone diglycoside
m38	Unknown	537 unknown
m39	Unknown	567 unknown
m40	Flavonol	583 Hydroxybenzoylhyperin
m41	Flavonol	599 Kaempferol-galloyl-glucoside
m42	Flavonol	615 Quercetin glucoside gallate/ Galloyl hyperoside
m43	Flavone	631 hexahydroxyflavone-galloyl-glucoside
m44	Unknown	701 unknown
m45	Unknown	915 Unknown

Tableau 3 : liste des 45 métabolites suivi pour la détermination de la concentration relative

Ainsi, pour chacun des métabolites une fonction d'acquisition SIM a été créée, par exemple pour l'histidine, un acide aminé, le rapport masse sur charge m/z 155 est suivi correspondant à l'ion moléculaire $[M]^+$ de l'histidine dont la formule brute est $C_6H_9N_3O_2$ et le poids moléculaire 155 g/mol. Le suivi du m/z 155 a généré un chromatogramme présentant un seul pic, et son aire sous la courbe est enregistré. Au total, 17 échantillons ont été analysés comportant chacun 45 métabolites, ce qui a généré 765 aires sous la courbe. Une analyse simple de ces données n'étant pas aisée, nous avons eu recours une analyse en composante principale pour résumer le maximum de variance en deux dimensions appelées composante principales (PC1 et PC2)^{238,239}. Ces vecteurs principaux sont de nouvelles variables permettant d'expliquer plus simplement la majorité des variations des variables précédentes. Cette technique originellement développée pour réduire la dimensionnalité d'un jeu de données est utilisée dans notre cas pour en simplifier la compréhension²⁴⁰. La première composante principale est en abscisse et la seconde est en ordonnée. La projection des individus est représentée en figure 24A et celle des variables correspondantes en figure 24B. Les deux composantes expriment à elles seules 63% de la variance.

ii. Interprétation de l'ACP

La projection des individus (figure 24A) permet de distinguer 3 groupes principaux qui correspondent principalement à la provenance des échantillons. Un premier groupe en haut à gauche correspond aux plants cultivés en pots. Le second, en bas à droite, correspond aux échantillons séchés provenant du droguier et de l'herbier. Le troisième situé à droite correspond aux échantillons provenant de la culture in vitro. Nous concluons donc que l'origine des échantillons a une influence certaine sur la composition métabolique des extraits de *Drosera rotundifolia*. Les échantillons issus de la culture in vitro sont également séparés par organe d'origine les racines (noté roots) ou les parties aériennes (noté shoots).

La projection des variables (figure 24B) permet d'illustrer quels sont les variables responsables de la position des échantillons. A titre d'exemple, la majorité des variables correspondant à la famille métabolique des flavanols (noté en bleu clair) est positionnée en haut de l'ACP comme les deux échantillons provenant de la culture en pot et issus des parties aériennes. Cela montre que les flavanols y sont présents en concentrations supérieures.

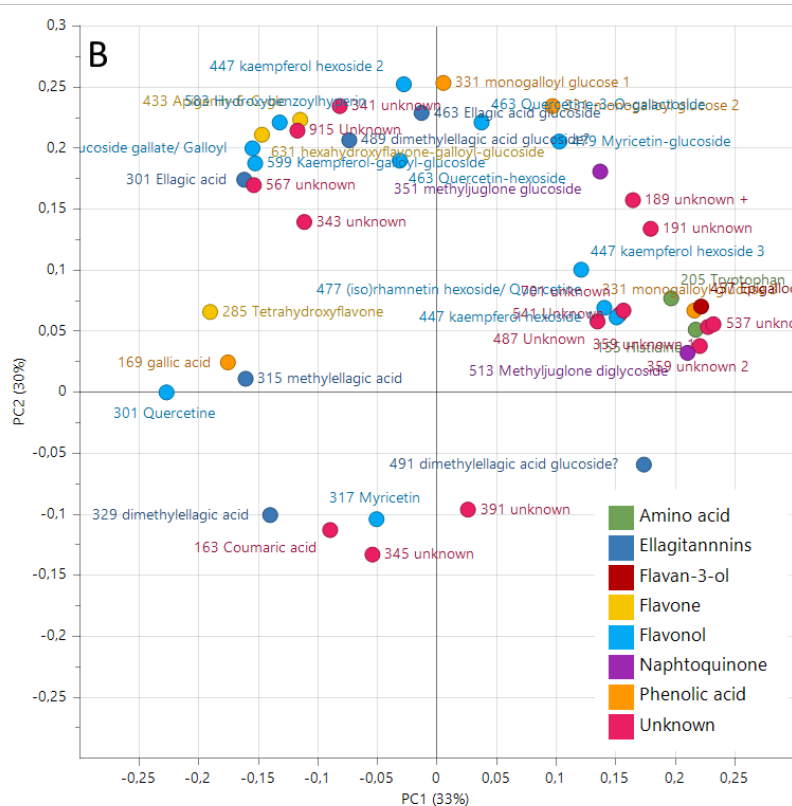
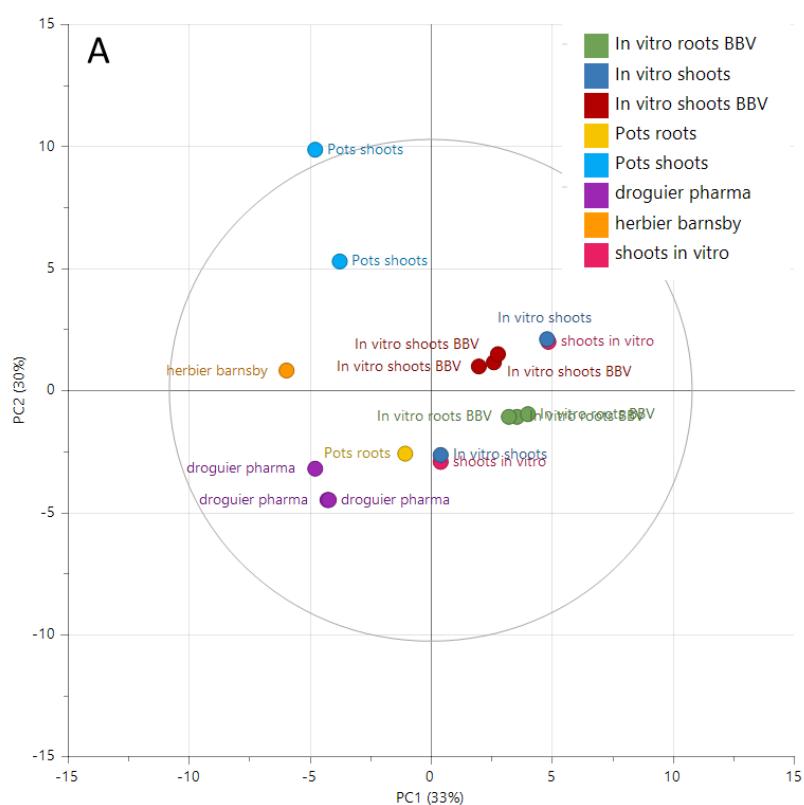


Figure 24 : Analyse en composante Principale à partir de la concentration relative de 45 métabolites dans les différents échantillons de la *Drosera rotundifolia* par le Dr. Arnaud Lanoue

d. Représentation en histogrammes

Après la représentation générale vue en ACP il est possible de rentrer plus dans les détails en fonction des classes métaboliques.

Acides aminés : (figure 25) Les acides aminés, respectivement le tryptophane et l'histidine ont été retrouvés en concentrations plus élevées dans les échantillons provenant de la culture *in vitro*, et plus particulièrement dans les parties aériennes issues des plantes cultivées au laboratoire (BBV). Nous pouvons en conclure que la culture *in vitro* de la *Drosera rotundifolia* semble privilégier le métabolisme primaire dont les acides aminés tryptophane et histidine font partie. Notons que ces composés sont absents des échantillons droguier et herbiers, indiquant une possible dégradation au séchage.

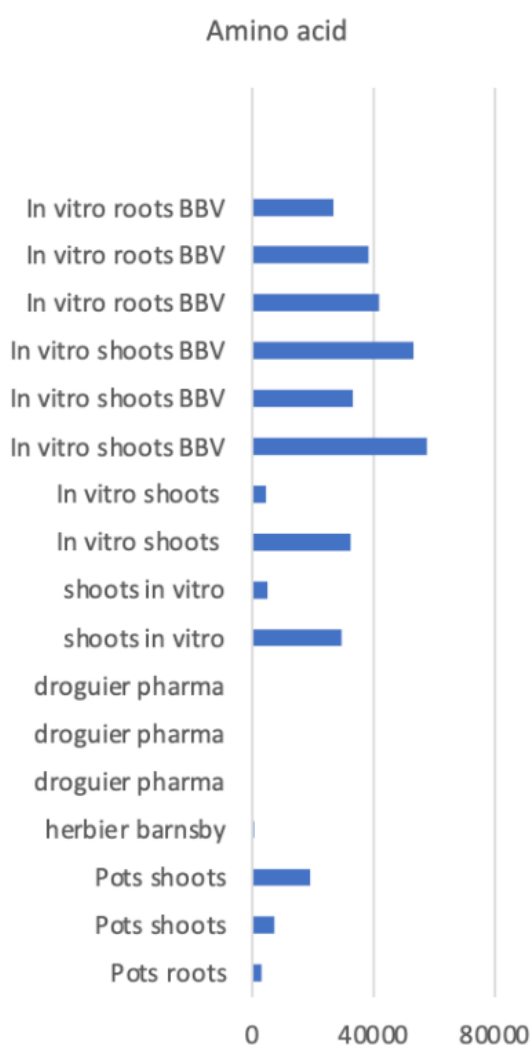


Figure 25 : analyse quantitative relative des différents acides aminés (tryptophane, histidine) retrouvés dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Flavones (figure 26) : Les flavones, respectivement le tetrahydroxyflavone, l'apigénine 6-C glucoside et le kaempférol-galloyl-glycoside ont été retrouvées en très grande proportion uniquement dans les *Drosera rotundifolia* issus de la culture en pot sous serre provenant des Dents de la Terre, et en quantité beaucoup plus faible dans l'échantillons provenant de l'herbier.



Figure 26 : analyse quantitative relative des différents flavones (tetrahydroxyflavone, apigénine 6-C glucoside, kaempférol-galloyl-glycoside) retrouvés dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Acides phénoliques (figure 27) : Les acides phénoliques, respectivement les monogalloyl glucose 1,2,3, l'acide gallique ont été retrouvés en grande proportion dans tous les échantillons de *Drosera rotundifolia*, avec une proportion plus importante dans les parties aériennes *in vitro* issues de BBV et de la *Drosera rotundifolia* de culture en pot sous serre par les des Dents de la Terre.

Nous pouvons conclure que le mode de culture des *Drosera rotundifolia* impacte peu la biosynthèse des composés phénoliques.

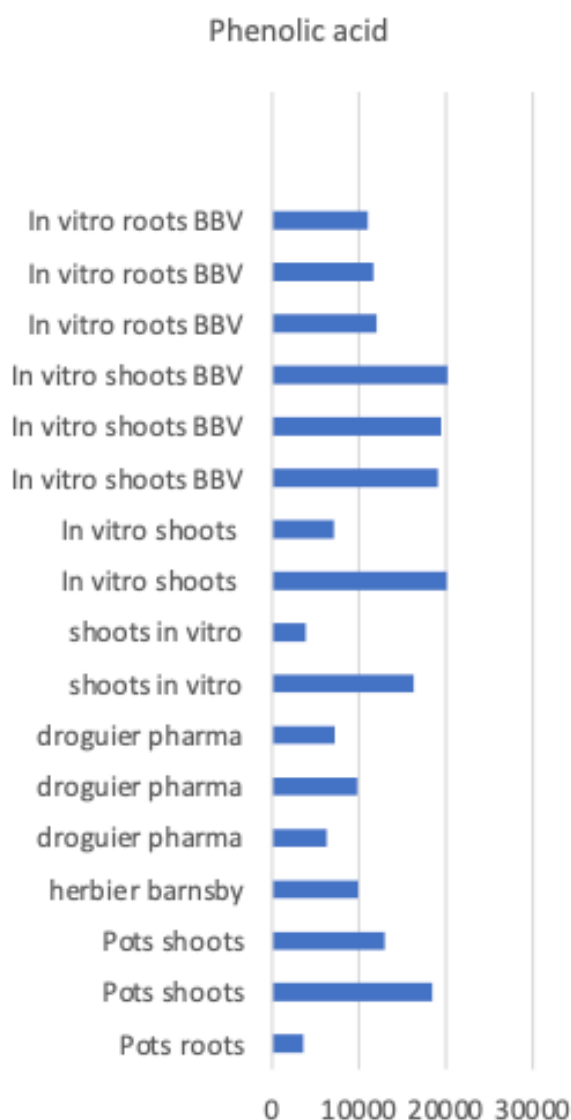


Figure 27 : analyse quantitative relative des différents acides phénoliques (monogalloyl glucose 1,2,3, acide gallique, et molécule inconnue) retrouvés dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Tanins ellagiques (figure 28) : Les tanins ellagiques, respectivement l'acide ellagique, l'acide dimethylellagique, le methylellagique acid et le dimethylellagic acid glucoside ont été retrouvés en grande proportion dans tous les échantillons de *Drosera rotundifolia*, et à des concentrations plus importantes dans les parties aériennes cultivées en pot sous serre et dans les échantillons issus du droguier. Nous pouvons en conclure que la culture des *Drosera rotundifolia* en pot favorise la production des tanins ellagiques par rapport à la culture *in vitro*. Notons également que les ellagitanins sont très stables chimiquement puisqu'ils sont encore présents après 212 années dans les échantillons issus de l'herbier Barsnby (1811).

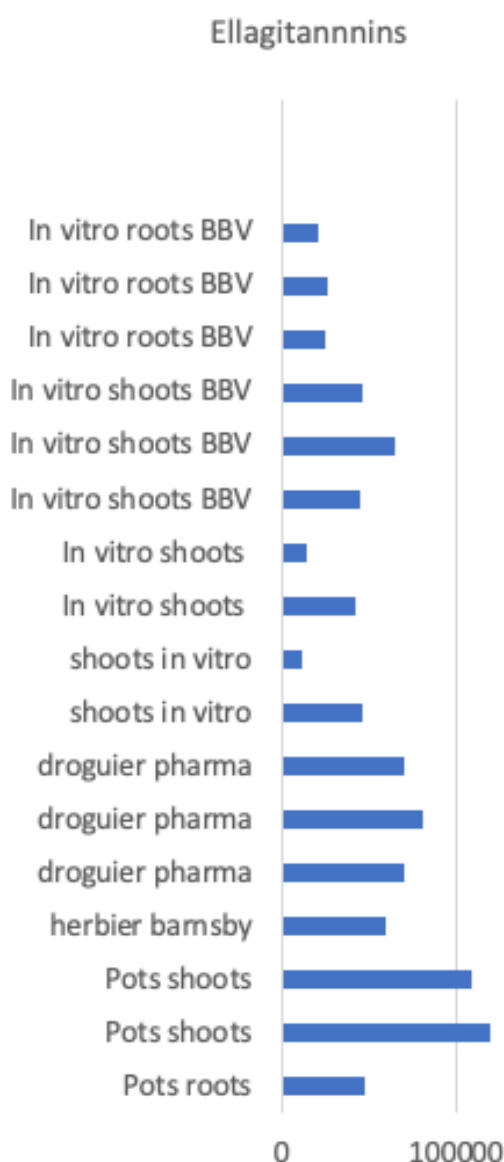


Figure 28 : analyse quantitative relative des différents tannins ellagiques (acide ellagique, acide dimethylellagique, methylellagique acid, dimethylellagic acid glucoside) retrouvé dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Flavonols (figure 29) : Les flavonols, respectivement les kaempférol hexoside, (iso)rhamnetin hexoside, quercétine-hexoside, myricétine-glucoside, hydroxybenzoyhypérine, quercétine, myricétine, kaempferol galloyl-glucoside et quercétine-3-*O*-galactoside ont été retrouvés en grande proportion dans les échantillons et en très grande quantité dans les parties aériennes *Drosera rotundifolia* de culture en pot. Nous pouvons conclure que la culture en pot favorise la production des flavonols par rapport à la culture *in vitro* car ils y sont présents en quantité presque trois fois supérieures. Nous pouvons également voir que les racines ne contiennent que très peu de flavonols. Les flavones et les flavonols sont des composés structurellement proches de type flavonoïde, dont la biosynthèse est induite en condition de plus forte luminosité. Ceci est cohérent avec la plus forte luminosité observée dans les conditions de culture en serre par rapport à la culture *in vitro*.

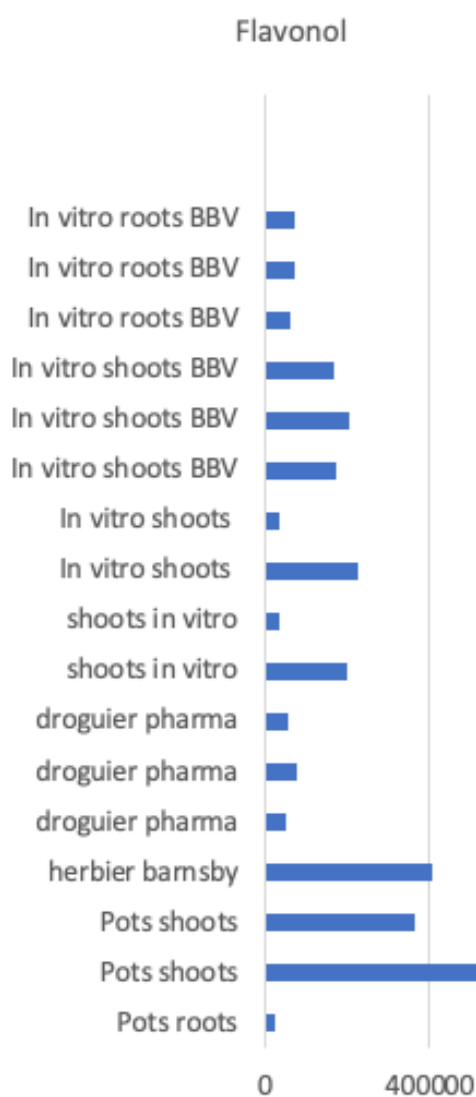


Figure 29 : analyse quantitative relative des différents flavonols retrouvés dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Naphtoquinones (figure 30) : Les naphtoquinones, respectivement les methyljuglone glucoside et methyljuglone diglycoside ont été retrouvées en grande proportion dans tous les échantillons sauf ceux du droguier et de l'herbier Barnsby. Cela peut s'expliquer par la dégradation très probable de ces molécules au cours du temps.

Nous pouvons ici conclure que les naphtoquinones sont présents partout en quantité, mais ne sont plus présents dans les échantillons de droguier et de l'herbier car ils ont été sûrement dégradés avec l'oxydation.

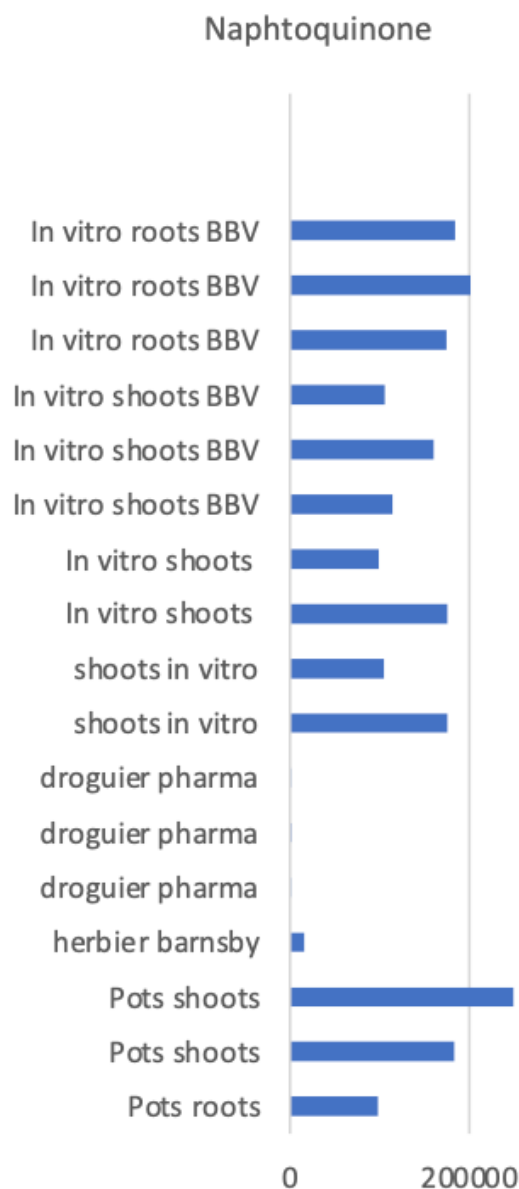


Figure 30 : analyse quantitative relative des différents naphtoquinones (methyljuglone glucoside, methyljuglone diglycoside) retrouvé dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*, en unité arbitraire, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

e. Quantification absolue

Afin d'avoir une notion de la concentration exacte en métabolites trouvés dans les différents plants de *Drosera rotundifolia*, une quantification par spectrométrie de masse fut effectuée avec constitution de gammes d'étalonnage à l'aide des standards moléculaires présents au laboratoire : l'acide gallique, la myricétine glucoside, la quercétine 3-*O*-galactoside, la quercétine, le tryptophane, l'épigallocatechine 3-*O*-gallate. Les dilutions se sont effectuées pour réaliser des gammes de calibration à 6 points correspondant à 0.1, 1, 2, 5, 10 et 20 ppm .

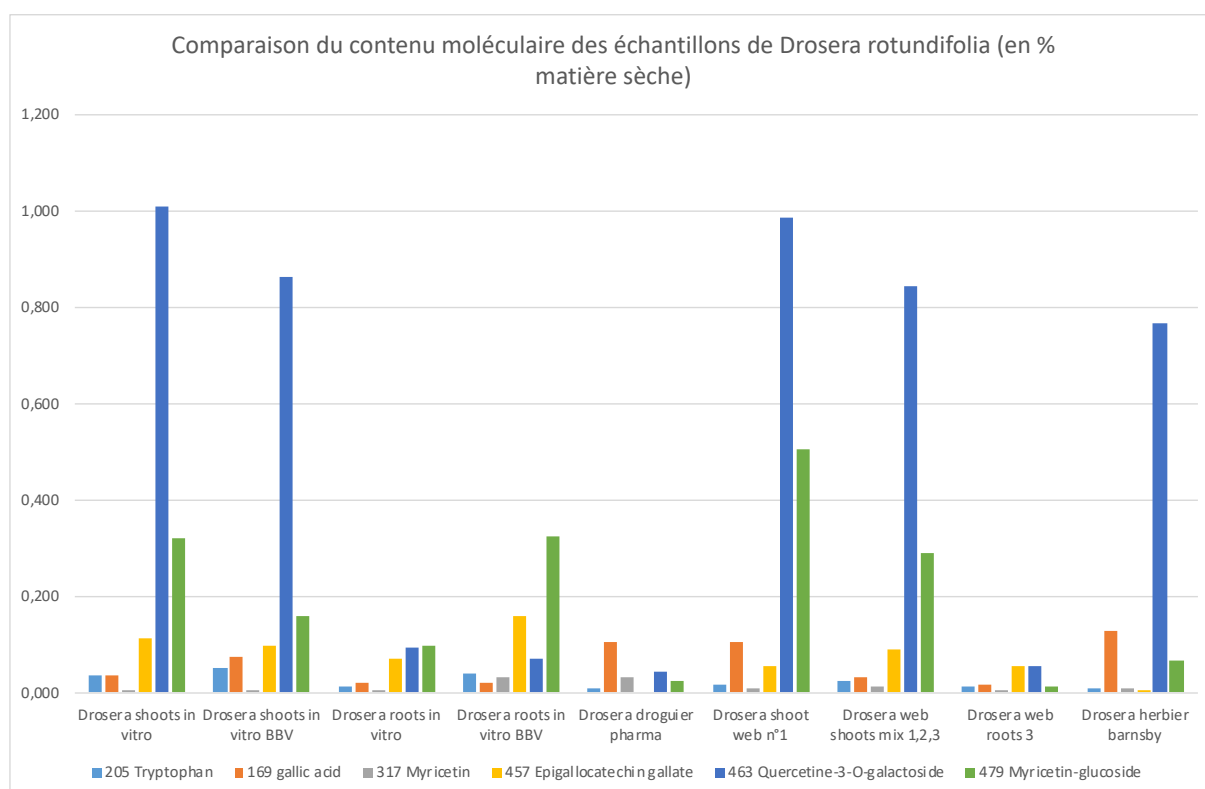


Figure 31 : comparaison des contenu moléculaire des échantillons de *Drosera rotundifolia* en unité arbitraire rapporté en milligrammes de matière sèche, élaboré par Dr. Arnaud Lanoue

Sur la figure 31, le contenu moléculaire le plus important est retrouvé dans le premier échantillon de *Drosera rotundifolia* acquis en mai 2022 provenant de la serre des Dents de la Terre (noté web n°1). La concentration moléculaire la plus importante dans chacune des *Drosera rotundifolia* est le plus souvent la Quercétine-3-*O*-galactoside, un flavonol retrouvé dans six échantillons sur neuf. On retrouve également un flavonol, la myricétine-glucoside, avec la deuxième concentration la plus importante dans cinq échantillons sur neuf. L'échantillon provenant du droguier possède des concentrations très faibles métabolites. C'est également le cas de celui provenant de l'herbier, qui contient néanmoins une grande quantité de quercétine-3-*O*-galactoside.

Les racines, que cela soit en culture *in vitro* ou en pot ne possèdent que très peu de contenu moléculaire. Nous pouvons conclure que les racines ne sont pas des parties de choix pour l'extraction de molécules actives.

iii. Discussion sur les résultats expérimentaux

Lors de la revue de littérature portant sur la composition métabolique de *Drosera rotundifolia* nous avons relevé que les flavonols (21 référencés), les naphtoquinones (9 référencés) et les anthocyanes (3 référencés) sont les plus représentés. Lors de nos expériences, nous avons bien retrouvé la présence de flavonols comme étant les plus occurants en nombre et notamment la quercétine-3-*O*-galactoside, la myricétine-glucoside, et la myricétine que nous avons pu quantifier (figure 32).

Les flavonols auraient des effets intéressants sur la sphère respiratoire en comparaison aux autres dérivés flavonoïdes notamment contre le SRAS-CoV-2, grâce à leur potentiel anti-inflammatoire et inhibiteur enzymatique²⁴¹. Ce mécanisme d'action pourrait être à l'origine des effets traditionnels observés sur la sphère respiratoire. Ajoutons que l'étude récente de 2022 menée par A. Hake, Bergrow F. Spegler V. *et al.* montre un effet antispasmodique sur les cellules musculaires lisses trachéales (ASM) et sur la fréquence de battement des cellules ciliaires (CBF) d'extraits flavonoïdiques de *Drosera rotundifolia* sur les cellules de trachées de souris²⁴². Les extraits induisent une augmentation de cette fréquence, ainsi qu'un relâchement des fibres musculaires lisses de la paroi trachéale. Cela permettrait ainsi d'augmenter la fréquence d'expulsion du mucus produit. Les molécules responsables de cet effet sont les flavonols : quercétine, quercétine-3-*O*-galactoside (aussi nommée hyperoside) et le 2''-*O*-galloylhyperoside. Nous avons bien retrouvé la quercétine et surtout la quercétine-3-*O*-galactoside, (composé majoritairement) dans nos échantillons de *Drosera rotundifolia*. Nos expériences confirment ainsi que ces molécules sont bien présentes en quantité dans les différentes plants de *Drosera rotundifolia*. Ces plants cultivés en pot ou de façon *in vitro* pourrait donc être utilisée en thérapeutique pour leurs propriétés expectorantes lors de toux grasses. Pour rappel, le kaempferol (3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)chromen-4-one) est une molécule anti-inflammatoire prometteuse et pourrait ainsi traiter les bronchopathies. Par ailleurs, ses effets seraient multiples en limitant l'inflammation au niveau des parois vasculaires endothéliales²⁴³. Les naphtoquinones ont été retrouvées en grande nombre, mais dû à l'absence de standard disponible, nous n'avons pas pu quantifier précisément ces molécules. Les

anthocyanes n'ont pas été détectés dans les échantillons, cela pourrait provenir d'une intensité lumineuse insuffisante dans les différents modes de culture testés.

Discussion

Du fait de la faible quantité de matière organique prélevée sur chacune des plantes, il semble difficile d'utiliser la *Drosera rotundifolia* à grande échelle. De plus, le prélèvement demande d'être délicat et doit être obligatoirement fait à la main si l'on souhaite que la plante puisse survivre à ce processus d'extraction du milieu naturel. Parfois, la plante ne survit même pas. Autrement, si la plante est prélevée entièrement, sa croissance lente et sa faible taille ne rendent pas son exploitation aisée à grande échelle.

Par ailleurs, la *Drosera rotundifolia* est extrêmement demandeuse en eau, cela nécessite des aménagements de culture particuliers, comme l'a fait Enzo Denfer dans sa serre des Dents de la Terre pour économiser l'eau au maximum et pouvoir subvenir aux grands besoins de la plante. Si le milieu n'est pas assez contrôlé, une eau déminéralisée doit être utilisée pour éviter que la plante dépérisse. Dans un contexte de réchauffement climatique où des restrictions d'eau seront à prévoir, il semble difficile d'imaginer la favorisation d'un tel mode de culture.

Pour finir, d'autres molécules utilisées pour les toux grasses sont disponibles sur le marché pharmaceutique, notamment la carbocystéine et la n-acétylcystéine (Fluimucil®) à des prix très faibles (de l'ordre de 3 à 5 euros). Le lierre grimpant (Prospan®) est également utilisé pour cette même indication et a aussi un faible coût de production.

D'autres indications de la *Drosera rotundifolia* notamment en cosmétique sont donc à réfléchir.

Conclusion

La *Drosera rotundifolia* utilisée traditionnellement semble effectivement contenir des molécules prometteuses pour la sphère pulmonaire en limitant l'inflammation au niveau des bronches, en évitant le réflexe de la toux par son action antispasmodique et en fluidifiant les sécrétions de mucus. Une utilisation pour la toux grasse semble être alors adaptée. Les molécules responsables de ces effets mises en avant sont les flavonoïdes dont les flavonols retrouvés en quantité et ayant démontré leur efficacité dans de nombreux domaines médicaux. Nous avons pu par nos expériences d'identification et quantification de métabolites secondaires présents chez *Drosera rotundifolia* confirmer la présence de ces flavonoïdes et de naphthoquinones.

En revanche malgré son intérêt médicinal, la *Drosera rotundifolia* est une plante protégée de plus en plus difficile à trouver dans son milieu naturel imputable au réchauffement climatique. Cette plante demandant des apports d'eau très importants, il semble difficile écologiquement dans le contexte actuel de la faire pousser. De plus, cette plante étant petite, de grandes quantités de plantes doivent être exploitées pour avoir une concentration active suffisante. Ces constats semblent, pour le moment, incompatibles avec une culture classique à visée industrielle pharmaceutique sachant que d'autres molécules efficaces et à faibles coûts existent déjà en pharmacie d'officine. En revanche, le développement de procédé de culture *in vitro* transférables à grande échelle semble donc représenter une alternative intéressante pour une production maîtrisée des métabolites d'intérêt. Au-delà de la culture en boîte sur milieu gélosé, la culture en bioréacteur de type RITA® (pour Réacteur à Immersion Temporaire) qui permet la culture d'organe différencié comme les parties aériennes de la plante semble constituer une perspective intéressante dont les capacités de production en biomolécules restent aujourd'hui encore à évaluer.

Annexes

A. Comptes-rendus des entretiens ethnobotaniques

1. Monsieur Dominique Tessier au Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin (37 223)

a. Entretien téléphonique du 7 juin 2023

Selon les indications fournies par Monsieur Marc Rideau, j'ai pu contacter Monsieur Dominique Tessier le 7 juin 2023.

Je me suis présentée et ai présenté mon projet. Nous avons discuté au téléphone de comment il avait réussi à faire pousser de la *Drosera rotundifolia* au sein de son Conservatoire des plantes messicoles de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin (37 223) situé en Indre et Loire. Tout a commencé il y a une quarantaine d'années lorsque Monsieur Tessier était dans les Vosges près du lac Macquet. Il rapporta avec lui en Touraine quelques feuilles de sphaignes *Sphagnum* afin de les identifier plus précisément. En les observant, de petites graines germées se mêlaient à la sphaigne. C'était des *Drosera rotundifolia* et *Drosera intermedia*. Par la suite, Monsieur Tessier les fit pousser et les mit sur un lac artificiel présent dans son Conservatoire, à l'aide de plaques en polystyrène sur lesquelles poussaient les plantes. Mais les plantes n'ont pas survécu car les fientes de pigeons se déposaient dans le lac et sur les *Drosera*, enrichissant excessivement le milieu, environnement défavorable aux plantes. Monsieur Tessier étant très intéressé par les plantes carnivores et le paysage des tourbières, il fit construire il y a une dizaine d'année une tourbière artificielle, assurant ainsi un environnement adéquat aux *Drosera*.

J'ai également parlé à Monsieur Tessier de mes différentes balades pour trouver la *Drosera* à l'état naturel qui étaient pour le moment infructueuses. Monsieur Tessier m'a fait part qu'il en avait observé dans le Chinonais près de la base militaire (*ces localisations ont été rappelées lors de mon entretien dans le conservatoire le 16 juin 2023*).

Afin d'en apprendre plus sur la *Drosera rotundifolia* et de la voir pousser dans un environnement naturel, j'ai demandé à Monsieur Tessier si nous pouvions organiser une visite au Conservatoire de la Morellière. Nous avons donc fixé la date du 16 juin 2023 afin d'effectuer cette visite.

b. Entretien au Conservatoire de la Morellière du 16 juin 2023

Je suis allée au conservatoire de la Morellière le 16 juin 2023 dans l'après-midi situé à Saint-Laurent-de-Lin en Indre et Loire (37 223).

L'entretien a eu lieu chez Monsieur Tessier et dans les jardins du Conservatoire.

Nous avons d'abord discuté de mon projet et ce que je comptais aborder comme thème principaux dans ma thèse. Puis nous avons visité le Conservatoire, que Dominique Tessier créa afin de préserver le patrimoine des plantes messicoles. L'idée lui est venue en lorsqu'une plante bien particulière, l'*Orlaya* à grandes fleurs (*Orlaya grandifolia*), plante de la famille des Apiacées poussa dans son jardin dans les années 1990 à Charentilly en Indre et Loire (37 390). Après avoir effectué des recherches sur cette plante, Monsieur Tessier vit que cette plante était effectivement extrêmement rare, notamment en Région Centre Val de Loire. Soucieux de préserver ce précieux patrimoine, Monsieur Tessier constitua un conservatoire spécialisé dans les plantes messicoles en 1995. Le terrain de la Morellière était constitué à son acquisition d'environ 400 plantes présentes spontanément sur le terrain (soit près du tiers de celle présentes en Indre et Loire selon Dominique Tessier). Puis au fur et à mesure, Dominique Tessier l'a enrichi de 350 autres espèces, par sa récolte de graines et d'échanges avec les horticulteurs de la région. Pour favoriser la dissémination des graines assurant ainsi leur préservation et leur réintégration dans le paysage agricole, Monsieur Tessier fournit des graines aux demandeurs, publics comme les mairies ou privés. Selon lui, les mairies commencent de plus en plus à proposer des jachères fleuries avec des plantes locales, mais il reste encore beaucoup de chemin à faire avant de voir disparaître les plantes parfois exotiques présentes sur les bordures. Dominique Tessier effectue également de nombreux échanges avec le CBNBP (Conservatoire Botanique National du Nord Bassin Parisien) et la SEPANT (Association d'Études, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine) où des balades botaniques sont organisées. En revanche les échanges sont rares avec les Universités. Sur les chemins aménagés en allant vers la tourbière artificielle, nous avons rencontrés des tôles ondulées apposées au sol. Le soleil se reflétant dessus, cela constitue des abris idéals pour les serpents et autres reptiles, que Dominique Tessier souhaite faire découvrir au public.

Le conservatoire de la Morellière est composé de plusieurs parcelles plus ou moins grandes avec chacune une spécificité, représentant au total d'environ onze hectares. Le terrain étant légèrement en pente (de 5% orienté sud-ouest), au nord, partie la plus en altitude du conservatoire, se trouve un terrain boisé acide où pousse des fougères aigles *Pteridium*

aquilinum et des Bruyères à quatre angles *Erica tetralix*. Au sud en descendant les terrains plus calcaires. Les sols sont donc d'une très grande diversité, allant des sols argileux, limoneux et sableux.

Nous sommes ensuite arrivés à la tourbière que Dominique Tessier créa dans un second temps il y a une dizaine d'années. L'idée lui est venue après avoir tenté de cultiver des *Drosera rotundifolia* ayant poussées spontanément sur de la sphaigne rapportée du lac Macquet dans les Vosges (cf. *entretien téléphonique*).

Quand j'y suis allée, la moitié de la tourbière était en cours de remaniement. Il y avait également beaucoup de bruyère à quatre angles, *Erica tetralix*, ayant favorisé l'acidification du terrain. S'étant énormément développée, la bruyère à quatre angles nuit aux espèces de plantes carnivores comme les *Drosera rotundifolia*, les *Sarracenia* en empêchant leur ensoleillement. Dans le paysage de la tourbière *blonde* selon Monsieur Tessier, de la sphaigne *Sphagnum* est pratiquement toujours présente. Dans cet environnement très acide et pauvre en nutriments, nous avons aussi retrouvé de la Canneberge (*Vaccinium sp.*) et de l'*Andromeda polifolia*, plantes des tourbières acides. Dominique Tessier m'a également fait part d'un autre type de tourbière, les tourbières brunes qui sont, au contraire des tourbières blondes, alcalines.

Pour constituer la tourbière, Monsieur Tessier a creusé en amont de la pente naturelle du terrain et a remblayé de l'autre côté pour créer une dépression. Il a ensuite déposé une couche imperméable permettant de retenir l'eau, puis un géotextile par-dessus, puis de la tourbe blonde uniquement sur les pourtours. Au centre de la tourbière, Dominique Tessier a uniquement mis de l'eau afin de créer un bassin où les grenouilles peuvent s'y abriter.

Puis vient l'addition de *Sphagnum* (sphaigne) pour couvrir les substrats. La sphaigne va ainsi permettre de retenir l'humidité de la tourbe et de créer une micro-acidification du milieu.

Au début de la tourbière artificielle, de la *Drosera intermedia* était présente. Mais n'ayant pas la capacité de pousser en étage comme la *Drosera rotundifolia*, elle n'a pas pu survivre car les processus de photosynthèse ont été bloqués.

Lors de ma visite en juin du conservatoire, de nombreuses petites *Drosera rotundifolia* étaient présentes. Leur couleur rouge vif m'a marquée, car elle était significativement différente du spécimen que j'avais reçu des Dents de la Terre en mai qui était vert. Cela est dû à l'ensoleillement intense de la tourbière. Selon Monsieur Tessier, quand la Droséra sort de terre, elle fait de minuscules bourgeons rouge vif.

La *Drosera rotundifolia* ne possède ni saturation en eau, ni de saturation d'ensoleillement (elle ne « brule pas »).

Concernant les racines de la *Drosera rotundifolia*, nous avons constatés au BBV avec Dr. Lanoue qu'elles étaient extrêmement velues. Nous nous sommes posés la question si c'était pour créer une micro-acidification du milieu permettant son meilleur développement ou pour permettre une meilleure absorption des nutriments via les racines en augmentant leur surface d'échange. Lors de ma visite au Conservatoire de la Morellière, j'ai posé la question à Monsieur Tessier. Selon lui, la physionomie des racines est sans doute pour mieux s'ancrer à son milieu et mieux capter l'eau. Lors de cet entretien, je lui ai énoncé les différentes méthodes de cultures que j'avais vu dans mes recherches bibliographiques et notamment la culture *in vitro*.

Selon Dominique Tessier, le respect du cycle des saisons est indispensable au bon développement de la plante, car la température doit être abaissée à l'automne, pour que la plante puisse former des bourgeons qui résisteront au gel de l'hiver, pour mieux repousser au printemps. Afin de m'aider dans mes recherches, Monsieur Tessier a prélevé plusieurs plants de *Drosera rotundifolia*, que nous avons conservé au laboratoire BBV et au domicile de ma grand-mère Monique Nallet à Vouvray. Je lui ai parlé des difficultés d'approvisionnement en eau que nous rencontrions avec ma grand-mère pour subvenir aux besoins très importants de la *Drosera rotundifolia*. Effectivement, cela représentait un coût non négligeable en eau déminéralisée qui s'évaporait extrêmement rapidement. Ayant en cette période en juin de très fortes chaleurs sans pluie, l'eau que nous essayions de récolter dans des bidons ne suffisaient pas à être autonome en eau exempt de minéraux. Monsieur Tessier m'a alors proposé de tester un système afin de produire notre propre eau déminéralisée à partir d'eau du robinet. Il fallait remplir un bidon de terre acide doté d'un robinet puis mettre une membrane filtrante type géotextile à l'embouchure de la voie d'évacuation afin que seule l'eau puisse sortir. Pour cela, Monsieur Tessier m'a donné un morceau de géotextile et de la terre acide prélevée sur le versant nord du Conservatoire.

Nous nous sommes ensuite dirigés vers le premier lac où les premières *Drosera rotundifolia* et *intermedia* flottaient sur des plaques de polystyrène. Monsieur Tessier a ajouté aussi qu'en plus des fientes de pigeons nourrissant excessivement le milieu, les merles sont aussi des oiseaux perturbateurs de la bonne croissance des *Drosera* en retournant la sphaigne pour trouver des petites larves entremêlées à ses feuilles.

Par ailleurs, j'ai fait part de mes grandes difficultés à observer la *Drosera rotundifolia* dans son milieu naturel, notamment du côté de Cravant-les-Côteaux où j'avais vu un recensement récent de la plante. Cela n'a pas étonné Monsieur Tessier car il faisait très chaud cette année 2022.

En Indre et Loire, Monsieur Tessier l'avait trouvée en forêt de Chinon, aux alentours de la zone militaire dit du Champs Ruchard. Malheureusement, Monsieur Tessier n'était pas très optimiste sur sa présence cette année.

Pour finir, nous nous sommes dirigés vers la maison de Monsieur Tessier où nous avons discuté avec Madame Tessier, son épouse, autour d'un thé.

À la fin de la journée Madame Tessier m'a très gentiment donné des groseilles blanches. En rentrant, je me suis engagée à les informer de l'avancement de mes recherches. C'est dans cette démarche que j'ai envoyé un mail à Monsieur Tessier début septembre, avec des photographies de la *Drosera rotundifolia* prélevée le 16 juin et gardée chez ma grand-mère à Vouvray (37 210).

c. Entretien téléphonique du 13 janvier 2023

N'ayant pas obtenues de réponse de la part de Monsieur Tessier suite à mon mail de septembre, je l'ai appelé pour prendre de ses nouvelles et lui donner des retours de nos expériences au BBV.

Monsieur Tessier n'ayant pas reçu mon mail il n'a pas donc pu me répondre.

Nous avons d'abord discuté de comment l'été s'était passé pour lui au Conservatoire de la Morellière, compte tenu des fortes chaleurs de l'été 2022 et des incendies récidivant en France. Monsieur Tessier m'a dit que les plantes messicoles se portaient bien car elles supportent de grandes chaleurs de par leur origine lointaine du croissant fertile et africaine.

En revanche, pour la tourbière artificielle, chez lui l'été a été très difficile.

Il y a eu un envahissement de la tourbière par inex minor engenin/agenin ? La sphaigne est également devenue extrêmement sèche. En revanche, il a endigué la progression de la bruyère à quatre angles *Erica tetralix* qui posait problème en juin 2022 en la coupant à ras. Les rabotages qu'il avait fait sur les côtés de la tourbière n'ont pas encore porté leur fruit. Il y a également eu beaucoup d'évaporation due aux fortes chaleurs. Monsieur Tessier a dû compléter avec de l'eau courante du robinet pour arroser la tourbière mais elle est devenue minéralisée et ne se portait pas au mieux. Il attend le retour du printemps avec impatience pour voir si la tourbière reprendra de la consistance.

Je lui ai ensuite parlé de nos expériences en laboratoire. La serre ayant eu des pannes de climatisations, nos échantillons de *Drosera rotundifolia* ont tous dépéris. En revanche, j'ai apporté la *Drosera rotundifolia* conservée chez ma grand-mère et se portant très bien au laboratoire pour poursuivre les prélèvements. Je lui ai fait part également des doutes de l'équipe au laboratoire concernant son arrosage à l'eau MILLI-Q® ayant pu favoriser le déclin des spécimens présents au laboratoire. Selon Monsieur Tessier, cela n'a pas eu d'incidence sur la survie des Droséras mais que le fait de garder des plantes sous serre pouvait aussi expliquer le fait que les plantes n'ont pas survécu, étant trop éloignées de leurs conditions naturelles.

Il m'a dit de revenir avec plaisir durant la deuxième quinzaine de mai pour observer les messicoles. Pour la tourbière, il ne m'a pas donné de date car il ne sait pas si elle va reprendre correctement.

B. Entretien téléphonique avec Monsieur Enzo Defer de l'entreprise des « Dents de la Terre » du 13 janvier 2023

J'ai appelé Enzo, propriétaire de l'établissement des Dents de la Terre, spécialisé dans la reproduction puis revente de plantes carnivores à destination du grand public. Notre entretien a duré une trentaine de minutes. Après lui avoir expliqué mon projet de thèse, je lui ai demandé s'il était possible qu'il me dise comment il avait vécu l'été 2022 dans sa serre et quelles difficultés rencontraient-ils avec la culture de *Drosera rotundifolia*. Je lui ai également fait part de mon souhait de le rencontrer en personne à sa serre, où poussent l'intégralité de ses plantes carnivores. Mon but était de savoir comment gérer une entreprise spécialisée dans les plantes carnivores, plantes qui peuvent avoir des climats si particuliers de pousse et d'apports nutritifs.

Enzo a commencé la culture de plante à l'âge de 15 ans. Il a participé à sa première fête des plantes à l'âge de 18 ans. Après son bac, il a fait une licence professionnelle où il fit des alternances en jardinerie. Ces expériences ne lui ont pas plu du tout. Passionné de jardinage et d'entreprenariat, il se lance en 2019 en faisant ses premières prestations de service en multipliant des plantes dans le jardin de ses parents. Puis durant le COVID, il crée sa boutique en ligne de vente de plantes carnivores. En 2021, il acquiert son terrain pour faire pousser ses

plantes sous serre à la Tranche (44140). La serre fait 825m² mais pour le moment, il n'en exploite que 300m². Dans sa collection, il y a environ 450 variétés différentes de plantes, réparties dans environs 4000-5000 pots, et après rempotage durant l'hiver 2023 il en obtiendra environ 6000. Enzo précise qu'il est tout seul à s'occuper de tout. Cela lui prend donc énormément de temps, environ 70 heures par semaine. Il ne peut donc pas répondre à toutes les sollicitations envoyées par mail via son site internet, et ne peut pas entretenir de sa chaîne Youtube, ce qu'il déplore.

Concernant ses fournisseurs, sa tourbe vient du CAMN, comité agricole des maraichers nantais situé à Rezé (44 400).

Pour l'eau, approvisionner toutes ses plantes durant l'été caniculaire était pour moi un mystère. Enzo m'a dit que l'été avait été compliqué mais qu'il n'avait pas eu de perte. Dans sa serre, il faisait 55 degrés durant l'été, mais les plantes ont survécu car elles avaient en permanence « les pieds dans l'eau ». Il s'en est sorti à l'aide de l'étang situé à côté de sa serre. Pour les plantes peu capricieuses en eau comme les *Sarracenia*, il a utilisé l'eau de l'étang. Il a également branché un osmoseur qu'il a utilisé pour répondre aux besoins des plantes plus exigeantes. Il récolte également l'eau depuis fin 2022 grâce à un système de récupération en chemin. En novembre 2022, une cuve à vin été remplie de près de 20 000 litres d'eau de pluie. En janvier 2022 lors de mon appel, il arrivait à ne plus utiliser l'osmoseur.

Par ailleurs, pour organiser une rencontre, Enzo m'a proposé de venir l'aider au moins deux jours à sa serre pour me montrer les techniques de repiquages et le suivre dans son quotidien. Nous avons fixé une date au 24 février 2023 à son adresse, l'étang du bois Joly à La Planche mais dû à des difficultés personnelles je n'ai pu m'y rendre.

Bibliographie générale par ordre d'apparition dans la thèse :

-
- ¹ Charles Darwin, *Les plantes insectivores, ouvrage traduit de l'anglais par Edmond Barbier ; précédé d'une introduction biographique et augmentée de notes complémentaires par Charles Martins (p.1)*, C. Renwald (Paris, 1877).
- ² Etienne-Pierre Ventenat, *Tableau du règne végétal selon la méthode de Jussieu (p. 20)*, vol. 4 (Paris: J. Drissonier, 1798).
- ³ P. Fournier, *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France tome II (pp.90-92)*, Paul Lechevalier, vol. 2 (Paris, 1948).
- ⁴ Jean Goulin et Labeyrie, *Dictionnaire raisonné-universel de matière médicale. Tome 4, concernant les végétaux, les animaux & les minéraux qui sont d'usage en médecine ; leurs descriptions, leurs analyses, leurs vertus, leurs propriétés, recueillis de manuscrits originaux.*, vol. 4 (France, 1773).
- ⁵ Christian Gottlieb Selle, *Introduction à l'étude de la nature et de la médecine, traduite de l'allemand par CORAY Adamantios d'après la 2e édition (pp.54)*, Tournel et fils (Montpellier, 1794).
- ⁶ Augustin Roux, Jean Goulin, et Aubert de la Chesnaye des Bois, *Dictionnaire domestique portatif. Tome 3 contenant toutes les connoissances relatives à l'oeconomie domestique & rurale (pp.514)* Paris, vol. 3 (Paris, 1762).
- ⁷ Fournier, *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France tome II (pp.90-92)*.
- ⁸ Faculté de médecine de l'Université de Paris et Joanne-Baptista Boyer, *Codex medicamentarius seu pharmacopoea Parisiensis, ex mandato facultatis medicinae Parisiensis in lucem edita, decano M. Joanne-Baptista Boyer, Edition quinta*, P.-G Cavelier, vol. 5 (Paris, 1758).
- ⁹ François Rozier et Marc-Antoine-Louis Claret de la Tourette, *Démonstrations élémentaires de botanique. Tome 2, contenant les principes généraux de cette science la description des plantes les plus communes ainsi qu'une instruction sur la formation d'un herbier. Troisième édition, corrigée & considérablement augmentée (pp.334)*, Bruyset frères, vol. 2 (Lyon, 1787).
- ¹⁰ Eugène Rolland, *Flore Populaire ou Histoire naturelle des plantes dans leurs rapports avec la linguistique et le folklore, tome II, (pp.198-202)*, Rolland, vol. 2 (Paris, 1899).
- ¹¹ Carl von Linne, *Système de M. Linnaeus sur la génération des plantes et leur fructification, mis en françois, par Mr. Hélié* (Montpellier, 1750).

-
- ¹² Nicolas Jolyclerc, *Principes de la philosophie du botaniste, ou Dictionnaire interprète et raisonné des principaux préceptes et des termes que la botanique, la médecine, la physique, la chimie et l'agriculture ont consacrés à l'étude et à la connoissance des plantes*, (pp.322) (Paris, 1797).
- ¹³ Philip Miller, *Dictionnaire des jardiniers et des cultivateurs*, Guillot, vol. 8 (Paris, 1786).
- ¹⁴ Museum national d'Histoire naturelle, « *Drosera rotundifolia* L., 1753 - Rossolis à feuilles rondes, Droséra à feuilles rondes », Inventaire National du Patrimoine Naturel, consulté le 11 avril 2023, https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/95442.
- ¹⁵ Darwin, *Les plantes insectivores, ouvrage traduit de l'anglais par Edmond Barbier ; précédé d'une introduction biographique et augmentée de notes complémentaires par Charles Martins* (p.1).
- ¹⁶ Robert Corrillon, *Flore et végétation de la vallée de la Loire*, imprimerie Jouve (Paris, 1981).
- ¹⁷ Fournier, *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France tome II* (pp.90-92).
- ¹⁸ Darwin, *Les plantes insectivores, ouvrage traduit de l'anglais par Edmond Barbier ; précédé d'une introduction biographique et augmentée de notes complémentaires par Charles Martins* (p.1).
- ¹⁹ « Conservatoire botanique national du Bassin parisien, CBNBP », consulté le 11 avril 2023, <https://cbnbp.mnhn.fr/cbnbp/especeAction.do?action=pres&cdNom=95442>.
- ²⁰ Rémi Dupré et al., *Flore sauvage du département d'Eure et Loire*, (pp.259), Publications scientifiques du muséum, Biotopie - Parthénopie, 2014.
- ²¹ « actinomorphe », in *Wiktionnaire*, 2 avril 2023, <https://fr.wiktionary.org/w/index.php?title=actinomorphe&oldid=31989946>.
- ²² A. Boreau, *Flore du Centre de la France et du bassin de la Loire ou description des plantes, tome premier* (pp.85), Librairie encyclopédique de Roret, vol. 1 (Paris, 1857).
- ²³ Dominique Tessier, *Propos recueillis par Salomé Fruchard lors de l'entretien ethnobotanique de Monsieur Dominique Tessier du 16 juin 2022 au Conservatoire de la Morellière à Saint-Laurent-de-Lin* (37330), 16 juin 2022.
- ²⁴ Société d'Agriculture, *Flore complète d'Indre et Loire dédiée à M. d'Entraigues préfet du département, précédée d'une introduction à l'étude de la Botanique* (pp.25), imprimerie MAME et compagnie, imprimeurs-libraires (Tours, 1833).

-
- ²⁵ Gérard Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69), Nouvelle édition – Éditions de Vecchi L’Atlantic (Paris, 2011).
- ²⁶ Blondeau.
- ²⁷ Corrillon, *Flore et végétation de la vallée de la Loire*.
- ²⁸ Elsa Youngsteadt et al., « Venus Flytrap Rarely Traps Its Pollinators », *The American Naturalist* 191, n° 4 (avril 2018): 539-46, <https://doi.org/10.1086/696124>.
- ²⁹ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69).
- ³⁰ Wilhelm Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*, Belin (Paris, 2008).
- ³¹ H. M. Hanslin et P. S. Karlsson, « Nitrogen Uptake from Prey and Substrate as Affected by Prey Capture Level and Plant Reproductive Status in Four Carnivorous Plant Species », *Oecologia* 106, n° 3 (1996): 370-75.
- ³² Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69).
- ³³ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.arth
- ³⁴ Bertalan Galambosi, Z. Galambosi, et M. Repcák, « Growth, yield and secondary metabolite production of Drosera species cultivated in peat beds in Finland », *Suo* 51 (1 janvier 2000): 47-57.
- ³⁵ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.
- ³⁶ Hanslin et Karlsson, « Nitrogen Uptake from Prey and Substrate as Affected by Prey Capture Level and Plant Reproductive Status in Four Carnivorous Plant Species ».
- ³⁷ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.
- ³⁸ Dents de la Terre *Une Plante Carnivore mangeuse de rats!!* 🐭, 2019, <https://www.youtube.com/watch?v=osyc2Mcdw5o>.
- ³⁹ Galambosi, Galambosi, et Repcák, « Growth, yield and secondary metabolite production of Drosera species cultivated in peat beds in Finland ».

-
- ⁴⁰ David E. Reichle, Marvin H. Shanks, et D. A. Crossley, « Calcium, Potassium, and Sodium Content of Forest Floor Arthropods1 », *Annals of the Entomological Society of America* 62, n° 1 (15 janvier 1969): 57-62, <https://doi.org/10.1093/aesa/62.1.57>.
- ⁴¹ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.
- ⁴² Hanslin et Karlsson, « Nitrogen Uptake from Prey and Substrate as Affected by Prey Capture Level and Plant Reproductive Status in Four Carnivorous Plant Species ».
- ⁴³ Mooney H. A. Field C., « The Photosynthesis-Nitrogen Relationships in Wild Plants », *the Economy of Plants Form and Function. Cambridge University Press, Cambridge, pp.25-55, 1986*.
- ⁴⁴ Field C.
- ⁴⁵ Darwin, *Les plantes insectivores, ouvrage traduit de l'anglais par Edmond Barbier ; précédé d'une introduction biographique et augmentée de notes complémentaires par Charles Martins (p.1)*.
- ⁴⁶ Jules Emile Planchon, « Les plantes carnivores (pp.631-659) Troisième Période 1829-1971 », *Revue des Deux Mondes*, 13 (1 février 1829).
- ⁴⁷ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.
- ⁴⁸ Barthlott et al.
- ⁴⁹ Janet Braam, « In Touch: Plant Responses to Mechanical Stimuli », *The New Phytologist* 165, n° 2 (février 2005): 373-89, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01263.x>.
- ⁵⁰ Braam.
- ⁵¹ L. Magnus Thorén et al., « Resource Availability Affects Investment in Carnivory in *Drosera Rotundifolia* », *New Phytologist* 159, n° 2 (2003): 507-11, <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00816.x>.
- ⁵² J. Millett et al., « Reliance on Prey-Derived Nitrogen by the Carnivorous Plant *Drosera Rotundifolia* Decreases with Increasing Nitrogen Deposition », *The New Phytologist* 195, n° 1 (juillet 2012): 182-88, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04139.x>.
- ⁵³ Martin Thum, « The Significance of Opportunistic Predators for the Sympatric Carnivorous Plant Species *Drosera Intermedia* and *Drosera Rotundifolia* », *Oecologia* 81, n° 3 (novembre 1989): 397-400, <https://doi.org/10.1007/BF00377090>.

-
- ⁵⁴ « Dionée attrape-mouche », in *Wikipédia*, 23 février 2023, https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dion%C3%A9e_attrape-mouche&oldid=201675429.
- ⁵⁵ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture*, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant.
- ⁵⁶ Barthlott et al.
- ⁵⁷ Stephen E. Williams, « Comparative Sensory Physiology of the Droseraceae-The Evolution of a Plant Sensory System », *Proceedings of the American Philosophical Society* 120, n° 3 (1976): 187-204.
- ⁵⁸ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture*, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant.
- ⁵⁹ Barthlott et al.
- ⁶⁰ Thomas Gibson et Donald Waller, « Evolving Darwin’s “most wonderful” plant: Ecological steps to a snap-trap », *The New phytologist* 183 (1 août 2009): 575-87, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02935.x>.
- ⁶¹ François Chevallard, *Le petit tout dans lequel l’homme aura la connoissance de soy-mesme par l’intelligence de ses propres causes. Partie I divisé en III parties et en IV tomes*, M. Vaugon (Paris, 1678).
- ⁶² Jordane Cordier et al., *Atlas de la flore du Centre-Val de Loire, Biotope, Biotope, Inventaires et biodiversité*, 2021.
- ⁶³ Corrilion, *Flore et végétation de la vallée de la Loire*.
- ⁶⁴ Fournier, *Le livre des plantes médicinales et vénéneuses de France tome II (pp.90-92)*.
- ⁶⁵ « Analyse de terre : La texture des sols | CESAR », consulté le 11 avril 2023, <http://www.labo-cesar.com/content/analyse-de-terre-la-texture-des-sols>.
- ⁶⁶ Gérard Mottet, « Y a-t-il des traces d’activité volcanique dans le Morvan ? », s. d.
- ⁶⁷ « Rossolis à feuilles rondes | Patrimoine du Morvan », consulté le 11 avril 2023, <https://www.patrimoinedumorvan.org/nature/flore/rossolis-feuilles-rondes>.
- ⁶⁸ « Tourbières de Bretagne, un écosystème attachant », Becedia, 3 juillet 2018, <https://bcd.bzh/becedia/fr/tourbieres-de-bretagne-un-ecosysteme-attachant>.
- ⁶⁹ « Tourbières de Bretagne, un écosystème attachant ».
- ⁷⁰ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies (pp. 20-21 et pp. 68-69)*.

⁷¹ David Streeter et al., *Guide Delachaux des fleurs de France et d'Europe*, 2ème édition revue et augmentée (pp.164), Delachaux et Niestlé©, 2017.

⁷² GBIF « *Drosera Rotundifolia* L. », consulté le 11 avril 2023, <https://www.gbif.org/species/3191030>.

⁷³ Jean-François Durande, *Catalogue des plantes naturelles à cette province & de celles qu'on y cultive le plus communément, avec l'indication du sol où elles croissent, du temps de leur floraison, & de la couleur de leurs fleurs ; ouvrage rédigé pour servir aux cours publics de l'Académie de Dijon. Première partie*, 1782.

⁷⁴ Edme-Jean-Baptiste Bouillon-Lagrange, *Cours d'étude pharmaceutique* tome 3, vol. 3, 1794.

⁷⁵ Sébastien Vaillant, *Botanicon Parisiense, ou Dénombrement par ordre alphabétique des plantes qui se trouvent aux environs de Paris compris dans la carte de la prévôté & de l'élection de la dite ville par le sieur Danet Gendre année MDCCXXII*, 1727.

⁷⁶ « Rechercher: species: *Drosera rotundifolia* AND (dynamicProperties_diffusionGP:"true") | Résultat de la recherche | SINP - Patrinat », consulté le 11 avril 2023, https://openobs.mnhn.fr/openobs-hub/occurrences/search?q=%28dynamicProperties_diffusionGP%3A%22true%22%29&taxa=95442#tab_mapView.

⁷⁷ « Rechercher: species: *Drosera rotundifolia* AND (dynamicProperties_diffusionGP:"true") | Résultat de la recherche | SINP - Patrinat ».

⁷⁸ Jules Delaunay, *Catalogue des plantes vasculaires du département d'Indre et Loire* (pp.34), Imprimerie Jules Bousserez, 1873.

⁷⁹ Chantal Boone et Dominique Vivent, *Herbiers, trésors vivants: tables rondes sur la valorisation des herbiers, jeudi 3 & vendredi 4 octobre 2013*, Collection du Jardin botanique (Bordeaux: Jardin botanique de Bordeaux, 2014).

⁸⁰ « Herbar Tourlet de l'Université de Tours », consulté le 11 avril 2023, <http://herbiertourlet.univ-tours.fr/index.asp>.

⁸¹ E.-H Tourlet, *Catalogue raisonné des plantes vasculaires du département d'Indre et Loire* (pp.65), publié par J.Ivolas, édition Paul Klincksieck Paris et Théophile Tridon (Tours, 1908).

⁸² Corrilion, *Flore et végétation de la vallée de la Loire*.

⁸³ Corrilion.

⁸⁴ Cordier et al., *Atlas de la flore du Centre-Val de Loire, Biotope*.

⁸⁵ Corrilion, *Flore et végétation de la vallée de la Loire*.

⁸⁶ Cordier et al., *Atlas de la flore du Centre-Val de Loire, Biotope*.

⁸⁷ INPNnaturelle, « *Drosera rotundifolia* L., 1753 - Rossolis à feuilles rondes, Droséra à feuilles rondes ».

⁸⁸ Ouest-France, « EN IMAGES. Les landes et tourbières des monts d'Arrée ravagées après l'incendie », Ouest-France.fr, 22 juillet 2022, <https://www.ouest-france.fr/faits-divers/incendie/en-images-les-landes-et-tourbieres-des-monts-d-arree-ravagees-apres-l-incendie-32c2e990-0998-11ed-917e-0d51db3723ba>.

⁸⁹ Alexandre-Henri Tessier (1741-1837) Auteur du texte Tessier et al., *Encyclopédie méthodique. Agriculture. T. 6 [Pommelière-Zuccagni] / , par M. l'abbé Tessier, docteur-régent de la Faculté de médecine, de l'Académie royale des sciences, de la Société royale de médecine, M. Thouin & M. Fougeroux de Bondaroy, de l'Académie royale des sciences. Tome premier [-septième]*, 1787, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5831273n>.

⁹⁰ « *Drosera rotundifolia* L. Global Biodiversity Information Facility (GBIF) », consulté le 13 avril 2023, <https://www.gbif.org/fr/species/3191030>.

⁹¹ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.

⁹² « *Drosera rotundifolia* - plante carnivore - plante d'extérieur », consulté le 13 avril 2023, <https://lesdentsdelaterre.com/produit/drosera-rotundifolia/>.

⁹³ Galambosi, Galambosi, et Repcák, « Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland ».

⁹⁴ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69).

⁹⁵ « *Drosera rotundifolia* - plante carnivore - plante d'extérieur ».

⁹⁶ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.

⁹⁷ Dominique Tessier, Propos recueillis de Dominique Tessier, lors de notre entretien du 16 juin 2022 et entretien téléphonique du 13 Janvier 2023, 16 juin 2022.

⁹⁸ « *Drosera rotundifolia* - plante carnivore - plante d'extérieur ».

⁹⁹ Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.

¹⁰⁰ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69).

¹⁰¹ Blondeau.

¹⁰² Barthlott et al., *Plantes carnivores : biologie et culture, traduction Yves Sell, révision Aline Raynal-Roques et Albert Roguenant*.

¹⁰³ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies (pp. 20-21 et pp. 68-69)*.

¹⁰⁴ Rafał Banasiuk, Anna Kawiak, et Aleksandra Krolicka, « In vitro cultures of carnivorous plants from the *Drosera* and *Dionaea* genus for the production of biologically active secondary metabolites », *BioTechnologia* 93 (1 janvier 2012): 87-96, <https://doi.org/10.5114/bta.2012.46572>.

¹⁰⁵ T. Grevenstuk et al., « In Vitro Propagation of *Drosera Intermedia* in a Single Step », *Biologia Plantarum* 54, n° 2 (1 juin 2010): 391-94, <https://doi.org/10.1007/s10535-010-0071-6>.

¹⁰⁶ Grevenstuk et al. *In vitro* propagation of *Drosera intermedia* in a single step. *Biol Plant* 54, 391–394 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10535-010-0071-6>

¹⁰⁷ Ingrid L.I. Hook, « Naphthoquinone Contents of in Vitro Cultured Plants and Cell Suspensions of *Dionaea Muscipula* and *Drosera* Species », *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 67, n° 3 (1 décembre 2001): 281-85, <https://doi.org/10.1023/A:1012708819212>.

¹⁰⁸ Ileana Miclea et Marius Zăhan, « Propagation of *Drosera rotundifolia* and *Drosera capensis* in an in vitro Culture System », *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies* 74 (26 novembre 2017): 144, <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:0018>.

¹⁰⁹ Banasiuk, Kawiak, et Krolicka, « In vitro cultures of carnivorous plants from the *Drosera* and *Dionaea* genus for the production of biologically active secondary metabolites ».

¹¹⁰ Jenni Tienaho et al., « Field-Grown and In Vitro Propagated Round-Leaved Sundew (*Drosera Rotundifolia* L.) Show Differences in Metabolic Profiles and Biological Activities », *Molecules* 26, n° 12 (janvier 2021): 3581, <https://doi.org/10.3390/molecules26123581>.

¹¹¹ Balázs Baranyai et al., « The production of 7-methyljuglone, plumbagin and quercetin in wild and cultivated *Drosera rotundifolia* and *Drosera intermedia* », *Mires and Peat* 18 (1 janvier 2016): 1-8, <https://doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.228>.

¹¹² Galambosi, Galambosi, et Repcák, « Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland ».

-
- ¹¹³ Baranyai et al., « The production of 7-methyljuglone, plumbagin and quercetin in wild and cultivated *Drosera rotundifolia* and *Drosera intermedia* ».
- ¹¹⁴ Galambosi, Galambosi, et Repcák, « Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland ».
- ¹¹⁵ Tienaho et al., « Field-Grown and In Vitro Propagated Round-Leaved Sundew (*Drosera Rotundifolia* L.) Show Differences in Metabolic Profiles and Biological Activities ».
- ¹¹⁶ « Plantes protégées ? On vous explique. », CBN de Bailleul, consulté le 11 avril 2023, <https://www.cbnbl.org/plantes-protegees-on-vous-explique>.
- ¹¹⁷ Laura Maiz-Tome (IUCN GSP Fbu), « IUCN Red List of Threatened Species: *Drosera rotundifolia* », *IUCN Red List of Threatened Species*, 19 juin 2015, <https://www.iucnredlist.org/en>.
- ¹¹⁸ « 8.plantes_vasculaires_2012 », s. d.
- ¹¹⁹ « eFlore », *Tela Botanica* (blog), consulté le 13 avril 2023, <https://www.tela-botanica.org/eflore/>.
- ¹²⁰ DRAAF du Centre-Val de Loire, « Qu'est-ce-que le Passeport phytosanitaire ? », 13 avril 2017, <https://draaf.centre-val-de-loire.agriculture.gouv.fr/qu-est-ce-que-le-passeport-phytosanitaire-a163.html>.
- ¹²¹ Jacques Dalechamps, *Histoire générale des plantes tome 2 tirée de l'exemplaire latin de la bibliothèque de M. Jacques Dalechamp (1513-1588)*, vol. 2, 1653.
- ¹²² Chevillard, *Le petit tout dans lequel l'homme aura la connoissance de soy-mesme par l'intelligence de ses propres causes. Partie 1 divisé en III parties et en IV tomes*.
- ¹²³ André Honoré, *Agenda de santé, ou Nouveau recueil portatif des plantes, arbres et arbustes rangés, non sous leur ordre alphabétique accoutumé, mais sous celui des maladies qu'elles concernent*, 1777.
- ¹²⁴ Michel Andanson, *Familles des plantes partie 1*, 1763.
- ¹²⁵ Charles Gabriel Leclerc, *La Chirurgie complete, par demandes & par réponses avec une pharmacie qui apprend la manière de composer les remèdes les plus utiles Tome 1*, vol. 1, 1720.
- ¹²⁶ Henri-Gabriel Duchesne, *Dictionnaire de l'industrie, ou Collection raisonnée des procédés utiles dans les sciences et dans l'art. Tome 5*, vol. 5, 1800.
- ¹²⁷ Jolyclerc, *Principes de la philosophie du botaniste, ou Dictionnaire interprète et raisonné des principaux préceptes et des termes que la botanique, la médecine, la physique, la chimie et l'agriculture ont consacrés à l'étude et à la connoissance des plantes*, (pp.322).

¹²⁸ Goulin et Labeyrie, *Dictionnaire raisonné-universel de matière médicale. Tome 4, concernant les végétaux, les animaux & les minéraux qui sont d'usage en médecine ; leurs descriptions, leurs analyses, leurs vertus, leurs propriétés, recueillis de manuscrits originaux.*

¹²⁹ Saugrain et Lamy, *La Nature considérée sous ses différens aspects ; ou Journal des trois règnes de la nature. Tome 1*, 1780.

¹³⁰ François Claude Passerat de la chapelle, *Recueil des drogues simples, ou matiere medicinale, contenant les remèdes & les préparations chymiques les plus usitées*, 1753.

¹³¹ Rozier et Claret de la Tourette, *Démonstrations élémentaires de botanique. Tome 2, contenant les principes généraux de cette science la description des plantes les plus communes ainsi qu'une instruction sur la formation d'un herbier. Troisième édition, corrigée & considérablement augmentée (pp.334-335).*

¹³² Jean-Jacques Paulet, *Recherches historiques et physiques sur les maladies épizootiques avec les moyens d'y remédier dans tous les cas partie 2*, 1775.

¹³³ Goulin et Labeyrie, *Dictionnaire raisonné-universel de matière médicale. Tome 4, concernant les végétaux, les animaux & les minéraux qui sont d'usage en médecine ; leurs descriptions, leurs analyses, leurs vertus, leurs propriétés, recueillis de manuscrits originaux.*

¹³⁴ Samuel (1755-1843) Auteur du texte Hahnemann et Clement Max Friedrich von Auteur du texte Bönninghausen, *Traité de matière médicale, ou de l'Action pure des médicaments homoeopathiques. Tome 1 / par Samuel Hahnemann... ; avec des tables proportionnelles de l'influence que diverses circonstances exercent sur cette action, par C. Boenninghausen ; trad. de l'allemand par A.-J.-L. Jourdan,...*, 1834, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k61491814>.

¹³⁵ Mériadec (1843-1921) Auteur du texte Conan, *Traité d'homo-homoeopathie, médicaments réunis par séries et groupes physiologiques, par le Dr Conan (Mériadec)*, 1888, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58080435>.

¹³⁶ Hahnemann et Bönninghausen, *Traité de matière médicale, ou de l'Action pure des médicaments homoeopathiques. Tome 1 / par Samuel Hahnemann... ; avec des tables proportionnelles de l'influence que diverses circonstances exercent sur cette action, par C. Boenninghausen ; trad. de l'allemand par A.-J.-L. Jourdan,...*

¹³⁷ René (1844-19) Auteur du texte Serrand, *Phtisie pulmonaire : son traitement par la drosera rotundifolia, médicament préventif et curatif / par le Dr René Serrand,...*, (pp. 3-4) 1888, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5624968x>.

¹³⁸ Pharmacie centrale de France et Maison de droguerie Menier réunies (Paris) Auteur du texte, « L'Union pharmaceutique : journal de la Pharmacie centrale de France : organe des intérêts scientifiques, pratiques et moraux de la profession », Gallica, 1 juillet 1878 (pp. 193), <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5428066r>.

¹³⁹ Agence Nationale de Sécurité du Médicaments et des Produits de Santé (ANSM), « Monographie Drosera par l'ANSM », 2020, <https://ansm.sante.fr/uploads/2020/10/22/drosera-pph.pdf>.

¹⁴⁰ « Recherche | Boiron », consulté le 13 avril 2023, <https://www.boiron.fr/recherche>.

¹⁴¹ « Autorisation - Minigraphie », consulté le 13 avril 2023, <http://agence-prd.ansm.sante.fr/php/ecodex/extrait.php?specid=60587374>.

¹⁴² Honoré, *Agenda de santé, ou Nouveau recueil portatif des plantes, arbres et arbustes rangés, non sous leur ordre alphabétique accoutumé, mais sous celui des maladies qu'elles concernent*.

¹⁴³ Goulin et Labeyrie, *Dictionnaire raisonné-universel de matière médicale. Tome 4, concernant les végétaux, les animaux & les minéraux qui sont d'usage en médecine ; leurs descriptions, leurs analyses, leurs vertus, leurs propriétés, recueillis de manuscrits originaux*.

¹⁴⁴ Nicolas Lemery, *Pharmacopée universelle, contenant toutes les compositions de pharmacie qui sont en usage dans la médecine.*, 1716.

¹⁴⁵ Honoré, *Agenda de santé, ou Nouveau recueil portatif des plantes, arbres et arbustes rangés, non sous leur ordre alphabétique accoutumé, mais sous celui des maladies qu'elles concernent*.

¹⁴⁶ Goulin et Labeyrie, *Dictionnaire raisonné-universel de matière médicale. Tome 4, concernant les végétaux, les animaux & les minéraux qui sont d'usage en médecine ; leurs descriptions, leurs analyses, leurs vertus, leurs propriétés, recueillis de manuscrits originaux*.

¹⁴⁷ Leclerc, *La Chirurgie complete, par demandes & par réponses avec une pharmacie qui apprend la manière de composer les remèdes les plus utiles Tome 1*.

¹⁴⁸ Andanson, *Familles des plantes partie 1*.

¹⁴⁹ « Kenelm Digby », in Wikipédia, 21 janvier 2023, https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Kenelm_Digby&oldid=200644941.

¹⁵⁰ Kenelm (1603-1665) Auteur du texte Digby, *Nouveaux secrets expérimentez, pour conserver la beauté des dames, et pour guérir plusieurs sortes de maladies. Tome 1 / .Tirez des Mémoires de M. le chevalier Digby,... Avec son discours touchant la guérison des plaies par la poudre sympathique... 6e édition, revûe, corrigée & augmentée d'un volume*, 1700, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k97822765>.

¹⁵¹ Blondeau, *Les plantes carnivores espèces et variétés, culture et reproduction, prévention et traitement des maladies* (pp. 20-21 et pp. 68-69).

¹⁵² Anicet Auteur du texte Caufapé, *Traité de la nature, des préparations Et de l'usage des Alimens les plus usitez, et de quelques remèdes qu'on prend ordinairement par précaution ou par volupté. Par A. Caufapé*,..., 1686, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k53402950>.

¹⁵³ Académie française Auteur du texte, *Dictionnaire de l'Académie française. - Le Grand Dictionnaire de l'Académie françoise, dédié au Roy. Seconde édition, reveüe et corrigée de plusieurs fautes, et où l'on a mis dans l'ordre alphabétique les additions qui estoient à la fin de l'édition précédente. Tome 1*, 1695, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k8727998v>.

¹⁵⁴ *Anecdotes ou Histoire de la maison ottomane. Tome 3 / . Tome premier [-quatrieme]*, 1724, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k97351808>.

¹⁵⁵ Louis-Charles-Henri (1745-1808) Auteur du texte Macquart, *Dictionnaire de la conservation de l'homme, ou d'hygiène et d'éducation physique et morale. Tome 2 / ... par L.-C.-H. Macquart*,..., 1798, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9743441v>.

¹⁵⁶ texte, *Dictionnaire de l'Académie française. - Le Grand Dictionnaire de l'Académie françoise, dédié au Roy. Seconde édition, reveüe et corrigée de plusieurs fautes, et où l'on a mis dans l'ordre alphabétique les additions qui estoient à la fin de l'édition précédente. Tome 1*.

¹⁵⁷ Pierre (1643-1718) Auteur du texte Dionis, *Cours d'operations de chirurgie, démontrées au Jardin royal. 1 / , par M. Dionis... Septieme édition, revue...*, par M. George de la Faye, ..., 1773, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9774576j>.

¹⁵⁸ Jean (médecin) Auteur du texte Viridet, *Traité du bon chyle pour la production du sang où l'on voit, outre les causes ordinaires qui le corrompent, plusieurs maladies qu'on n'a pas connues... Première partie [: Des Causes de la production du bon chyle. - Seconde partie : Des Défauts du chyle par raport ["sic"] au dissolvant des alimens]. Tome premier. - Troisième partie, section première [- troisième] : Des Défauts du chyle à l'égard des parties où commence sa préparation, savoir la bouche et l'oesophage [, des Défauts de l'estomac qui nuisent à la production du chyle, des Causes qui nuisent au chyle dans les intestins]. Tome second. Tome 1*, 1735, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k97692635>.

¹⁵⁹ C Brousse, « Une analyse historique et ethnobotanique des relations entre les activités humaines et la végétation prairiale », 2011.

-
- ¹⁶⁰ Académie française, « Dictionnaire de l'Académie française : ethnographie », consulté le 13 avril 2023, <http://www.dictionnaire-academie.fr/article/A9E2891>.
- ¹⁶¹ Académie française, « Dictionnaire de l'Académie française : ethnologie », consulté le 13 avril 2023, <http://www.dictionnaire-academie.fr/article/A9E2894>.
- ¹⁶² Académie française, « Dictionnaire de l'Académie française : botanique », consulté le 13 avril 2023, <http://www.dictionnaire-academie.fr/article/A9B1630>.
- ¹⁶³ J.R Dos Santos et J. Fleurentin, « L'ethnopharmacologie : une approche pluridisciplinaire (p. 26-39) lors de l'Actes du 1er Colloques Européen d'Ethnopharmacologie organisé par la Société Française d'Ethnopharmacologie « Ethnopharmacologie, sources, méthodes, objectifs » » (Metz: ORSTOM, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération et la société française d'éthnopharmacologie, 1990).
- ¹⁶⁴ « Recommandations Paludisme : traitement », VIDAL, consulté le 13 avril 2023, <https://www.vidal.fr/maladies/recommandations/paludisme-traitement-1845.html>.
- ¹⁶⁵ Sophie Estampes, Jean-Pierre Nicolas, et Céline Rivère, « Diplôme Universitaire d'Ethnobotanique appliquée aux plantes médicinales, aux pharmacopées traditionnelles et à la pharmacopée éthique, thèmes 7 et 8, notes complétant la formation », 2022 2021.
- ¹⁶⁶ « Société Internationale d'Ethnobiologie », s. d.
- ¹⁶⁷ « Les plantes messicoles », *Tela Botanica* (blog), consulté le 13 avril 2023, <https://www.tela-botanica.org/thematiques/les-plantes-messicoles/>.
- ¹⁶⁸ Dominique Tessier, « CONSERVATOIRE DE PLANTES MESSICOLES DE SAINT-LAURENT-DE-LIN », *Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Touraine* 32 (2019): 1-14.
- ¹⁶⁹ « La Flore Messicole d'Indre-et-Loire », *SEPANT* (blog), consulté le 13 avril 2023, <https://sepant.fr/thematiques-daction/biodiversite/la-flore-messicole-dindre-et-loire/>.
- ¹⁷⁰ Jean Bruneton, *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 5ème édition*, Médicales internationales, 2009.
- ¹⁷¹ Dina Maaliki et al., « Flavonoids in Hypertension: A Brief Review of the Underlying Mechanisms », *Current Opinion in Pharmacology* 45 (avril 2019): 57-65, <https://doi.org/10.1016/j.coph.2019.04.014>.
- ¹⁷² « Monoxyde d'azote : substance active à effet thérapeutique », VIDAL, consulté le 24 septembre 2023, <https://www.vidal.fr/medicaments/substances/monoxyde-d-azote-18840.html>.

¹⁷³ « Fiche info - DAFLON 500 mg, comprimé pelliculé - Base de données publique des médicaments », consulté le 13 avril 2023, <https://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/extrait.php?specid=60491130>.

¹⁷⁴ Ziwei Liao et al., « Meta-Analysis of Ginkgo Biloba Preparation for the Treatment of Alzheimer's Disease », *Clinical Neuropharmacology* 43, n° 4 (août 2020): 93, <https://doi.org/10.1097/WNF.0000000000000394>.

¹⁷⁵ Raul Zamora-Ros et al., « Dietary Flavonoid and Lignan Intake and Breast Cancer Risk According to Menopause and Hormone Receptor Status in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) Study », *Breast Cancer Research and Treatment* 139, n° 1 (mai 2013): 163-76, <https://doi.org/10.1007/s10549-013-2483-4>.

¹⁷⁶ Liao et al., « Meta-Analysis of Ginkgo Biloba Preparation for the Treatment of Alzheimer's Disease ».

¹⁷⁷ Jian-Shu Lou et al., « Ginkgetin Derived from Ginkgo Biloba Leaves Enhances the Therapeutic Effect of Cisplatin via Ferroptosis-Mediated Disruption of the Nrf2/HO-1 Axis in EGFR Wild-Type Non-Small-Cell Lung Cancer », *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology* 80 (janvier 2021): 153370, <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2020.153370>.

¹⁷⁸ Samer Tariq Jasim, Hayder M. Al-Kuraishy, et Ali Ismail Al-Gareeb, « Ginkgo Biloba Protects Cardiomyocytes against Acute Doxorubicin Induced Cardiotoxicity by Suppressing Oxidative Stress », *JPM. The Journal of the Pakistan Medical Association* 69(Suppl 3), n° 8 (août 2019): S103-7.

¹⁷⁹ K. Kawabata et al., « Delayed Neutrophil Elastase Inhibition Prevents Subsequent Progression of Acute Lung Injury Induced by Endotoxin Inhalation in Hamsters », *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 161, n° 6 (juin 2000): 2013-18, <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.6.9904047>.

¹⁸⁰ Muhamad Sahlan et al., « Potential hepatoprotective effects of flavonoids contained in propolis from South Sulawesi against chemotherapy agents », *Saudi Journal of Biological Sciences* 28, n° 10 (octobre 2021): 5461-68, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.022>.

¹⁸¹ Rosa Lemmens-Gruber et al., « Investigation of the Spasmolytic Activity of the Flavonoid Fraction of *Achillea Millefolium* s.l. on Isolated Guinea-Pig Ileum », *Arzneimittel-Forschung* 56, n° 8 (2006): 582-88, <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296755>.

-
- ¹⁸² Ketı Zeka et al., « Flavonoids and Their Metabolites: Prevention in Cardiovascular Diseases and Diabetes », *Diseases* 5, n° 3 (5 septembre 2017): 19, <https://doi.org/10.3390/diseases5030019>.
- ¹⁸³ Nur Farısyā Shamsudin et al., « Antibacterial Effects of Flavonoids and Their Structure-Activity Relationship Study: A Comparative Interpretation », *Molecules* 27, n° 4 (9 février 2022): 1149, <https://doi.org/10.3390/molecules27041149>.
- ¹⁸⁴ « Extrait de pépins de pamplemousse disponible en pharmacie : bienfaits et vertus », consulté le 24 septembre 2023, <https://www.ndsplus.fr/actualites/bienfaits-extrait-pepins-pamplemousse-pharmacie>.
- ¹⁸⁵ Otávio Augusto Chaves et al., « Commercially Available Flavonols Are Better SARS-CoV-2 Inhibitors than Isoflavone and Flavones », *Viruses* 14, n° 7 (juillet 2022): 1458, <https://doi.org/10.3390/v14071458>.
- ¹⁸⁶ Prabhat Singh, Sharad Sharma, et Srikanta Kumar Rath, « A versatile flavonoid Quercetin: Study of its toxicity and differential gene expression in the liver of mice », *Phytomedicine Plus* 2, n° 1 (1 février 2022): 100148, <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2021.100148>.
- ¹⁸⁷ PubChem, « Myricetin », consulté le 13 avril 2023, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281672>.
- ¹⁸⁸ K. C. Ong et H. E. Khoo, « Biological Effects of Myricetin », *General Pharmacology* 29, n° 2 (août 1997): 121-26, [https://doi.org/10.1016/s0306-3623\(96\)00421-1](https://doi.org/10.1016/s0306-3623(96)00421-1).
- ¹⁸⁹ Ong et Khoo.
- ¹⁹⁰ Xiaominting Song et al., « Myricetin: A Review of the Most Recent Research », *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie* 134 (février 2021): 111017, <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111017>.
- ¹⁹¹ S. M. Rankin et al., « The Modification of Low Density Lipoprotein by the Flavonoids Myricetin and Gossypetin », *Biochemical Pharmacology* 45, n° 1 (7 janvier 1993): 67-75, [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(93\)90378-a](https://doi.org/10.1016/0006-2952(93)90378-a).
- ¹⁹² Paul Knekt et al., « Flavonoid Intake and Risk of Chronic Diseases », *The American Journal of Clinical Nutrition* 76, n° 3 (septembre 2002): 560-68, <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.3.560>.
- ¹⁹³ Y. Oyama et al., « Myricetin and Quercetin, the Flavonoid Constituents of Ginkgo Biloba Extract, Greatly Reduce Oxidative Metabolism in Both Resting and Ca(2+)-Loaded Brain

Neurons », *Brain Research* 635, n° 1-2 (28 janvier 1994): 125-29, [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(94\)91431-1](https://doi.org/10.1016/0006-8993(94)91431-1).

¹⁹⁴ Martin Zehl et al., « Identification and Quantification of Flavonoids and Ellagic Acid Derivatives in Therapeutically Important Drosera Species by LC-DAD, LC-NMR, NMR, and LC-MS », *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 400, n° 8 (juin 2011): 2565-76, <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4690-3>.

¹⁹⁵ PubChem, « Quercetin », consulté le 13 avril 2023, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280343>.

¹⁹⁶ Susanne Andres et al., « Safety Aspects of the Use of Quercetin as a Dietary Supplement », *Molecular Nutrition & Food Research* 62, n° 1 (janvier 2018), <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700447>.

¹⁹⁷ « Quercétine », in *Wikipédia*, 19 janvier 2023, <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Querc%C3%A9tine&oldid=200591467>.

¹⁹⁸ Center for Food Safety and Applied Nutrition, « DoctorVicks.Com - 512642 - 04/17/2017 », FDA (FDA, 27 juillet 2022), <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/warning-letters/doctorvickscom-512642-04172017>.

¹⁹⁹ « Cape Fear Naturals - 512768 - 03/02/2017 », U.S. Food and Drug Administration (FDA, 20 décembre 2019), <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/warning-letters/cape-fear-naturals-512768-03022017>.

²⁰⁰ Singh, Sharma, et Rath, « A versatile flavonoid Quercetin ».

²⁰¹ Marjorie Reyes-Farias et Catalina Carrasco-Pozo, « The Anti-Cancer Effect of Quercetin: Molecular Implications in Cancer Metabolism », *International Journal of Molecular Sciences* 20, n° 13 (28 juin 2019): 3177, <https://doi.org/10.3390/ijms20133177>.

²⁰² Maaliki et al., « Flavonoids in Hypertension ».

²⁰³ Jie Ren et al., « Recent Progress Regarding Kaempferol for the Treatment of Various Diseases », *Experimental and Therapeutic Medicine* 18, n° 4 (octobre 2019): 2759-76, <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7886>.

²⁰⁴ Ren et al.

²⁰⁵ Zehl et al., « Identification and Quantification of Flavonoids and Ellagic Acid Derivatives in Therapeutically Important Drosera Species by LC-DAD, LC-NMR, NMR, and LC-MS ».

-
- ²⁰⁶ Mohammed M. Alshehri et al., « A Review of Recent Studies on the Antioxidant and Anti-Infectious Properties of Senna Plants », *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2022 (4 février 2022): 6025900, <https://doi.org/10.1155/2022/6025900>.
- ²⁰⁷ Ioana Mozos et al., « Effects of Anthocyanins on Vascular Health », *Biomolecules* 11, n° 6 (30 mai 2021): 811, <https://doi.org/10.3390/biom11060811>.
- ²⁰⁸ Mozos et al.
- ²⁰⁹ Paul A. Egan et Frank van der Kooy, « Phytochemistry of the Carnivorous Sundew Genus *Drosera* (Droseraceae) - Future Perspectives and Ethnopharmacological Relevance », *Chemistry & Biodiversity* 10, n° 10 (octobre 2013): 1774-90, <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200359>.
- ²¹⁰ « Tanin », in *Wikipédia*, 25 mai 2023, <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tanin&oldid=204602800>.
- ²¹¹ Pierre Avenas et Henriette Walter, *La majestueuse histoire du nom des arbres* - pp. 204, Robert Laffont, 2014.
- ²¹² Raymond V. Barbehenn et C. Peter Constabel, « Tannins in Plant-Herbivore Interactions », *Phytochemistry* 72, n° 13 (septembre 2011): 1551-65, <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.040>.
- ²¹³ Beata Kaczmarek, « Tannic Acid with Antiviral and Antibacterial Activity as A Promising Component of Biomaterials-A Minireview », *Materials (Basel, Switzerland)* 13, n° 14 (20 juillet 2020): 3224, <https://doi.org/10.3390/ma13143224>.
- ²¹⁴ Meshail Okla et al., « Ellagic Acid Modulates Lipid Accumulation in Primary Human Adipocytes and Human Hepatoma Huh7 Cells via Discrete Mechanisms », *The Journal of Nutritional Biochemistry* 26, n° 1 (janvier 2015): 82-90, <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.09.010>.
- ²¹⁵ José-Luis Ríos et al., « A Pharmacological Update of Ellagic Acid », *Planta Medica* 84, n° 15 (octobre 2018): 1068-93, <https://doi.org/10.1055/a-0633-9492>.
- ²¹⁶ Egan et van der Kooy, « Phytochemistry of the Carnivorous Sundew Genus *Drosera* (Droseraceae) - Future Perspectives and Ethnopharmacological Relevance ».
- ²¹⁷ Marta Krychowiak et al., « Combination of Silver Nanoparticles and *Drosera binata* Extract as a Possible Alternative for Antibiotic Treatment of Burn Wound Infections Caused by Resistant *Staphylococcus aureus* », *PLoS ONE* 9, n° 12 (31 décembre 2014): e115727, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115727>.

-
- ²¹⁸ Liselotte Krenn et al., « In Vitro Antispasmodic and Anti-Inflammatory Effects of *Drosera Rotundifolia* », *Arzneimittel-Forschung* 54, n° 7 (2004): 402-5, <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296991>.
- ²¹⁹ Kawabata et al., « Delayed Neutrophil Elastase Inhibition Prevents Subsequent Progression of Acute Lung Injury Induced by Endotoxin Inhalation in Hamsters ».
- ²²⁰ « Les médicaments de la BPCO », VIDAL, consulté le 13 avril 2023, <https://www.vidal.fr/maladies/voies-respiratoires/bpco/traitements.html>.
- ²²¹ Kenji Fukushima et al., « *Drosera Rotundifolia* and *Drosera Tokaiensis* Suppress the Activation of HMC-1 Human Mast Cells », *Journal of Ethnopharmacology* 125, n° 1 (17 août 2009): 90-96, <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.06.009>.
- ²²² Fukushima et al.
- ²²³ Alexander Hake et al., « Effects of Extracts and Flavonoids from *Drosera rotundifolia* L. on Ciliary Beat Frequency and Murine Airway Smooth Muscle », *Molecules* 27, n° 19 (5 octobre 2022): 6622, <https://doi.org/10.3390/molecules27196622>.
- ²²⁴ Fabio Arruda-Silva, Paolo Bellavite, et Marta Marzotto, « Low-Dose *Drosera Rotundifolia* Induces Gene Expression Changes in 16HBE Human Bronchial Epithelial Cells », *Scientific Reports* 11, n° 1 (27 janvier 2021): 2356, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81843-y>.
- ²²⁵ Dominika Durechova et al., « Antibacterial activity of *Drosera rotundifolia* L. against gram-positive and gram-negative bacteria », *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 05 (1 février 2016): 20-22, <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2016.5.special1.20-22>.
- ²²⁶ Anja Hohtola, « Bioactive Compounds from Northern Plants », *Advances in Experimental Medicine and Biology* 698 (2010): 99-109, https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7347-4_8.
- ²²⁷ N. Didry et al., « Antimicrobial Activity of Aerial Parts of *Drosera Peltata* Smith on Oral Bacteria », *Journal of Ethnopharmacology* 60, n° 1 (février 1998): 91-96, [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(97\)00129-3](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(97)00129-3).
- ²²⁸ Egan et van der Kooy, « Phytochemistry of the Carnivorous Sundew Genus *Drosera* (Droseraceae) - Future Perspectives and Ethnopharmacological Relevance ».
- ²²⁹ « Occurrence *Drosera madagascariensis* sur GBIF », consulté le 13 avril 2023, https://www.gbif.org/fr/occurrence/search?taxon_key=3191240.
- ²³⁰ M. F. Melzig, H. H. Pertz, et L. Krenn, « Anti-Inflammatory and Spasmolytic Activity of Extracts from *Droserae Herba* », *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology* 8, n° 3 (mai 2001): 225-29, <https://doi.org/10.1078/0944-7113-00031>.

-
- ²³¹ Krenn et al., « In Vitro Antispasmodic and Anti-Inflammatory Effects of *Drosera Rotundifolia* ».
- ²³² Krenn et al.
- ²³³ Dietrich H. Paper et al., « Comparison of the Antiinflammatory Effects of *Drosera Rotundifolia* and *Drosera Madagascariensis* in the HET-CAM Assay », *Phytotherapy Research: PTR* 19, n° 4 (avril 2005): 323-26, <https://doi.org/10.1002/ptr.1666.ap>
- ²³⁴ Tomás Grevenstuk et al., « Evaluation of the Antioxidant and Antimicrobial Properties of in Vitro Cultured *Drosera Intermedia* Extracts », *Natural Product Communications* 4, n° 8 (août 2009): 1063-68.
- ²³⁵ Krychowiak et al., « Combination of Silver Nanoparticles and *Drosera binata* Extract as a Possible Alternative for Antibiotic Treatment of Burn Wound Infections Caused by Resistant *Staphylococcus aureus* ».
- ²³⁶ « HPLC Principe et appareillage », Université de Rouen, consulté le 13 avril 2023.
- ²³⁷ Marie-Claude Menet, « Principes de la spectrométrie de masse », *Revue Francophone des Laboratoires* 2011 (1 décembre 2011): 41-53, [https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(11\)71211-4](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(11)71211-4).
- ²³⁸ « Analyses en Composantes Principales (PCA) : Les bases — Intranet », consulté le 13 avril 2023, http://www.ens-lyon.fr/LBMC/intranet/services-communs/pole-bioinformatique/bioinfoclub_list/analyses-en-composantes-principales-pca-les-bases.
- ²³⁹ « ACP - Analyse en Composantes Principales avec R: L'Essentiel - Articles - STHDA », consulté le 13 avril 2023, <http://www.sthda.com/french/articles/38-methodes-des-composantes-principales-dans-r-guide-pratique/73-acp-analyse-en-composantes-principales-avec-r-l-essentiel/>.
- ²⁴⁰ Jocelyn Beaumanoir, Propos recueillis auprès de Jocelyn Beaumanoir le 23 mars 22, 23 mars 2022.
- ²⁴¹ Chaves et al., « Commercially Available Flavonols Are Better SARS-CoV-2 Inhibitors than Isoflavone and Flavones ».
- ²⁴² Hake et al., « Effects of Extracts and Flavonoids from *Drosera rotundifolia* L. on Ciliary Beat Frequency and Murine Airway Smooth Muscle ».
- ²⁴³ Ren et al., « Recent Progress Regarding Kaempferol for the Treatment of Various Diseases ».

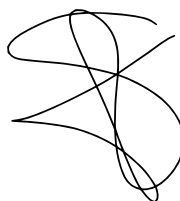
ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné (e) **Salomé FRUCHARD-THIBAUT**.....

Déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. (*Décret n°92-657 du 13 juillet 1992*)

En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :



SIGNATURES DU DIRECTEUR DE THESE ET DU DOYEN

N   tudiant : 21.500.698

N  Thèse : 92

Nom et Prénom : Mme FRUCHARD-THIBAUT Salomé

Sujet :

Drosera rotundifolia, histoire, ethnobotanique, phytochimie et production

Tours, le : 11 12 2023

Le(s) Directeur(s) de Thèse :

Arnaud Lanoue



**Vu et Transmis :
Le Doyen**

Le directeur de la Faculté
des Sciences Pharmaceutiques

Pr Denys BRAND



NOM, PRÉNOM de l'étudiant	FRUCHARD-THIBAUT Salomé	N°	92
TITRE DE LA THÈSE			
<i>Drosera rotundifolia, histoire, ethnobotanique, phytochimie et production</i>			
RÉSUMÉ DE LA THÈSE			
<i>La Drosera rotundifolia est une petite plante carnivore des tourbières européennes faisant partie des plantes protégées en France, du fait de sa rareté croissante dans le milieu naturel.</i> <i>Elle est utilisée en thérapeutique depuis des siècles pour ses vertus sur la sphère pulmonaire. L'utilisation empirique ancestrale de cette plante a poussé les chercheurs à effectuer des recherches afin de mieux comprendre ses effets curatifs supposés dans les pathologies de l'arbre bronchique.</i> <i>L'objet de cette thèse est de dresser un état des lieux des connaissances historiques et utilisations traditionnelles que nous possédons de cette plante, pour apporter une possible explication scientifique à ses propriétés curatives et évaluer son intérêt pharmaceutique</i> <i>Drosera rotundifolia est l'une des plantes étudiées dans le cadre du projet INNOCOSM, un programme par la région Centre-Val de Loire (ARD Cosmétosciences) qui vise à développer des nouvelles voies d'obtention de phytoactifs pour la cosmétique.</i>			
MOTS-CLÉS SIGNIFICATIFS DE SON CONTENU, ATTRIBUÉS PAR LE CANDIDAT EN LIAISON AVEC LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE ET LES MEMBRES DU JURY			
<i>Drosera rotundifolia, ethnobotanique, ethnobotanie, histoire, pharmacie, phytochimie, CHLP, spectrométrie de masse, Darwin, phytochimie, flavonoides, utilisations traditionnelles, médecines traditionnelles, INNOCOSM, ARD Cosmétosciences, BBV</i>			
JURY			
PRÉSIDENT : <i>Pr. Véronique Maupoil, professeur à l'Université de Tours et Docteur en Pharmacie</i>			
MEMBRES :			
<i>Dr. Léon Sacha, pharmacien d'officine à Paris</i>			
<i>Dr. Lajoie Chloé, pharmacienne d'officine à Brou</i>			
DATE ET LIEU DE SOUTENANCE <i>27 octobre 2023, Faculté de Pharmacie (Université de Tours)</i>			