

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen
Faculté de technologie



Département de Génie Electrique et Electronique

Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de **Master en Génie Industriel** Option : **Ingénierie des systèmes**

Présenté par :

Fayçal BENMANSOUR

Mohammed Amine BENAÏSSA

Thème

Conception et réalisation d'un système d'extraction des huiles essentielles

Soutenu, le Mercredi 07 Juillet 2021, devant le jury composé de :

Président :	M. BENKHENAFOU F.	Pr	Université de Tlemcen
Encadrante :	M. DIB Z.	MCB	Université de Tlemcen
Co-Encadrant :	M. MOULAI-KHATIR D.	MCA	Université de Tlemcen
Examineur :	M. ZENASNI M.A.	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020– 2021

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Dieu le Tout Puissant de nous avoir accordé des connaissances, doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien cette année d'étude.

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier chaleureusement **Mme DIB Zahera** qui a bien voulu être notre directrice de thèse, alors qu'elle venait juste d'annoncer qu'elle n'encadrerait plus personne, nous a aidé à réaliser cette thèse et pour sa bienveillance tout au long du cursus universitaire.

Aussi nos remerciements vont à notre Co-encadrant **Mr. MOULAI-KHATIR Djezouli** pour sa disponibilité et ses conseils.

On remercie **M. BENKHENEFU Fethi** de nous avoir honoré en acceptant de présider le jury de soutenance de ce PFE.

On remercie également **M. ZENASNI Mohammed Amine** d'avoir accepté d'examiner le contenu scientifique de notre travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères au corps professoral de l'Université de Tlemcen, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Spéciaux remerciements à :

M. SARI Z.

M. MIRI S.

M. BENAÏSSA H. (Paix à son âme)

M. BENSMAÏNE A. (Paix à son âme)

M. BELKAÏD F.

M. ZIANI CHERIF H.

M. MKEDDER A.

Mme. CHERIF H.

Mme. HOUBAD Y.

Mme. SARI L.

Mme. KOULOUGHLI S.

Mme. ABDELLAOUI A.

Que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouve ici toute notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma famille, à vous :

*Mes chers parents : Kamal & Bouchra pour votre bienveillance, vos sacrifices
et votre amour.*

*Ma fiancée : Inès, pour ton soutien moral et émotionnel, ta présence et ton
amour.*

Ma sœur et mon beau-frère : Amina & Mehdi pour votre dévouement.

Mes deux frères : Mustapha et Younes pour vos encouragements.

*Par la même occasion, je profite pour dire merci à mon binôme, ami et associé
Amine BENAÏSSA, une personne exceptionnelle tant en niveau professionnel que
personnel, merci à toi frérot.*

PURIFLORE sera toujours au sommet, promis !

Merci à vous, que dieu vous garde pour moi, je vous aime !

Fayçal BENMANSOUR

Je dédie ce travail à

toute personne m'ayant aidé de près ou de loin :

Mes chers parents : Houcine & Samira, les premiers contribuant à cette réussite, merci pour votre amour, encouragement et soutien permanent, j'en serai toujours reconnaissant.

Mon frère Adelwahab et mes très douces petites sœurs Nadjia & Essma, sans oublier la grande famille, spécialement mes grands-parents et mes oncles.

Mes amis, sans exception.

Toi mon ami, mon associé, mon frère Fayçal BENMANSOUR, c'était un plaisir de partager avec toi cette expérience enrichissante parmi tant d'autres. Sans toi je n'aurais pu réussir ce mémoire et notre projet professionnel, merci pour ton soutien inconditionnel.

Relevons le défi, réussissons PURIFLORE !

Merci à vous, je vous aime, que dieu vous garde pour moi !

Mohammed Amine BENAÏSSA

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre 1 : Généralités sur les huiles essentielles

1.1 Introduction	4
1.2 Qu'est-ce qu'une huile essentielle ?	4
1.3 Qu'est-ce qu'un hydrolat (ou eau florale) ?.....	4
1.4 La différence entre une huile végétale et une huile essentielle	5
1.5 Qu'est-ce qu'une plante aromatique ?	6
1.6 Familles des plantes aromatiques et parties extraites	7
1.7 Qu'est-ce que l'aromathérapie et l'aromacologie ?	8
1.8 Modes d'application et domaines d'utilisation des huiles	8
1.8.1 Cosmétique	8
1.8.2 Médical	9
1.8.3 Pharmacologique	10
1.8.4 Aromathérapie.....	10
1.8.5 Alimentaire	10
1.9 L'extraction des huiles essentielles	12
1.9.1 Définitions	12
1.9.2 Les différents modes d'extraction	12
1.9.2.1 Distillation à la vapeur d'eau à la vapeur d'eau	12
1.9.2.2 L'expression à froid	13
1.9.2.3 La percolation (l'hydro diffusion)	14
1.9.2.4 L'extraction au CO2 supercritique.....	15
1.9.2.5 L'enfleurage.....	15
a. L'enfleurage à chaud	15
b. L'enfleurage à froid	16
1.9.2.6 Procédure par épuisement (Extraction par solvant)	16
1.10 Etat de l'art de la distillation à la vapeur d'eau	17
1.11 Le marché des huiles essentielles dans le monde et en Algérie	20

1.12 L'Algérie dans le marché international des huiles essentielles	23
1.13 Conclusion.....	25

Chapitre 2 : La chaîne logistique

2.1 Introduction	27
2.2 Qu'est-ce que la chaîne logistique ?	27
2.3 L'intérêt de la chaîne logistique dans l'Entreprise	27
2.4 Le management de la chaîne logistique (Supply Chain Management)	28
a. Le management	28
b. Le management de la chaîne logistique	28
c. Avoir un bon management	28
2.5 La performance logistique	29
2.5.1 La fiabilité logistique	29
2.5.2 L'efficacité logistique	29
2.5.3 La réactivité logistique	30
2.5.4 La « Green » logistique	31
2.6 Le diagramme des flux	32
2.6.1 Le flux des tâches	33
a. Les feuilles	33
b. Les sommets fleuris	34
c. Les pétales de fleurs	34
d. Les rhizomes (Racines)	34
2.6.2 Flux de communication	40
2.7 Conclusion	43

Chapitre 3 : Conception sous le logiciel CATIA

3.1 Introduction	45
3.2 Présenter du logiciel CATIA	45
3.2.1 Première ouverture du logiciel CATIA V5	46
3.2.2 Interface de CATIA V5	46
3.3 Conception du distillateur	47
3.3.1 Partie cuve	48

3.3.1.1 Cuve	48
3.3.1.1.1 Cylindre de la cuve 1	48
3.3.1.1.2 Système de fermeture	49
3.3.1.1.3 Cales supports	51
3.3.1.1.4 Pieds de la cuve 1	53
3.3.1.1.5 Assemblage des pieds avec la cuve 1	54
3.3.1.2 Couvercle de la cuve	55
3.3.1.3 Passoire	56
3.3.1.4 Assemblage de la partie de la cuve	57
3.3.2 Système de condensation	58
3.3.2.1 Réservoir de condensation	58
3.3.2.2 Serpentin	59
3.3.3 L'Essencier	61
3.3.3.1 Entonnoir de réception	62
3.3.3.2 Cuve de l'essencier	62
3.3.3.3 Tuyau de sortie	63
3.4 Conclusion	64

Chapitre 4 : Réalisation du prototype

4.1 Introduction	66
4.2 Réalisation du prototype	66
4.2.1 Pourquoi un prototype ?	66
4.2.2 Prototype de la Cuve	66
4.2.3 Prototype de la Base-Passoire	67
4.2.4 Prototype du couvercle de la cuve	68
4.2.5 Prototype de la fermeture étanche	69
4.2.6 Prototype de la passoire	71
4.2.7 Montage de la cuve	73
4.2.8 Prototype du serpentin	74
4.2.9 Prototype du réservoir de condensation	76
4.2.10 Prototype du tuyau d'entrée/sortie de réservoir de condensation	78
4.2.11 Pompe du réservoir	79
4.2.12 Prototype de l'essencier	80

4.2.13 Montage du prototype	81
4.3 Conclusion	82
Conclusion générale	83
Résumé, Abstract, الملخص.....	85
Références webographique	88
Références bibliographique	91

Liste des figures

Chapitre 1 : Généralités sur les huiles essentielles

Figure 1.1 Flacons d'huiles essentielles PURIFLORE®	4
Figure 1.2 Eau Florale de Rose (à gauche) et Hydrolat de Menthe Poivrée (à droite)	5
Figure 1.3 Flacons d'huiles végétales PURIFLORE®	5
Figure 1.4 Plantes aromatiques	6
Figure 1.5 L'utilisation des huiles essentielles dans les cosmétiques	9
Figure 1.6 L'utilisation des huiles essentielles dans les parfums	9
Figure 1.7 L'utilisation des huiles essentielles dans les médicaments	10
Figure 1.8 L'utilisation des huiles essentielles en alimentation	11
Figure 1.9 Schéma de distillation à la vapeur d'eau	13
Figure 1.10 Essence de Citron PURIFLORE®(à gauche), expression à froid du zeste d'Orange (à droite)	14
Figure 1.11 Schéma de l'hydro-diffusion	14
Figure 1.12 Schéma L'extraction au CO ₂ supercritique	15
Figure 1.13 Cuve pour l'enfleurage à chaud	16
Figure 1.14 Enfleurage à froid sur des châssis en bois	16
Figure 1.15 Schéma de procédure par épuisement (extraction par solvants)	17
Figure 1.16 Alambic et appareil « semblable à un crabe » de Zosime	17
Figure 1.17 Distillation à la cornue dans un alambic (Gauche), dessin d'Ibn Sina (Droite) ..	18
Figure 1.18 Alambic en cuivre	19
Figure 1.19 Colonne de distillation	19
Figure 1.20 Distillateur à bande tournante	20
Figure 1.21 Distillateur par entrainement à la vapeur d'eau (50L)	20
Figure 1.22 La côte Algérienne	24

Chapitre 2 : La chaîne logistique

Figure 2.1 Levier fiabilité logistique	29
Figure 2.2 Levier d'efficacité logistique	30
Figure 2.3 Levier d'efficacité logistique	31

Figure 2.4 Levier green logistique	31
Figure 2.5 Le diagramme des flux de tâches et de communication d'une société des productions et de commercialisation d'HE	32
Figure 2.6 Flux des taches « Agriculteurs → Récolte »	33
Figure 2.7 La récolte des feuilles de Ravintsara	33
Figure 2.8 La récolte des sommités fleuries de Lavande	34
Figure 2.9 La récolte des fleurs de Rose de Damas	34
Figure 2.10 Récolte des rhizomes de Gingembre (à gauche) et de Curcuma (à droite)	34
Figure 2.11 Flux des taches « Transport → Magasin M.P (Plantes) »	35
Figure 2.12 Séchage naturel	35
Figure 2.13 Séchage industriel	36
Figure 2.14 Plantes séchées et broyées	36
Figure 2.15 Battage des plantes aromatiques	37
Figure 2.16 Flux des taches « Extraction → Magasin M.P (Fûts des HE) »	37
Figure 2.17 Distillation à la vapeur d'eau	38
Figure 2.18 Matériels d'emballage	38
Figure 2.19 Stockage des PF	39
Figure 2.20 Flux des taches « Approvisionnement et conditionnement → Magasin Produits Finis »	39
Figure 2.21 Flux des taches « Magasin Produits Finis → Client final »	39
Figure 2.22 Flux des communications « Client → Service Commercial »	40
Figure 2.23 Flux des communications « Service commercial → Service de production »	40
Figure 2.24 Flux des communications « Vérification des états de stocks dans les magasins de PF et de MP et lancement d'une demande d'approvisionnement »	41
Figure 2.25 Flux des communications « Vérification des états de stocks dans les magasins de HE en fûts et de MP plantes et lancement de commandes »	42

Chapitre 3 : Conception sous le logiciel CATIA

Figure 3.1 Interface du Logiciel CATIA V5 (ouverture par défaut)	46
Figure 3.2 Interface du Logiciel CATIA V5 (atelier Part Design)	47
Figure 3.3 Conception globale du distillateur (Assembly design)	47
Figure 3.4 Esquisse de la cuve 1	48
Figure 3.5 Part Design de la cuve 1	49

Figure 3.6 Sketcher (esquisse) du système de fermeture de la cuve	49
Figure 3.7 Part design système de fermeture	50
Figure 3.8 Paramètres de répétition circulaire	51
Figure 3.9 Part design de la forme final du système de fermeture	51
Figure 3.10 Définition des paramètres du plan sur « Surface design »	52
Figure 3.11 Part design de la cuve après la fixation des cales	52
Figure 3.12 Esquisse de la forme des pieds de la cuve 1	53
Figure 3.13 Part design du pied fini	53
Figure 3.14 Part design de la pièce finie cuve 1	54
Figure 3.15 Conception du couvercle de la cuve	55
Figure 3.16 Conception des vis de fermeture	55
Figure 3.17 Conception de la passoire	56
Figure 3.18 Conception des leviers de la passoire	57
Figure 3.19 Assemblage de la partie cuve	57
Figure 3.20 Conception du système de condensation	58
Figure 3.21 Réservoir de condensation	58
Figure 3.22 Courbe guide du serpentin	59
Figure 3.23 Esquisse du contour du serpentin	60
Figure 3.24 Conception du serpentin	60
Figure 3.25 Conception de l'essencier	61
Figure 3.26 Conception de l'entonnoir de réception	62
Figure 3.27 Part design de la cuve de l'essencier	62
Figure 3.28 Conception du tuyau de sortie de l'essencier	63

Chapitre 4 : Réalisation du prototype

Figure 4.1 Conception de la cuve	67
Figure 4.2 Cuve avec joint en Silicone	67
Figure 4.3 Cales support	68
Figure 4.4 Base-Passoire	68
Figure 4.5 Couvercle de la cuve avant la modification	68
Figure 4.6 Couvercle de la cuve après le traitement	69
Figure 4.7 La cale	69

Figure 4.8 Le vis et l'écrou	70
Figure 4.9 La conception du couvercle avec le système de fermeture	70
Figure 4.10 La réalisation du Système de fermeture « vis-écrou »	70
Figure 4.11 L'outil « coupe-tôle »	71
Figure 4.12 La tôle découpée	71
Figure 4.13 La tôle pointée	71
Figure 4.14 Le perçage de la tôle	72
Figure 4.15 La conception de la passoire avec leviers	72
Figure 4.16 La réalisation et le montage de la passoire avec leviers dans la cuve	73
Figure 4.17 Conception du montage final de la cuve	73
Figure 4.18 Réalisation de la cuve	74
Figure 4.19 Tube en cuivre de diamètre 14mm	74
Figure 4.20 La Cintreuse	75
Figure 4.21 Le Moule utilisé pour cintrer le tube en cuivre	75
Figure 4.22 Ressort à cintrer pour tube en cuivre	76
Figure 4.23 Serpentin en cuivre	76
Figure 4.24 Les faces du cube en verre	77
Figure 4.25 La colle en silicone étanche	77
Figure 4.26 La conception du serpentin dans le réservoir de condensation	78
Figure 4.27 La réalisation du réservoir de condensation avec le serpentin	78
Figure 4.28 Tuyau en plastique d'entrée/sortie de réservoir de condensation	78
Figure 4.29 Perçage et montage du tuyau entrée/sortie	79
Figure 4.30 Pompe à eau	79
Figure 4.31 Transformateur de tension	80
Figure 4.32 La conception de l'essencier	80
Figure 4.33 Réalisation de l'essencier	81
Figure 4.34 Conception finale du prototype du distillateur	81
Figure 4.35 Réalisation du prototype du distillateur	82

Liste des tableaux

Chapitre 1 : Généralités sur les huiles essentielles

Tableau 1.1 Les grandes familles botaniques des plantes aromatiques et les parties extraites...	7
Tableau 1.2 Les propriétés et les usages d'huiles essentielles	11
Tableau 1.3 Les rendements des huiles essentielles	13
Tableau 1.4 les principales huiles essentielles produites dans le monde/an et les pays producteur	21
Tableau 1.5 Les10 principaux pays exportateurs des huiles essentielles (2018_2020)	22
Tableau 1.6 Les10 principaux pays importateurs des huiles essentielles (2018_2020)	22
Tableau 1.7 Les quantités et les valeurs des importations et exportations d'huiles essentielles en Algérie 2011-2020	23
Tableau 1.8 Les pays qui Importe/Exporte les huiles essentielles depuis l'Algérie	24

Chapitre 4 : Réalisation du prototype

Tableau 4.1 Coûts de fabrication du prototype	82
---	----

Liste des abréviations

BIO : Biologique

B2B : Business-To-Business

CAO : Conception assistée par ordinateur.

CATIA : Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive Appliquée

CNV : Contingent Négative Variation

DZD : Dinar Algérien

2D, 3D : Deux Dimensions, Trois Dimensions

HE : Huile Essentielle

HV : Huile Végétale

IBM : International Business Machines

Kg : Kilogramme

mm : Millimètre

MP : Matière première

OT : Ordre de Travail

PF : Produit Finis

R1, R2 ...Rn : Release (Mise à jour)

V : Volte

V5 : Cinquième Version.

Glossaire

Anti catarrhale : Qui combat ou guérit le catarrhe (Inflammation aigue ou chronique des muqueuses).

Antifongique : Qui détruit les champignons microscopiques (moisissures) ou empêche leur développement.

Anti-inflammatoire : Combat les inflammations.

Antimicrobienne : Tue les micro-organismes ou inhibe leur croissance.

Antioxydante : Empêche ou ralentit l'oxydation en neutralisant des radicaux libres.

Assainissant : Améliorer le confort et la pureté d'une zone (peau).

Antiseptique : Désinfectant à usage corporel.

Astringente : Resserre les tissus vivants.

Antiviral : Perturbateur du cycle de réplication d'un ou de plusieurs virus

Cycle Cash-To-Cash : Le temps nécessaire pour rentabiliser une unité monétaire investi par l'entreprise.

Condensation : Passage d'une vapeur à l'état solide ou liquide

Cycle Order-To-Cash : L'ensemble des activités relatives au cycle client, au traitement des commandes dans leur ensemble.

Décongestionnant : Faire cesser la congestion d'un organe, du visage.

Eco-friendly : Respectueux de la nature

Éco systèmes : il s'agit d'un ensemble d'être vivants qui vivent au sein d'un milieu ou d'un environnement spécifique et interagissent entre eux au sein de ce milieu et avec ce milieu.

Hydrophobe : Qui n'est pas affine avec l'eau.

Hydrosolubles : Qui est soluble dans l'eau ou en milieu aqueux.

Mucolytique : Qui fluidifie les sécrétions bronchiques, les écoulements séreux des otites et des sinusites.

Oléagineuse : Les oléagineux sont des plantes cultivées spécifiquement pour leurs graines ou leurs fruits riches en matières grasses.

Olfacto-thérapie : Une méthode psycho-émotionnelle basée sur l'utilisation des odeurs et la vibration de certaines huiles essentielles.

Pression à chaud : La température de pression est de 80° à 120°C.

Pression à froid : La température de pression ne doit pas dépasser 27°C.

Pharmacopée : Un ouvrage encyclopédique recensant principalement des plantes à usage thérapeutique, mais également des substances d'origine animale ou minérale et, plus récemment, des substances chimiques.

Principes actifs : Une substance qui possède des propriétés thérapeutiques.

Rotation des stocks : Correspond au nombre de fois que le stock de l'entrepôt est remplacé au cours d'une période donnée (généralement un an).

Solvants : Substance (le plus souvent liquide) qui a le pouvoir de dissoudre d'autres substances.

Time-To-Market : Le temps de mise en marché.

Volatiles : Qui s'évapore rapidement.

Introduction générale

De nos jours, les huiles essentielles, dont l'utilisation est de plus en plus répandue, connaissent un engouement inédit que ce soit en Algérie ou dans le reste du monde. Une médecine naturelle aux bienfaits étendus, l'aromathérapie soulage de nombreux maux grâce à la multiplicité des puissants principes actifs contenus dans les plantes aromatiques.

Les domaines d'utilisation des huiles essentielles sont très variés : santé, cosmétique, thérapeutique, alimentaire.

A travers ce travail, on parlera dans le premier chapitre des généralités sur les huiles essentielles : leurs définitions, leurs différents modes d'extraction, la différence entre les HE et les HV, des grandes familles botaniques des plantes aromatiques, des principales parties extraites, des propriétés et des domaines d'utilisation. On parlera également du marché international des huiles essentielles. On donnera un aperçu sur la production, l'évolution du marché des huiles essentielles en Algérie et le potentiel de développement de ce secteur.

En second chapitre, nous aborderons les intérêts de la chaîne logistique dans une entreprise de production et de commercialisation des huiles essentielles, on prêtera attention sur la succession des maillons de la chaîne de production et de distribution des produits, à travers les diagrammes de tâches et de communication.

Le troisième chapitre présentera la conception détaillée des composants du « distillateur d'huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau ». Cette conception sera assurée grâce au logiciel CATIA. Nous allons également expliquer le rôle de chaque composant qui nous a amené à trouver la modélisation géométrique adéquate pour un fonctionnement parfait du système, ainsi que la combinaison appropriée de la structure de cet extracteur.

Enfin, dans le quatrième chapitre nous aborderons la partie de la réalisation du prototype du distillateur, nous évoquerons : les contraintes et les problèmes que nous avons rencontrés durant notre travail. On citera également les principales raisons qui nous ont amenées à réaliser le prototype.

Chapitre 1

Généralités sur les huiles essentielles

1.1 Introduction

Comptant plus de 3000 huiles essentielles connues, dont environ 300 sont d'une importance commerciale couramment utilisées dans le monde, ces fabuleuses substances sont obtenues généralement par distillation. Depuis l'antiquité, que ce soit pour un usage cosmétique, médicale, thérapeutique ou culinaire ou à des fins religieuses, les huiles essentielles ont toujours été présentes.

1.2 Qu'est-ce qu'une huile essentielle ?

Une huile essentielle est un liquide concentré de substances aromatiques volatiles qui regorge de principes actifs, présente sous la forme d'un liquide concentré et hydrophobe ; bien qu'on l'appelle « huile » elle n'a rien de cela et d'ailleurs elle contient 0% de corps gras.

Les huiles essentielles sont l'extrait le plus puissant qu'on trouve dans les plantes aromatiques.



Figure 1.1 Flacons d'huiles essentielles PURIFLORE®

1.3 Qu'est-ce qu'un hydrolat (ou eau florale)

Au moment de la distillation pour obtenir une huile essentielle, de la vapeur chargée en substances aromatiques se crée : c'est ce que l'on nomme « hydrolat », c'est une eau aromatique ou encore plus clairement, l'hydrolat est l'eau restant dans l'alambic après la

distillation de l'huile essentielle d'une plante. Elle contient environ 1 % de molécules hydrosolubles résultant de l'huile essentielle. L'hydrolat conserve les mêmes propriétés que l'huile essentielle mais en plus doux et sans contre-indications. [1]



Figure 1.2 Eau Florale de Rose (à gauche) et Hydrolat de Menthe Poivrée (à droite) [2]

1.4 La différence entre une huile végétale et une huile essentielle

Une huile végétale est un corps gras, extrait d'une plante oléagineuse (noisette, amande, noix de coco, jojoba, fenugrec, olive, ricin, colza, argan, tournesol...). L'extraction se fait par pression à chaud ou à froid des graines ou de la pulpe.



Figure 1.3 Flacons d'huiles végétales PURIFLORE®

1.5 Qu'est-ce qu'une plante aromatique ?

Certes, toute plante a une odeur végétale, mais seulement 10% des 800 milles espèces végétales de la planète sont considérées comme plantes aromatiques.



Figure 1.4 Plantes aromatiques [3]

Ces dernières ont un parfum très caractéristique provenant des composants aromatiques de la plante qui se trouvent dans une partie de la plante. Ces composants sont appelés « essence végétale », et en distillant cette dernière, on obtient les huiles essentielles.

1.6 Familles des plantes aromatiques et parties extraites

Parmi les grandes familles des plantes aromatiques et leurs parties extraites, on retrouve :

Les familles des plantes aromatiques	Exemples de plantes aromatiques	Parties extraites
Les Abiétacées	Le Pin, le Cèdre...	Les aiguilles, la résine de leur tronc, les bourgeons et les cônes.
Les Apiacées	La Coriandre, le Fenouil	Les racines, les feuilles ou les fruits.
Les Astéracées	La Camomille, l'Estragon	Fleurs
Les Cupressacées	Le Cyprès, le Genévrier	La résine de l'arbre.
Les Ericacées	La Gaulthérie et le Lédon.	Feuilles.
Les Géraniacées	Le Géranium Rosat et Bourbon...	Feuilles.
Les Lamiacées	Les Lavandes, les Menthes	Les tiges et les feuilles.
Les Lauracées	Le Laurier, la Cannelle...	Les feuilles, les troncs, les branches, les racines ou les fruits.
Les Myrtacées	Eucalyptus, Arbre à Thé...	Les feuilles, les bourgeons, les fleurs ou les fruits.
Les Rosacées	Rosier	Pétales
Les Poacées	Citronnelle de Java, Palmarosa...	Feuilles.
Les Rutacées	Les agrumes : Citron, le Petitgrain Bigarade, l'Orange Douce...	Péricarpes du fruit, Feuilles.
Les Zingibéracées	Le Curcuma, le Gingembre...	Rhizomes.

Tableau 1.1 Les grandes familles botaniques des plantes aromatiques et les parties extraites

1.7 Qu'est-ce que l'aromathérapie et l'aromacologie ?

L'Aromathérapie concerne l'application et l'utilisation des huiles essentielles. C'est une technique très ancienne complètement naturelle qui utilise les huiles essentielles à des fins. Le potentiel de celle-ci repose sur son pouvoir à favoriser la relaxation du corps et de l'esprit et à promouvoir une sensation de joie et de bien-être chez le sujet. L'Arômologie est la science liée à l'olfaction des arômes.

Des expériences ont montré que nous réagissons aux odeurs en émettant des ondes CNV (Contingent Négative Variation). En mesurant ces ondes on a observé que les émanations de rose abaissent les pulsations cardiaques et que le parfum de citron, par exemple, réduit le taux de cortisol (hormone du stress) [4].

1.8 Modes d'application et domaines d'utilisation des huiles essentielles

Tout en étant naturelles, les huiles essentielles sont très efficaces. Les domaines d'utilisation sont très larges et les modes d'application dépendent de l'huile essentielle utilisée et de l'effet recherché. En application, on peut utiliser les huiles essentielles pure ou en synergie par les voies respiratoires, cutanée, orale...etc. On peut les respirer dans un mouchoir, les appliquer en massage sur la peau ou en faire un bain de bouche.

Les huiles essentielles sont un ingrédient phare dans divers secteurs industriels et artisanales, et peuvent remplacer les molécules synthétiques et cela grâce à leur forte valeur ajoutée à savoir : l'arôme, les fragrances et surtout les propriétés qui sont toutefois indénombrables (Astringente, Antimicrobienne, anti-inflammatoire, etc...)

Parmi ces domaines on retrouve :

1.8.1 Cosmétique

Les produits cosmétiques constituent plus de 60% de la demande mondiale des huiles essentielles [5]. En utilisation « Beauté » les huiles essentielles s'incorporent comme actifs cosmétiques dans des soins du visage, corps et cheveux.

L'utilisation des huiles essentielles permet de préserver les émulsions grâce à leurs activités : antiseptique, antifongique et antioxydante.



Figure 1.5 L'utilisation des huiles essentielles dans les cosmétiques [7]

Les huiles essentielles séduisent les utilisateurs par leur fragrance puissante d'ailleurs c'est à eux que revient le mérite dans la création des parfums.



Figure 1.6 L'utilisation des huiles essentielles dans les parfums [8]

1.8.2 Médical

Dans le cadre médical « se soigner aux huiles essentielles » reste une expression très répandue ces dernières années, mais paradoxalement rares sont les personnes qui connaissent leur importance dans ce domaine. Les huiles essentielles sont connues par le grand public pour leur usage cosmétique, tant agréable qu'anodin, ce même public connaît beaucoup moins son usage thérapeutique, certains disent que cela reste de la médecine douce, non c'est FAUX ! C'est de la médecine naturelle certes, mais elle n'a rien de doux si ce n'est son odeur. C'est vrai que la plupart de ces merveilles de la nature sont en vente libre dans les officines et que nous ne pouvons que nous réjouir de cela. Cependant il est tout à fait nécessaire de se renseigner (sur l'étiquette du produit ou sur des fiches conseils) pour une utilisation sans risque et à bon escient.

1.8.3 Pharmacologique

Beaucoup d'huiles essentielles dont les propriétés et les principes actifs restent indénombrables constituent un grand nombre de produits pharmaceutique (Sirop, pommade, gélules, gouttes...) et rentrent dans les formules de base de plusieurs médicaments.

Exemple : « Euphonyll® : expectorant adultes », « Pérubore® inhalation : décongestionnant » sont faits à base du principe actif des huiles essentielles d'eucalyptus, de lavande, de thym rouge, de romarin et pin de Sibérie [9].



Figure 1.7 L'utilisation des huiles essentielles dans les médicaments [9]

1.8.4 Aromathérapie

Explicitement l'aromathérapie aide le corps à s'auto-guérir en lui fournissant un réflexe quotidien riche en huile essentielle, encore une fois ces substances nous aident prévenir les maladies. L'aromathérapie agit directement sur le système nerveux, autrement dit sur les propriétés de bien-être en créant une ambiance d'autorégulation.

1.8.5 Alimentaire

Les huiles essentielles frappent aussi à la porte de la cuisine, et permettent d'allier parfois même le goût et la santé qu'elles soient issues d'épices (Cannelle, Clou de Girofle...), de fleurs (Rose, Lavande...) ou d'herbes (Thym, Romarin...). Il convient de les utiliser pour agrémenter un plat, réaliser des soins minceurs ou de détox, ou pour relever la saveur.

Les huiles essentielles s'avèrent aussi de véritables exhausteurs de goût.

Récemment des chercheurs [6] ont prouvé qu'on pouvait les utiliser comme conservateurs alimentaires naturels, ceci est dû à la présence de propriétés antimicrobiennes et antioxydantes.



Figure 1.8 L'utilisation des huiles essentielles en alimentation [10]

Huile essentielle	Propriétés	Usages
Arbre à thé (Tea Tree)	Purifiante, assainissant, Antivirale, Antibactérienne	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie
Lavande Officinale	Réparatrice, régénératrice, Calmante,	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie, Alimentaire
Géranium Rosat	Tonique cutané, astringente, Antifongique	Cosmétique, Aromathérapie, Alimentaire
Eucalyptus Radié	Calmante, Décongestionnante.	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie, Alimentaire
Romarin à Cinéole	Mucolytique, anti catarrhale, expectorante, Revitalisant cutané et capillaire	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie, Alimentaire
Thym à thymol	Anti-infectieuse, Stimulant immunitaire	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie, Alimentaire
Citronnelle Java	Anti-inflammatoire, Déodorante et purifiante	Cosmétique, Médical, Pharmacologique, Aromathérapie, Alimentaire
Clou de Girofle	Anti-infectieuse, anesthésiante	Médical, Pharmacologique, Aromathérapie.

Tableau 1.2 Les propriétés et les usages d'huiles essentielles

1.9 L'extraction des huiles essentielles

1.9.1 Définitions

- 1) La distillation est un procédé de séparation des constituants d'un mélange par ébullition [11]
- 2) Le distillat est le liquide obtenu par condensation de la vapeur recueillie en fin de distillation. [12]

1.9.2 Les différents modes d'extraction

On retrouve plusieurs modes d'extraction, et chaque procédé est un cas à part, délicat et qui exige un certain degré d'expérience en matière pour obtenir une huile essentielle de qualité et dans les normes, parmi ceux-ci :

1.9.2.1 Distillation à la vapeur d'eau à la vapeur d'eau

La majorité des huiles essentielles sont obtenues par distillation par entraînement à la vapeur d'eau et cela est dû aux exigences de la pharmacopée européenne et permet de décrocher le label BIO. Le procédé consiste à :

- ➔ Faire traverser la vapeur d'eau dans une cuve remplie de plantes aromatiques à distiller.
- ➔ Cette vapeur d'eau riche en composés d'huiles essentielles et d'hydrolat traverse un serpentin où elle se condense.
- ➔ Un essencier recueille ensuite l'hydrolat et l'huile essentielle.

La différence de densité entre les deux liquides permet une séparation aisée de l'huile essentielle recueillie par débordement.

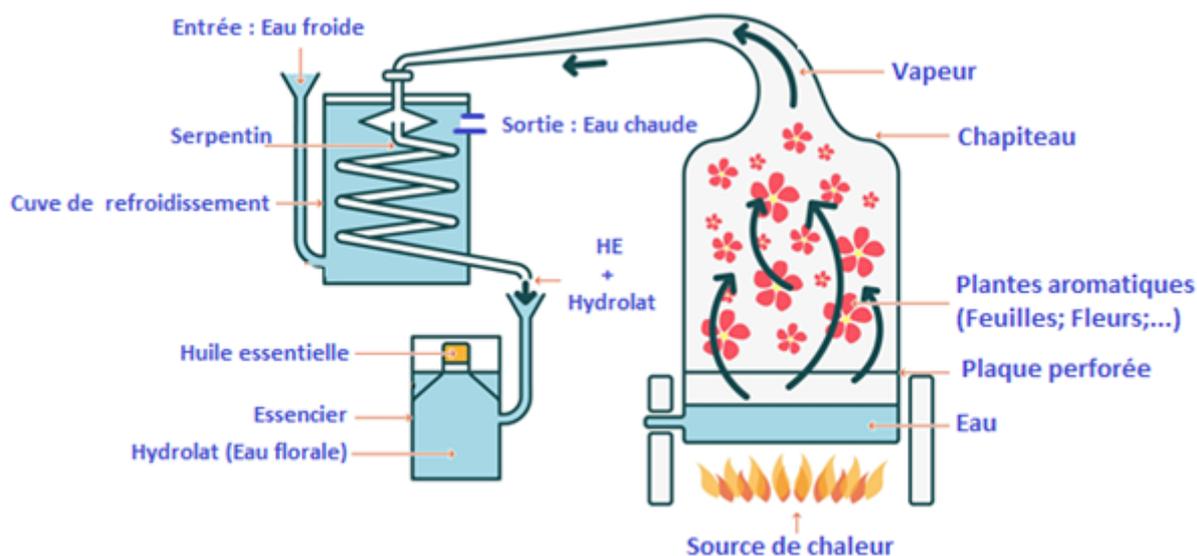


Figure 1.9 Schéma de distillation à la vapeur d'eau [13]

Quelques chiffres à noter :

Pour obtenir 1 kg d'huile essentielle de :	Il faut (environ) :
Clou de Girofle	7 kg de boutons floraux de Girofler
Lavande Vraie	150 kg de Lavande vraie
Rose de Damas	4 tonnes de pétales de Rose de Damas
Mélisse Officinale	5 à 10 tonnes de Mélisse officinale
Eucalyptus Radié	100 à 200 kg d'Eucalyptus Radié
Thym Vulgaris	500kg de Thym (plantes entières)
Hélichryse italienne	1 tonne d'Immortelle (Hélichryse italienne)

Tableau 1.3 Les rendements des huiles essentielles

1.9.2.2 L'expression à froid

L'expression à froid est un procédé d'obtention d'essences d'agrumes (Citron, Orange, Bigarade...etc.) couramment appelés « huiles essentielles » alors que ce n'est pas le cas puisqu'aucune modification chimique ou transformation n'a été faite. L'extraction à froid se fait en écrasant le péricarpe (ou le zeste) du fruit et recueillir l'essence.



Figure 1.10 Essence de Citron PURIFLORE® (à gauche), expression à froid du zeste d'Orange (à droite) [14]

1.9.2.3 La percolation (l'hydro diffusion)

Cette méthode repose sur un envoi de la vapeur d'eau de haut en bas. Une méthode qui donne un meilleur résultat en termes de vitesse et de qualité de substances aromatiques, mais charge les huiles essentielles en substances non volatiles et la récolte de l'huile essentielle sera sous la plaque perforée comme le montre la figure 10. On parle alors " d'essence de percolation ".

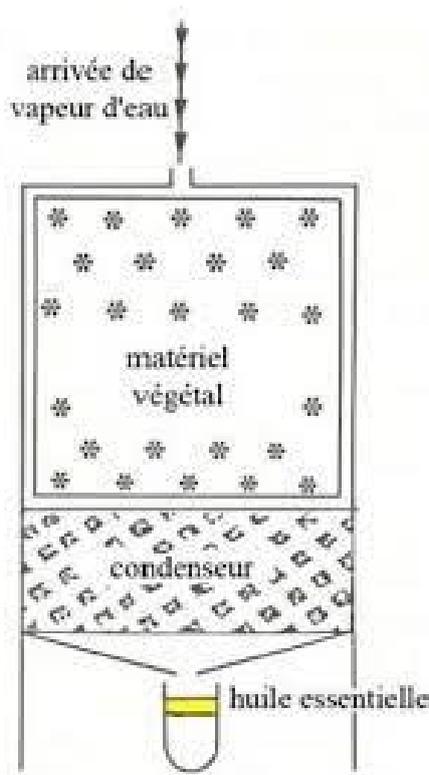


Figure 1.11 Schéma de l'hydro-diffusion [15]

1.9.2.4 L'extraction au CO₂ supercritique

Très moderne, très coûteuse, cette méthode consiste à faire passer un courant de CO₂ à haute pression qui fait éclater les poches à essence et entraîne les substances aromatiques.

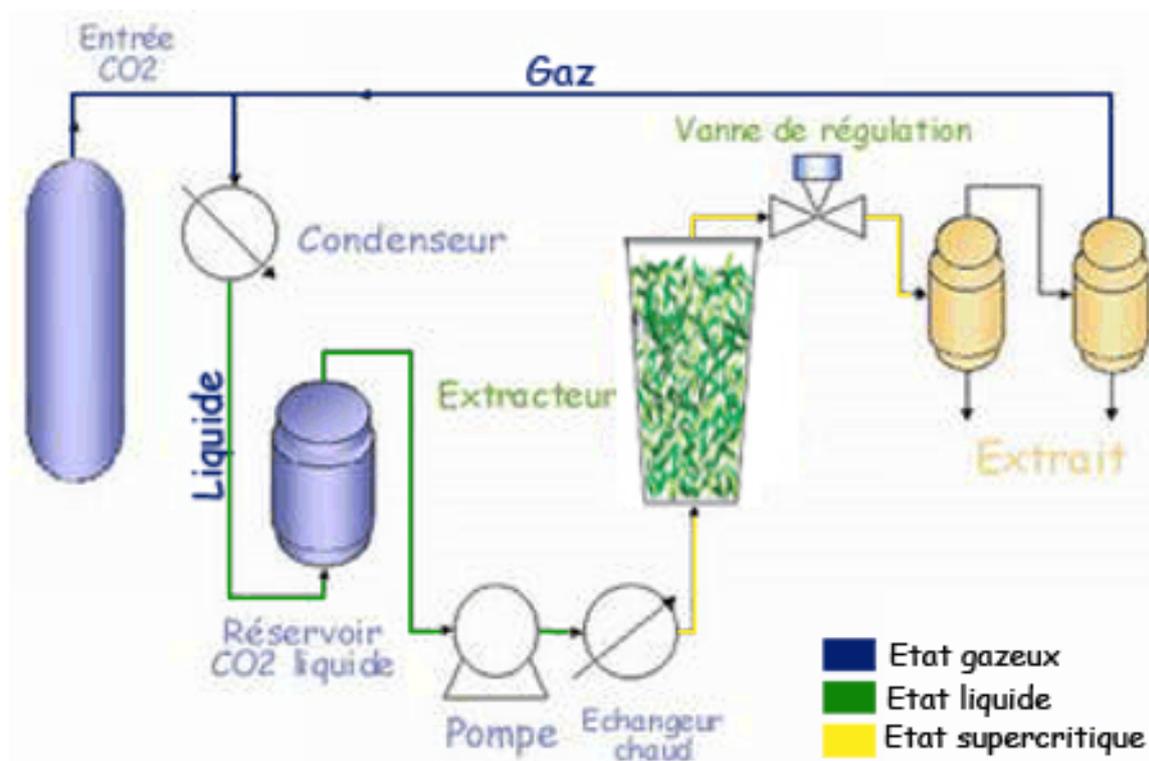


Figure 1.12 Schéma L'extraction au CO₂ supercritique [16]

1.9.2.5 L'enfleurage

L'enfleurage est généralement utilisé pour les fleurs qui contiennent des concentrations d'essence très minimes (jasmin, mimosa...). Ces fleurs sont mises en place dans une cuve pleine de graisses absorbantes qui se saturent progressivement en essence. Les pommades ainsi préparées sont employées telles quelles ou épuisées par l'alcool absolu. A la fin, on récolte des extraits alcooliques aux fleurs surnommés " absolues ". On retrouve deux types d'enfleurage :

a. L'enfleurage à chaud

L'enfleurage à chaud ou digestion est une méthode antique et ancestral. La technique consiste à faire chauffer en bain-marie dans de grandes marmites et plongées dans la graisse des fleurs.



Figure 1.13 Cuve pour l'enfleurage à chaud [17]

b. L'enfleurage à froid

L'enfleurage à froid repose sur le même principe que l'enfleurage à chaud, sauf qu'il est destiné aux fleurs plus fragiles telles que le jasmin. Il repose sur l'utilisation de graisses inodores, telles que la graisse animale.



Figure 1.14 Enfleurage à froid sur des châssis en bois [18]

1.9.2.6 Procédure par épuisement (Extraction par solvant)

L'extraction des essences se fait entre autres par des solvants volatils tel que l'hexane, le benzène ou l'alcool, On plonge les fleurs et les feuilles dans la cuve remplie de solvant et on obtient des concrètes qui deviennent des absolues par épuisement à l'alcool puis des " essences concrètes " après évaporation. Les concrètes contiennent en général 2 à 3% de solvants résiduels. Ces essences ne sont donc utilisables que pour l'olfacto-thérapie.

On trouve dans le sommet de la liste primaire Jabir ibn Hayyan celui qui a mis en œuvre un nombre important d'instruments, méthodes et techniques vers l'an 800 toujours utilisée aujourd'hui dans le domaine de la chimie.

Parmi ses œuvres, on retrouve son alambic, ancêtre des raffineries actuels, sera donc l'initial appareil qui se sert d'une cornue pour purifier les essences. Son principe inspirera les micro-distilleries modernes comme la colonne Hickman. En XI^e siècle fut la distillation à la vapeur d'eau pour l'extraction des huiles essentielles faite par Ibn Sina (Avicenne) surnommé autrefois « Le maître sage ».

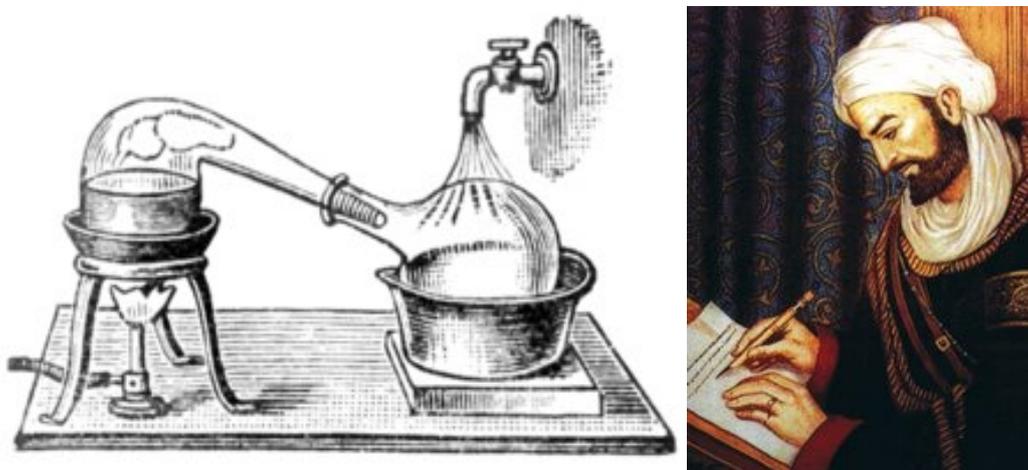


Figure 1.17 Distillation à la cornue dans un alambic (à Gauche), dessin d'Ibn Sina (à Droite) [22]

Cinq ans après, l'alambic fut équipé d'un refroidisseur qui joua un rôle clé dans la condensation des vapeurs et prévenir la surchauffe.

En 1500, l'alchimiste allemand Hieronymus Brunschwig publie le premier livre consacré à cette technique, le *Liber de arte destillandi*, dont la seconde édition de 1512 sera fortement augmentée

En 1651, le médecin John French (1616-1657) publie *The Art of Distillation*, le premier traité anglais sur la pratique de la distillation,

Plus tard, les alambics en cuivre firent leur apparition ; leurs joints rivetés étaient maintenus étanches par différents expédients, comme de la mie de pain obtenue à partir de farine de seigle. Ces alambics comportaient souvent un serpent traversé d'eau froide ajusté à l'extrémité du bec de la cornue qui, accélérant la condensation, augmentait le rendement de la distillation : c'est cet appareil que les Anglais appellent *pot stills*. [23]



Figure 1.18 Alambic en cuivre [24]

Au début du XIX^e siècle, les chimistes français jetèrent les bases de l'analyse chimique moderne, notamment en montrant l'importance du préchauffage et de la rétroaction, puis en 1830 un brevet anglais fut délivré à Aeneas Coffey pour une colonne de distillation. [25]

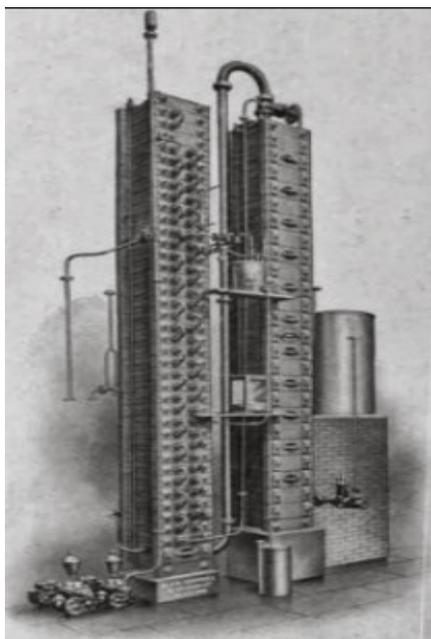


Figure1.19 Colonne de distillation [26]

La distillation la plus simple, à l'application la plus connue (alambic), a été étudiée par le physicien John Rayleigh à la fin du XIX^e, puis dans les années 1930 il fut apparu le dispositif qui permet de faire les distillation les plus performantes jusqu'à maintenant et ça s'appelle la colonne de distillation à bande tournante [27].

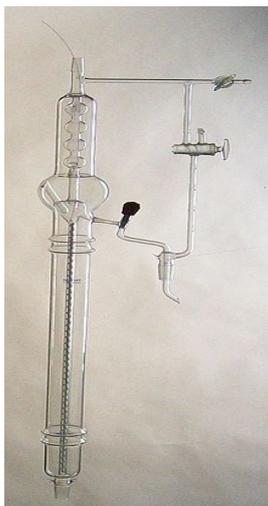


Figure 1.20 Distillateur à bande tournante [27]

Le distillateur à la vapeur d'eau d'aujourd'hui :



Figure 1.21 Distillateur par entrainement à la vapeur d'eau (50L)

1.11 Le marché des huiles essentielles dans le monde et en Algérie

La première huile essentielle mondiale en tonnage est l'huile essentielle d'orange (*Citrus sinensis*), ceci est dû entre autres au fait qu'elle soit un sous-produit de la production du jus d'orange puisque cette dernière est extraite du péricarpe du fruit par expression à froid. En 2015, elle était produite à hauteur de 51 000 tonnes, principalement au Brésil et en Floride, représentant à eux deux, près de 90 % du volume total commercialisé. Vient ensuite l'huile essentielle de menthe des champs avec 32 000 tonnes dont les principaux pays producteurs sont l'Inde et la Chine.

Huiles essentielles	Volume/ an (en tonnes)	Pays producteurs (principales)
Orange douce (Citrus sinensis)	51 000	Brésil, États-Unis
Menthe des Champs (Mentha arvensis)	32 000	Inde, Chine
Citron (Citrus limonum)	9200	Argentine, Italie.
Eucalyptus (globulus et radiata)	4000	Inde, Chine, Argentine
Menthe Poivrée (Mentha piperita)	3 300	Inde, Chine, États-Unis
Citronnelle de Java (Cymbopogon winterianus)	1 800	Chine, Sri Lanka

Tableau 1.4 les principales huiles essentielles produites dans le monde/an et les pays producteur [28]

On retrouve ensuite l'HE de citron en Italie et en Argentine (9200 t), les huiles essentielles d'eucalyptus de type Cinéole principalement en Inde, en Chine et aux États-Unis pour une quantité de 4000 t, la menthe poivrée estimée à 3 300 tonnes et enfin la Citronnelle de Java (1800 tonnes) cette dernière est spécialement produite en Sri Lanka et en Chine.

On peut donc conclure que les trois huiles essentielles les plus vendues dans le monde représentent près de 90 % du volume total, avec deux grands groupes : les agrumes et les menthes.

En utilisant les données fournies par « la base de données Comtrade des États-Unis » [28] nous avons pu établir les tableaux suivants qui représentent les pays importateurs et exportateurs des huiles essentielles ainsi que les quantités importées/exportées et les valeurs correspondantes.

Pays exportateurs	2018		2019		2020	
	Q (tonne)	V(\$)	Q (tonne)	V(\$)	Q (tonne)	V(\$)
Brésil	54 501	437 220	58 459	313 938	66 554	210 190
Etats-Unis	36 048	800 233	34816	787 938	37 493	804 907
Inde	42 490	861 416	29 470	1 212 564	34 589	837 765
Chine	19 821	469 176	19 415	349 893	18 632	305 138
Allemagne	7 240	228 529	7 275	202 358	8 169	207 694
Argentine	7 951	256 584	7 091	216 963	8 264	205 039
Royaume-Uni	8 385	244 039	7 999	210 808	9 024	207 476
France	7 863	522 010	6 550	459 090	8 108	478 938
Indonésie	6 630	199 266	6 576	185 328	7 542	215 807
Espagne	7 859	193 681	8 234	174 354	9 044	187 271

Avec : Q →(Quantité en tonne) et V→(Valeur en milliers \$)

Tableau 1.5 Les10 principaux pays exportateurs des huiles essentielles (2018_2020)

Les 10 principaux pays exportateurs des huiles essentielles des années (2018-2020)

Pays importateurs	2018		2019		2020	
	Q (tonne)	V(\$)	Q (tonne)	V(\$)	Q (tonne)	V(\$)
Pays-Bas	4 886	189 011	5 124	208 745	5 370	175 995
Etats-Unis	52 706	1 376 067	48 734	1 095 691	56 949	1 059 976
Inde	16 374	388 659	12 750	693 335	10 788	228 231
Chine	8 963	250 003	9 461	263 938	10 699	273 212
Allemagne	21 567	441 629	20 754	380 443	24 313	357 762
Singapour	-	188 235	-	172 909	-	154 152
Royaume-Uni	12 681	340 636	11 364	273 331	12 771	259 028
France	11 651	515 982	11 170	443 553	12 208	410 686
Indonésie	9 668	211 109	9 189	167 376	9 359	145 799
Japon	9 209	208 745	13 644	206 699	13 062	175 995

Avec : Q →(Quantité en tonne) et V→(Valeur en milliers \$)

Tableau 1.6 Les10 principaux pays importateurs des huiles essentielles (2018_2020)

Le premier pays exportateur d'huiles essentielles est le Brésil avec une quantité qui a augmenté à hauteur de 7.26% (2018-2019) puis 13.84% (2019-2020) donc presque le double en 2 ans seulement. D'une part, on remarque une augmentation dans les quantités, d'autre part, la valeur monétaire s'est affaiblie durant ces trois dernières années, cela est dû à la diversité des produits vendus (les prix des huiles essentielles ne sont guère équitables, on peut trouver par exemple l'huile essentielle d'orange 100 euros/kg et l'huile essentielle de Rose de Damas 10 000 euro/kg).

Quant aux pays importateurs, les Etats-Unis sont au sommet de la pyramide qui a presque touché les (57 000 tonnes en 2020) puis on retrouve l'Allemagne en deuxième position et ensuite l'Inde

On peut donc dire que le secteur de production des huiles essentielles connaît ces dernières années, une forte croissance dans le marché mondial, ceci est dû à demande mondiale qui ne cesse d'augmenter au fil des années, grâce à la diversité des domaines d'application. Le secteur de production des huiles essentielles représente des enjeux socio-économiques remarquables, une source de création d'emplois et qui génère des revenus durables et rentables auprès des populations locales.

1.12 L'Algérie dans le marché international des huiles essentielles

Année	Importations		Exportations	
	Qte (Tonne)	Val (Mill. \$)	Qte (Tonne)	Val (Mill. \$)
2011	403	4 659	9	47
2012	478	5 499	4	28
2013	500	5 275	2	1
2014	564	5 021	3	2
2015	776	7 615	10	3
2016	1040	7 716	2	1
2017	932	9 019	15	25
2018	659	6 377	5	25
2019	574	5 731	2	16
2020	318	4 121	7	29

Tableau 1.7 Les quantités et les valeurs des importations et exportations d'huiles essentielles en Algérie 2011-2020

Pays exportateurs	Pays importateurs
France	Tunisie
Espagne	Espagne
Turquie	Mauritanie
Italie	Canada
Chine	Royaume-Unis
Inde	-
Brésil	-
Royaume-Unis	-
Liban	-
Belgique	-

Tableau 1.8 Les pays qui Importe/Exporte les huiles essentielles depuis l'Algérie [28]



Figure 1.22 La côte Algérienne [29]

Un pays de 2 381 741 km², 10^e rang mondial avec une côte qui longe 1622 km mais comme le montre le tableau (7) l'Algérie est littéralement absente dans le marché international, bien que dans un pays avec une situation géographique comme celle-ci (Figure 23), possède une flore riche et diversifiée. Cette richesse s'explique par l'étendue de sa surface constituée par des écosystèmes de types méditerranéens, steppique et saharien.

L'Algérie comprend 286 espèces assez rares, 647 espèces rares, 640 espèces très rares, 35 espèces rarissimes et 168 espèces endémiques. [30]

1.13 Conclusion

En conclusion, les plantes aromatiques contiennent des essences naturelles qui se transforment en huiles essentielles par distillation et cela en modifiant la structure biochimique des essences de la plante aromatique. L'utilisation des huiles essentielles connaît un fort essor cette dernière décennie dans le monde et spécialement en Algérie. Bien que la situation géographique et climatique de ce pays reste idéale pour cultiver la plupart des plantes aromatiques couramment utilisées dans le monde, l'Algérie demeure absente dans le marché international.

Chapitre 2

La chaîne logistique (Supply Chain)

2.1 Introduction

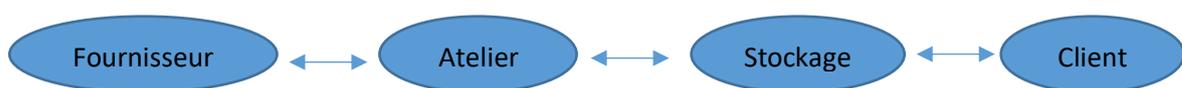
Ce chapitre définira quelques concepts et notions de base qui président à la conception de l'extracteur d'huile essentielle. L'application de ces notions répondent aux tendances et normes « au naturel » dans un cadre eco-friendly. Une harmonie entre une conception tant efficace qu'efficace et en même temps à coût tolérable et consciente de l'impact environnementale.

2.2 Qu'est-ce que la chaîne logistique ?

La logistique repose sur la gestion de tout ce qui a rapport avec l'expéditions, le stockage, le conditionnement et l'approvisionnement des produits de l'entreprise, elle est tout aussi importante pour les acteur internes qu'externes et cela en optimisant les flux physiques et la circulation des informations.

La logistique permet au gestionnaire de maîtriser les coûts et les délais ce qui est finalement un avantage concurrentiel qui permet à l'entreprise d'atteindre ses objectifs.

Ce chapitre définira quelques concepts et notions de base qui président à la conception de l'extracteur d'huile essentielle. L'application de ces notions répondent aux tendances et normes « au naturel » dans un cadre eco-friendly. Une harmonie entre une conception tant efficace qu'efficace et en même temps à coût tolérable et consciente de l'impact environnementale.



2.3 L'intérêt de la chaîne logistique dans l'Entreprise

La chaîne logistique est un élément clé de compétitivité, qui a pour objectif la satisfaction des clients, et cela en améliorant la coordination des services de l'entreprise.

Dans une entreprise qui fournit des produits tel que les huiles essentielles, la concurrence est rude et se joue sur quelque infimes détails.

L'objectif de la logistique en entreprise porte à la fois sur du court terme autrement dit sur l'optimisation des flux physiques « quotidiens » et sur du moyen à long terme en établissant des plans d'actions qui ont pour but l'amélioration et l'optimisation des paramètres de la production jusqu'à la distribution.

L'intérêt de la logistique **au niveau opérationnel** (Liaison direct des activités principales de l'entreprise) regroupe toutes les tâches et les personnels qui sont directement liés à la réalisation du produit de la matière première jusqu'au conditionnement et stockage du produit fini, ensuite de l'emballage à la distribution/livraison au client. On peut donc distinguer 05 catégories de tâches :

- Les opérations de transport.
- Les opérations de manutention.
- Les opérations statiques (Stockage...)
- Les opérations accessoires (Conditionnement...)
- Les opérations de suivi-information (Tracking et gestion de stock)

Quant à l'utilité de la logistique **au niveau fonctionnel** (Liaison indirecte des activités principales de l'entreprise) c'est qu'elle coordonne toutes les activités et le personnel dits " de Support" afin d'optimiser le travail du niveau opérationnel, autrement dit, elle a pour but d'alléger le travail directement lié aux principales activités de l'entreprise, à savoir la production, le conditionnement, le stockage et la distribution...

Au niveau stratégique, la logistique donne un pouvoir défensif à l'entreprise contre les situations où les organisations se concurrencent mutuellement en vue de rationaliser le temps de mise en œuvre de leur plan stratégique, ces situations sont appelées « La chrono-compétition ».

2.4 Le management de la chaîne logistique (Supply Chain Management)

- a. Le management** c'est avant tout un terme désignant la gestion et la mise en œuvre d'un système dit « managérial » afin d'optimiser les moyens humains et matériels dans le but d'atteindre les objectifs prédéfinis par le niveau stratégique de l'entreprise.
- b. Le management de la chaîne logistique** est donc la gestion de la chaîne logistique, qui constitue le pilotage des ressources matériels et humaines, de l'approvisionnement des matières premières à la distribution au client final.
- c. Avoir un bon management logistique** c'est évaluer efficacement et avec efficacité les besoins de chaque maillon de la chaîne logistique.

2.5 La performance logistique

La performance logistique c'est de satisfaire la commande client au moindre coût et dans les conditions prévues. On peut aussi dire que la performance est le résultat de 04 leviers d'actions :

2.5.1 La fiabilité logistique

La fiabilité logistique se définit par la capacité de l'entreprise à livrer le client le bon produit, à l'heure convenue et dans les bonnes conditions.

Les notions de respect du cahier de charges et attentes du client, telle est la fiabilité logistique.

La fiabilité logistique nécessite la connaissance des méthodes et du produit, dont les conditions de stockage et les paramètres à tenir en compte lors de la manutention. De même, l'information doit être symétrique aux produits. Par exemple, les fiches-produits doivent correspondre aux produits. L'application de procédures et l'utilisation d'équipements et de conditionnements conformes à la réglementation et aux bonnes pratiques pour la manutention et le transport sécurisés des produits contribuent également à respecter la qualité et l'intégrité des marchandises comme d'en limiter les impacts sur l'environnement.



Figure 2.1 Levier fiabilité logistique [31]

2.5.2 L'efficacité logistique

L'efficacité est un élément important dans la mesure de performance logistique, on peut la connaître en mesurant le rapport entre les résultats et le coût des ressources utilisés. Une bonne efficacité c'est le fait de réaliser un but prédéfini avec le minimum de ressources possibles. A ne pas confondre avec l'efficacités qui n'est seulement que l'atteinte d'un objectif sans prendre en compte le coût des ressources mise en œuvre.

Les principes de l'efficacité logistique font appel à :

- L'économie d'échelle.
- La standardisation des produits et des processus.
- L'automatisation des opérations.
- L'amélioration de la visibilité.
- L'optimisation des ressources.
- La collaboration interentreprises.
- La Technique de Qualité Totale pour la rationalisation des produits et des processus, la réduction des coûts et l'élimination systématique des gaspillages dans une démarche d'amélioration continue.

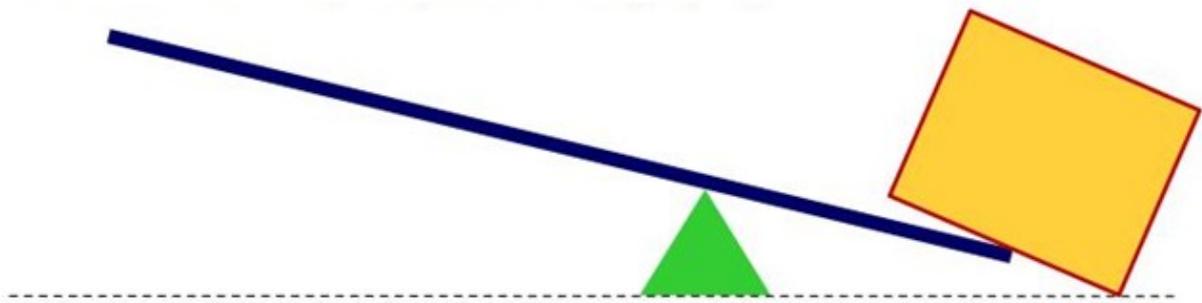


Figure 2.2 Levier d'efficacité logistique [32]

2.5.3 La réactivité logistique

Autrement appelée la flexibilité logistique, c'est le pouvoir d'adaptation rapide aux changements d'environnement, ou dans la capacité de production et la diversité des produits ou encore aux fluctuations de la demande.

La réactivité logistique est très remarquable lorsqu'il s'agit de mettre un nouveau produit dans le marché.

De multiples indicateurs donnent une mesure de la réactivité : time-to-market, rotation des stocks, vitesse d'écoulement des produits, ratio de tension des flux, temps de cycle, de transit, d'attente, cycle order-to-cash, cycle cash-to-cash. Etc.



Figure 2.3 Levier d'efficacité logistique [33]

2.5.4 La « Green » logistique

Communément appelée la logistique verte ou l'éco-logistique. Comme son nom l'indique elle vise à responsabiliser tous les maillons de la chaîne logistique lors de la réalisation d'un produit afin de respecter l'environnement. En d'autres termes c'est l'ensemble des politiques et mesures durables implantées dans le secteur de la logistique afin de réduire l'impact sur l'environnement, ce concept affecte la configuration des processus et structures, systèmes et équipements de transport, de distribution et de stockage des marchandises.

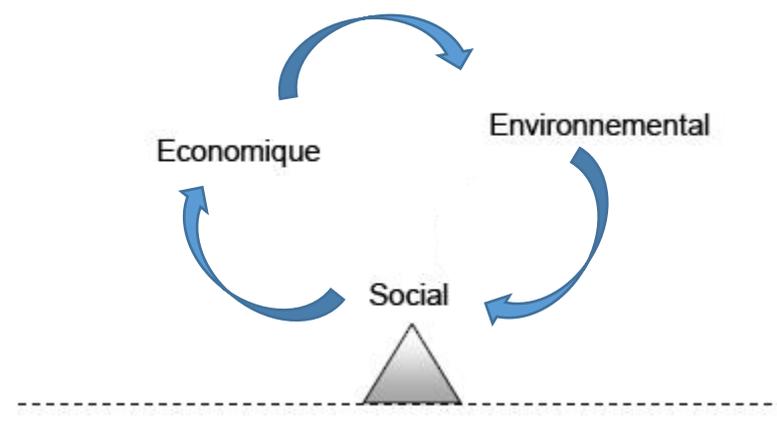


Figure 2.4 Levier green logistique

2.6 Le diagramme des flux

Dans cette partie, nous allons mettre en œuvre le diagramme des flux d’une société algérienne de production et de commercialisation d’huiles essentielles afin de clarifier le processus depuis le tout début de la production jusqu’à la distribution et de visualiser le fonctionnement des flux de tâches et ceux de communications et ceux grâce au logiciel X-mind qui nous a permis de dessiner ce diagramme de flux.

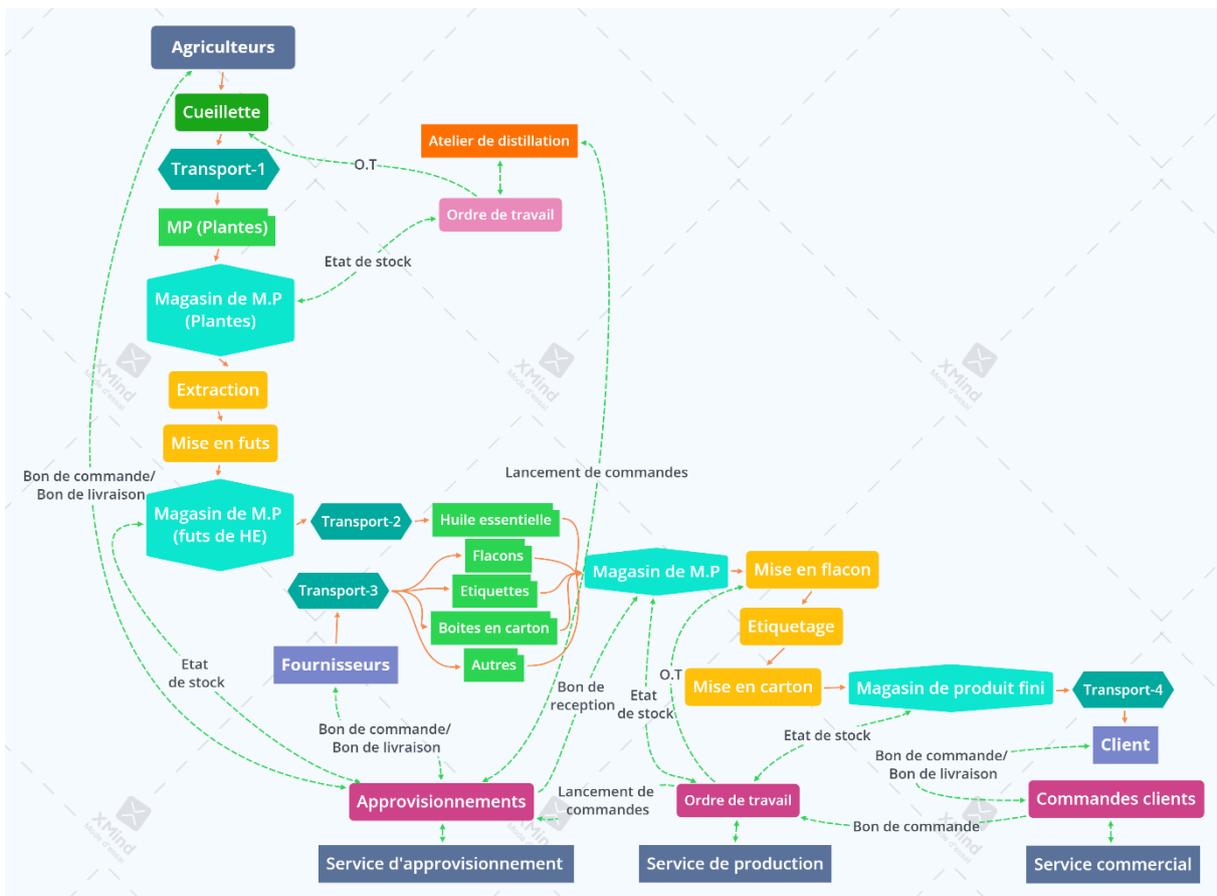


Figure 2.5 Le diagramme des flux de tâches et de communication d’une société des productions et de commercialisation d’HE

2.6.1 Le flux des tâches

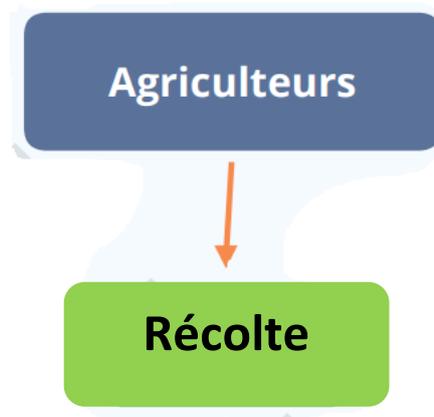


Figure 2.6 Flux des tâches « Agriculteurs → Récolte »

Tout d’abord, on doit nos magnifiques plantes aromatiques aux herboristes-agriculteurs qui représentent le premier maillon de la chaîne de production des huiles essentielles, ces derniers attendent la période de floraison qui s’avère le premier repère pour débiter la récolte, toute période sèche et chaude est un gage d’un bon rendement, ils commencent donc la cueillette dans des parcelles propres en évitant les périodes de rosée.

Les huiles essentielles peuvent être extraites de différentes parties de la plante, on retrouve par exemple :

a. Les feuilles



Figure 2.7 La récolte des feuilles de Ravintsara [34]

b. Les sommités fleuries

Figure 2.8 La récolte des sommités fleuries de Lavande [35]

c. Les pétales de fleurs

Figure 2.9 La récolte des fleurs de Rose de Damas [36]

d. Les rhizomes (Racines)

Figure 2.10 Récolte des rhizomes de Gingembre (à gauche) et de Curcuma (à droite) [37]

Les plantes sont rapidement transportées dans un local sec et aéré, où se fera le séchage.

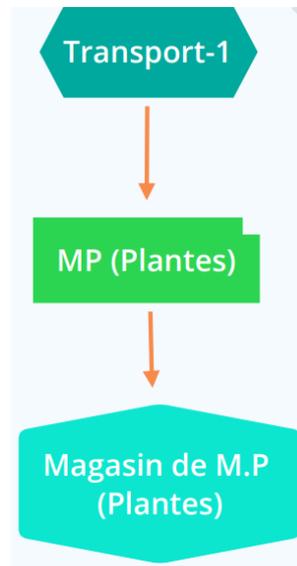


Figure 2.11 Flux des tâches « Transport → Magasin M.P (Plantes)

Le séchage étant une très importante étape pour un bon nombre de plantes aromatiques telles que la lavande, l'eucalyptus, le romarin ou le thym pour un bon rendement. Cependant pour certaines plantes telles que la rose, le géranium ou encore le basilic, le séchage s'avère nuisible.



Figure 2.12 Séchage naturel [38]



Figure 2.13 Séchage industriel [39]

Le séchage a une grande importance, en plus d'être une étape essentielle dans la distillation de certains produits, il :

- Conserve la qualité organoleptique et physico-chimique des plantes aromatiques.
- Stabilise la conservation des plantes aromatiques.
- Garantit la qualité microbiologique des plantes aromatiques.
- En cas de non distillation, les plantes aromatiques sèches peuvent être broyées et expédiées aux marchés des herboristeries sèches.



Figure 2.14 Plantes séchées et broyées [40]

Ensuite on retrouve l'étape de « battage » autrement dit de « Trie » où on :

- Élimine toutes les espèces végétales autres que l'espèce recherchée.
- Élimine les corps étrangers et les plantes malades.



Figure 2.15 Battage des plantes aromatiques [41]



Figure 2.16 Flux des tâches « Extraction → Magasin M.P (Fûts des HE) »

Enfin, on arrive à la dernière étape de transformation des plantes aromatiques en huiles essentielles. Cette étape consiste à distiller les parties prédéfinies selon l'huile essentielle recherchée (feuilles, fleurs, sommités fleuries...). Deux heures (y compris la durée du transport) est une durée maximale entre la récolte et la distillation pour certaines plantes telles que le basilic, la mélisse ou encore le géranium qui noircissent très rapidement, pour celles-ci, il est nécessaire d'avoir un distillateur mobile très proche du lieu de récolte.

Ce qui n'est pas le cas pour d'autres plantes plus résistantes telles que le thym, le romarin ou l'eucalyptus. Enfin ces HE seront stockés dans des fûts en inox à l'abri de la lumière et dans un local tempéré.



Figure 2.17 Distillation à la vapeur d'eau [43]

L'étape de **conditionnement**, consiste à s'approvisionner en matériels d'emballage, à savoir : le flacottage, l'étiquetage, les cartons, le matériel de nettoyage, de stérilisation et de remplissage.



Figure 2.18 Matériels d'emballage

Une fois les HE conditionnées en flacons, ces derniers seront stockés au magasin de produits finis, étiquetés, emballés, et enfin distribués.



Figure 2.19 Stockage des PF

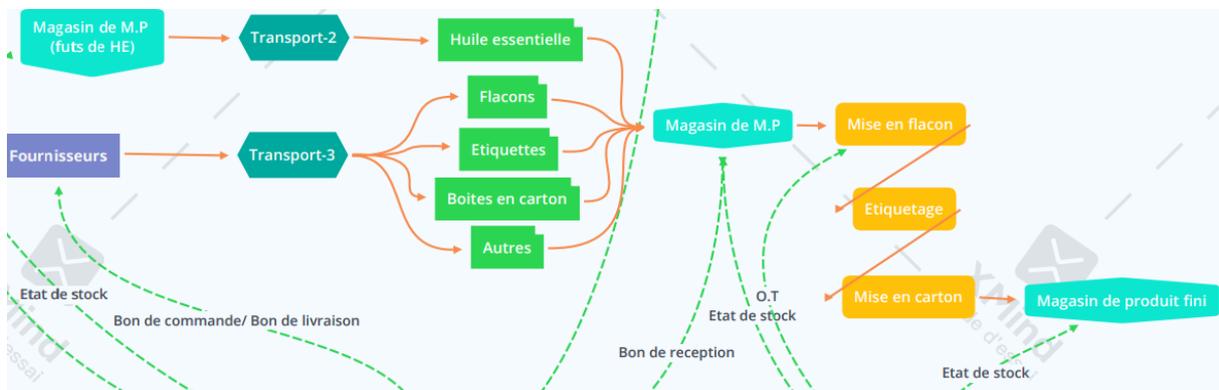


Figure 2.20 Flux des tâches « Approvisionnement et conditionnement → Magasin Produits Finis »

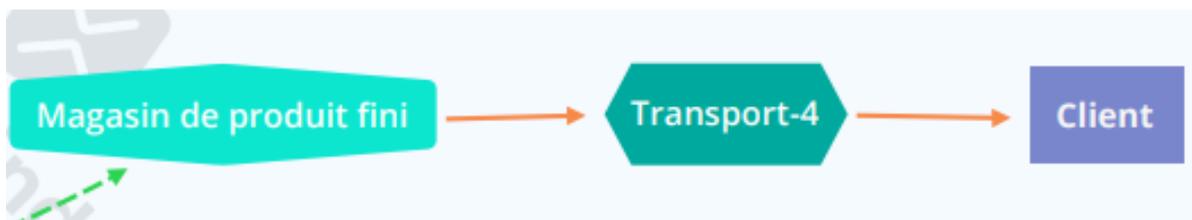


Figure 2.21 Flux des tâches « Magasin Produits Finis → Client final »

2.6.2 Flux de communication

Tout d'abord il faut savoir que cette entreprise travaille généralement en B2B, et que les flacons, les étiquettes et les cartons sont toujours disponible en stock cela dit :

-Une fois le client demande un produit il y'a donc un déclenchement de commande qui se traduit en un bon de commande dans le système « Commandes clients » dans le service commercial soit par un mail ou par téléphone.



Figure 2.22 Flux des communications « Client → Service Commercial »

- Le service commercial envoie le bon de commande au service de production.



Figure 2.23 Flux des communications « Service commercial → Service de production »

- Le service de production donne l'ordre au magasinier PF de vérifier si les produits demandés sont disponibles dans « Le magasin des P.F », si c'est **disponible**, les produits sont envoyés au service commercial puis au client, et dans le cas contraire

(Indisponible), Le magasinier PF renvoie la demande au service de production qui va donner l'ordre au magasinier MP de vérifier si la matière première est disponible,

*si c'est le cas :

Le magasinier MP renvoi une réponse positive au service de production, puis ce dernier donne l'ordre à l'atelier de conditionnement qui fera la mise en flacon, l'étiquetage, l'emballage et la mise en carton, puis il envoi au « magasin des P.F » où il sera ensuite expédié au client accompagné d'un bon de livraison.

*Si ce n'est pas le cas :

Le magasinier MP renvoi une réponse négative au service de production, ce dernier fera donc une demande auprès du service d'approvisionnement.

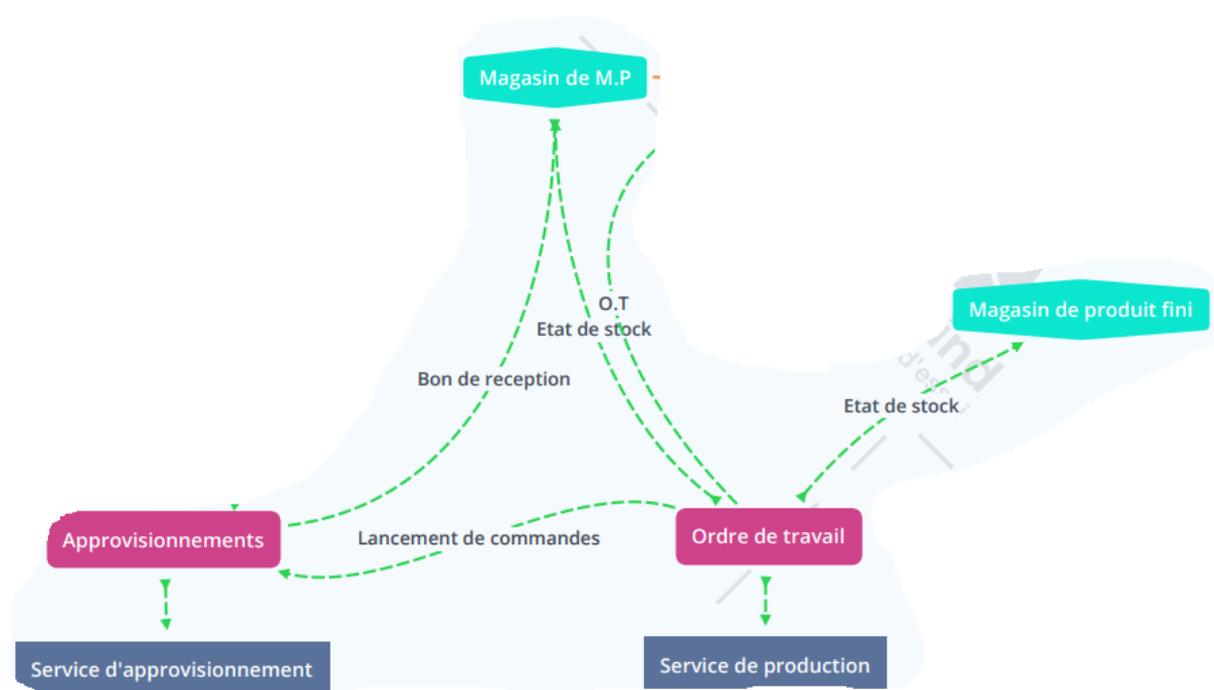


Figure 2.24 Flux des communications « Vérification des états de stocks dans les magasins de PF et de MP et lancement d'une demande d'approvisionnement »

- Le service d'approvisionnement traite la commande comme suit :
 - *Il commence par voir l'état de stock dans le « *magasin des HE en fûts* » si les huiles essentielles en question sont disponibles dans les fûts :
 - * Si c'est le cas il donne l'ordre de les transporter au « Magasin des MP » (puis la chaîne continue jusqu'à la distribution vers le client.

* Si ce n'est pas le cas :

La demande est transmise à l'atelier de distillation qui va vérifier à son tour l'état de stock auprès du « Magasin MP (plantes) », si le stock est disponible, les plantes vont être alors distillées (Si bien sûr il s'agit des huiles essentielles non fragiles, qui ne demandent pas d'être distillé juste après la cueillette), si le stock ne permet pas la distillation, une réponse négative est envoyée au service d'approvisionnement et ce dernier fera transmettre un bon de commande aux agriculteur/ marché des plantes séchées.

- Une fois les agriculteurs/ les marchés des plantes séchées accordent une réponse favorable pour la commande, il expédie les plantes demandées accompagnées d'un bon de livraison.

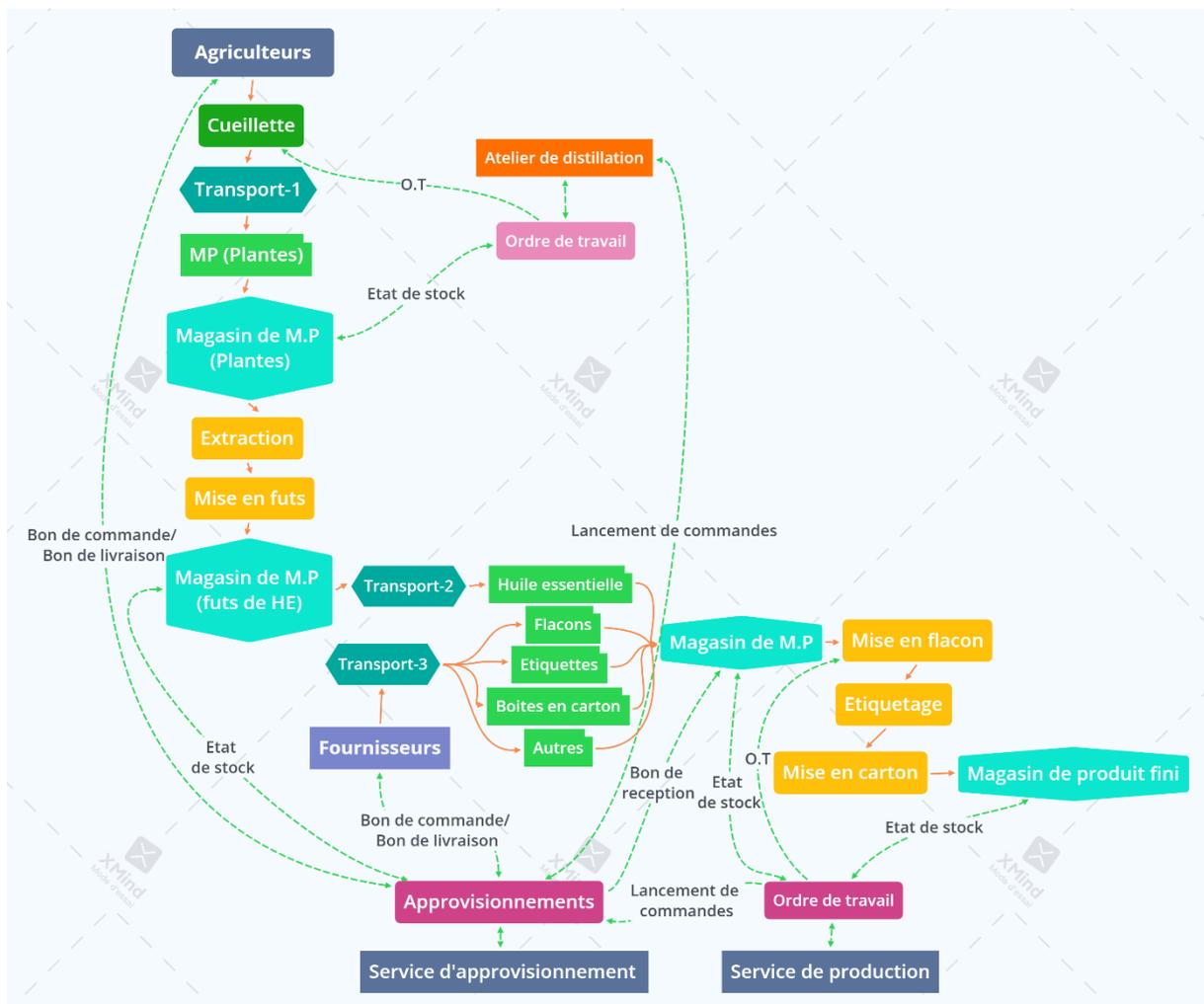


Figure 2.25 Flux des communications « Vérification des états de stocks dans les magasins de HE en fûts et de MP plantes et lancement de commandes »

2.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les enjeux de la logistique dans une entreprise en associant la maîtrise des coûts à la qualité et à la rapidité de la réponse aux demandes des utilisateurs et coordonner l'offre et la demande.

Également ce chapitre nous a permis de connaître les intérêts de la chaîne logistique à tous les niveaux et comment les manager afin d'optimiser les ressources humaines et matériels dans le but d'atteindre les objectifs prévus.

Nous avons parlé des quatre leviers de la performance logistique durable qui pousse toujours l'entreprise à être mieux en termes de planification, de rapidité, à moindre coût et rester toujours plus proche aux clients.

Nous avons aussi évoqué l'utilité du diagramme de tâches et celui de communication dans l'entreprise et leur rôle dans le bon déroulement du travail.

Chapitre 3

Conception sous le logiciel CATIA

3.1 Introduction

La conception assistée par ordinateur, communément appelée CAO réunit plusieurs outils informatiques en vue d'obtenir une modélisation géométrique d'une pièce dans le but de faire des simulations d'une fabrication. La CAO offre une visibilité globale du comportement d'un objet avant sa réalisation, tant au niveau de son aspect que de sa structure et de son fonctionnement. L'affichage des pièces peut se faire en 2D ou en 3D. La CAO fut d'abord très utilisée, aux États-Unis notamment, par les militaires avant de s'étendre à d'autres industries civiles : automobile, informatique, architecture, génie civil, aéronautique... Ce sont les progrès de l'informatique et la popularisation des outils qui ont favorisé la vulgarisation de la CAO. Dans ce chapitre nous allons présenter la conception détaillée des composants de distillateur, et nous allons expliquer le rôle de chaque composant qui nous a amené à trouver la conception adéquate pour un fonctionnement parfait du système, ainsi que la combinaison appropriée de la structure de la machine.

3.2 Présenter du logiciel CATIA

CATIA « Computer Aided Tridimensional Interactive Application » est un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) créé au départ par la société Dassault Aviation pour ses propres besoins sous le nom de CATI (acronyme de conception assistée tridimensionnelle interactive) [2], [3].

CATIA est né d'un développement réalisé en interne dans les années 1970 par l'avionneur Marcel Dassault.

Le logiciel était initialement dénommé CATI (Conception Assistée Tridimensionnelle Interactive), mais il a été renommé CATIA en 1981. À ce moment-là, Dassault a créé une filiale responsable du développement et de la commercialisation de l'outil, et a signé un accord non exclusif de distribution avec IBM (International Business Machines Corporation, connue sous l'abréviation IBM, une société multinationale américaine qui est présente dans les domaines du matériel informatique, du logiciel et des services informatiques.)

- En 1984, Boeing a sélectionné CATIA comme son principal outil CAO, et en est devenu le principal utilisateur.

- En 1998, une version complètement réécrite de CATIA est publiée. Cette version a été écrite pour Microsoft Windows tout en conservant sa disponibilité sous UNIX; le monde Mainframe a été abandonné.

La Version 5 de CATIA est sortie en 2000 et sa dénomination commerciale est « CATIA V5 ». Des mises à jour (Release) sont régulièrement proposées : R1, R2 ...R20 (R20, version avec laquelle est réalisé ce document, date du 08/12/2010, on la choisie pour sa stabilité) [2].

3.2.1 Première ouverture du logiciel CATIA V5

La figure 3.1 représente l'interface de la première ouverture du logiciel CATIA V5. Il est programmé pour s'ouvrir automatiquement (par défaut) dans l'atelier Assemblage (Assembly Design, Produit1).

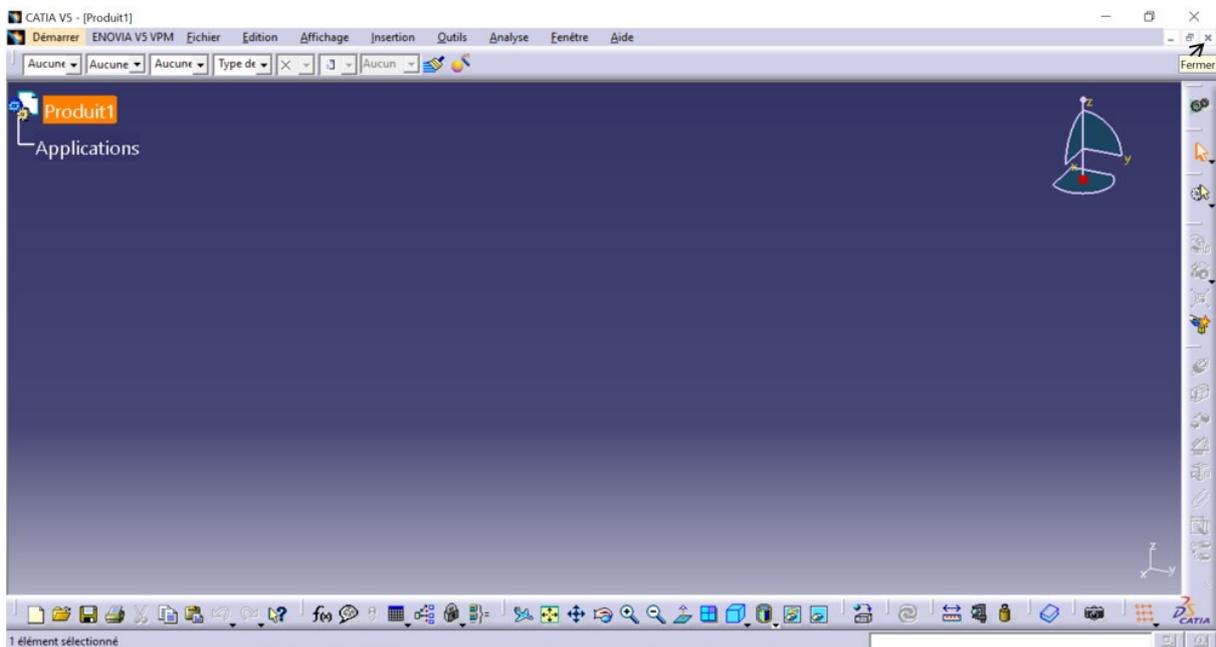


Figure 3.1 Interface du Logiciel CATIA V5 (ouverture par défaut) [1], [2]

Il faut fermer cette fenêtre, en cliquant sur le bouton fermer (figure 3.1), puis ouvrir l'atelier dans lequel on veut travailler à partir du menu Démarrer de la barre des menus (figure 3.2).

3.2.2 Interface de CATIA V5

La figure 3.2 illustre l'interface du Logiciel CATIA V5 (atelier Part Design).

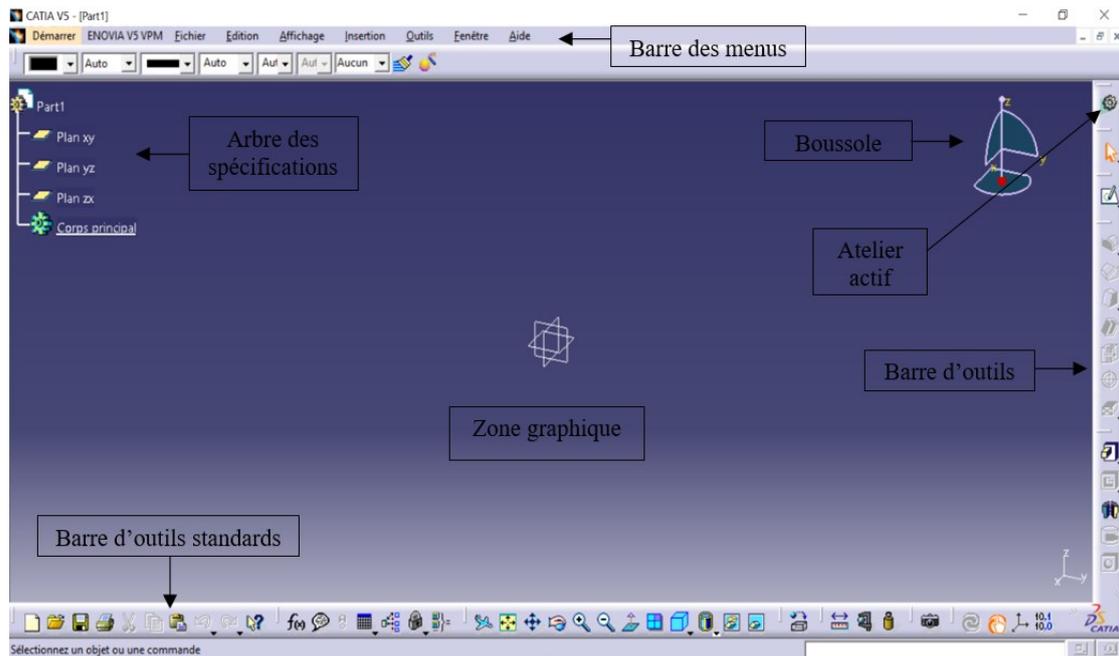


Figure 3.2 Interface du Logiciel CATIA V5 (atelier Part Design) [1], [2]

3.3 Conception du distillateur

Notre distillateur est essentiellement constitué de trois parties principales (partie cuve, condensateur, essencier). La figure 3.3 montre la conception globale du distillateur, ainsi que la répartition des parties maîtresses.

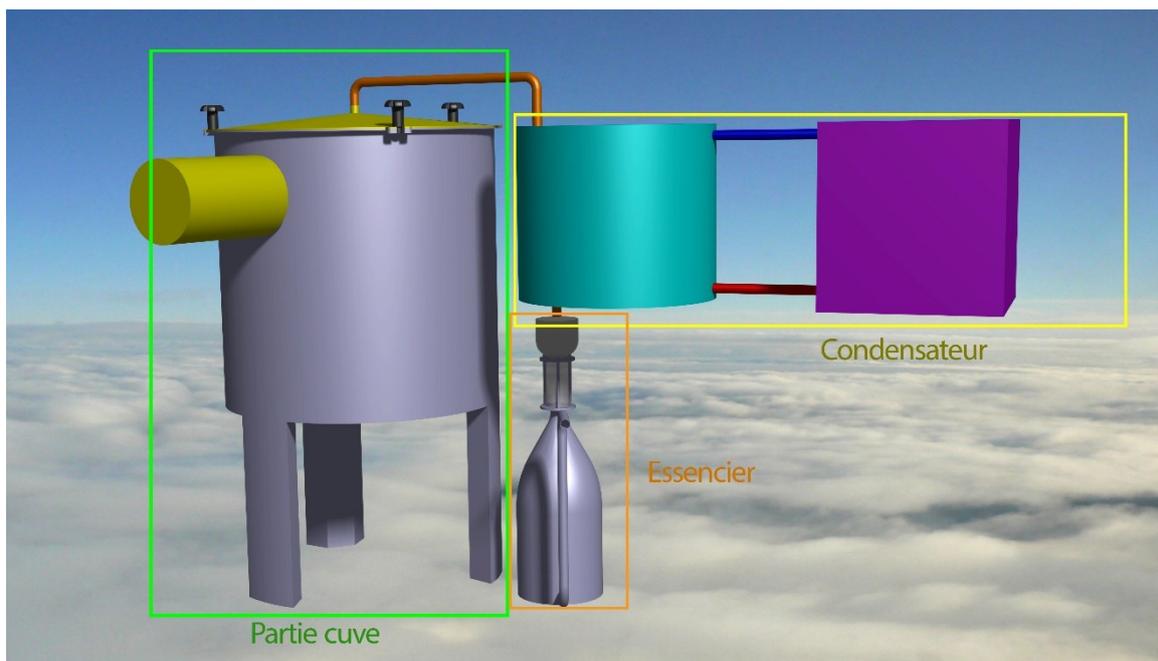


Figure 3.3 Conception globale du distillateur (Assembly design)

3.3.1 Partie cuve

La partie de la cuve se compose de quatre principales pièces :

3.3.1.1 Cuve

La cuve constitue l'élément majeur de notre distillateur, c'est le corps permettant de réunir et assembler des composantes essentielles dans cette partie à savoir la passoire et le couvercle, cette cuve prend la forme d'un cylindre posé verticalement sur trois pieds et caractérisé par un embout supérieur adéquat avec le couvercle.

3.3.1.1.1 Cylindre de la cuve 1

Afin de modéliser ce gabarit sur CATIA, nous devons commencer par un dessin en 2D de la forme générale du cylindre de la cuve 1 sur une esquisse (voir figure 3.4). Grâce à l'outil *révolution* qui se trouve dans la barre d'outils nommée « Composants issus d'un contour » le dessin devient en 3D après être sorti de l'esquisse. Le résultat obtenu est la conception tridimensionnelle du cylindre de la cuve qui sera représentée sur la figure 3.5.

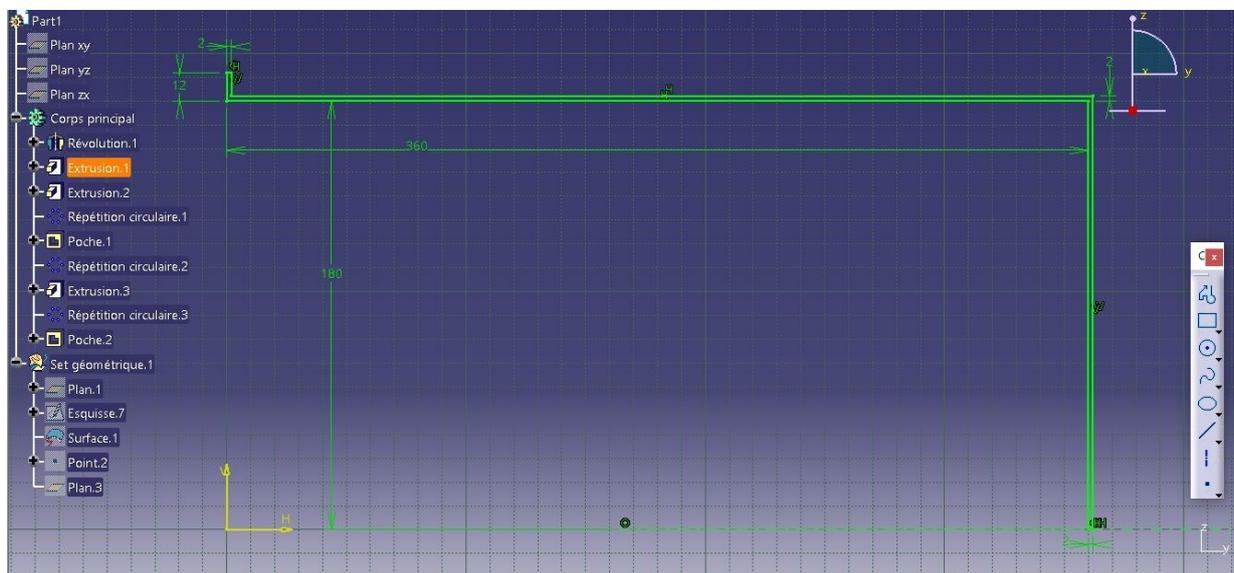


Figure 3.4 Esquisse de la cuve 1

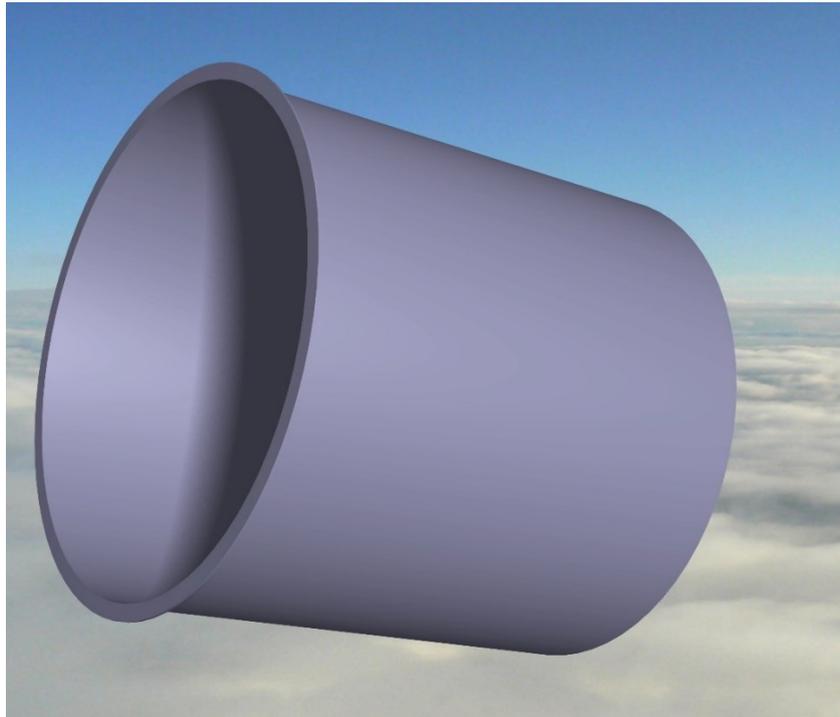


Figure 3.5 Part Design de la cuve 1

3.3.1.1.2 Système de fermeture

La sélection de la surface de l'embout supérieur du cylindre suivi par un clique sur l'outil esquisse permet d'ouvrir une nouvelle esquisse sur le plan de la surface sélectionnée, c'est le plan sur lequel nous avons tracé le contour de la forme des fermetures représenté sur la figure 3.6.

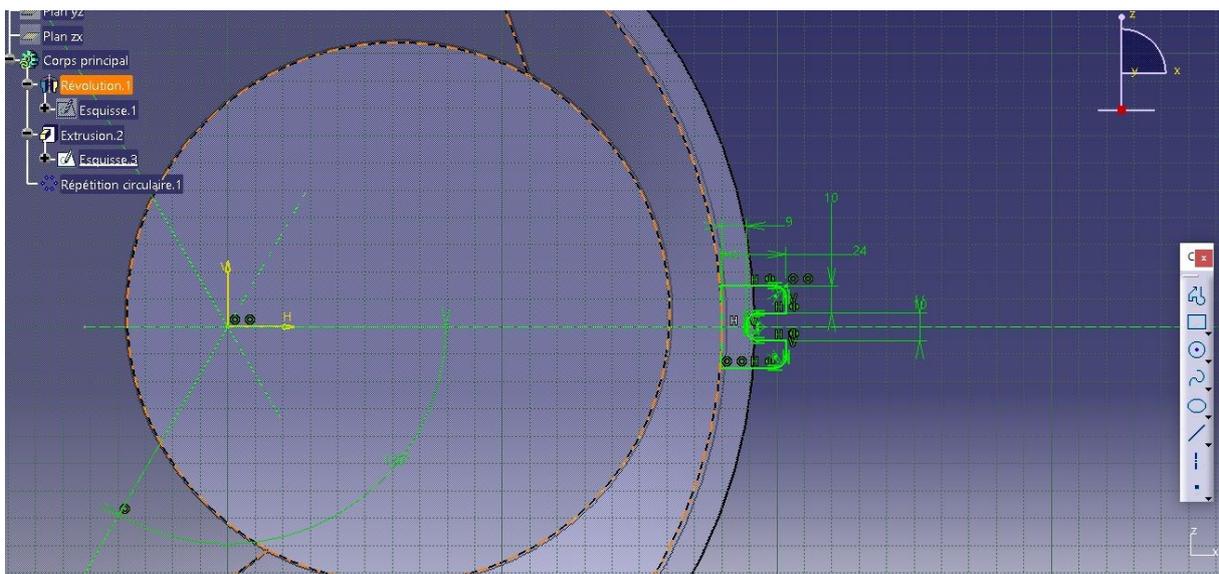


Figure 3.6 Sketcher (esquisse) du système de fermeture de la cuve

Ensuite en cliquant sur l'outil « sortir de l'esquisse », le logiciel nous emmène vers l'espace « Part Design » là où on trouve les outils servant à donner la troisième dimension, et en utilisant l'outil extrusion de la barre d'outils « Composants issus d'un contour » nous obtenons la forme souhaitée qui est montrée sur la figure 3.7.

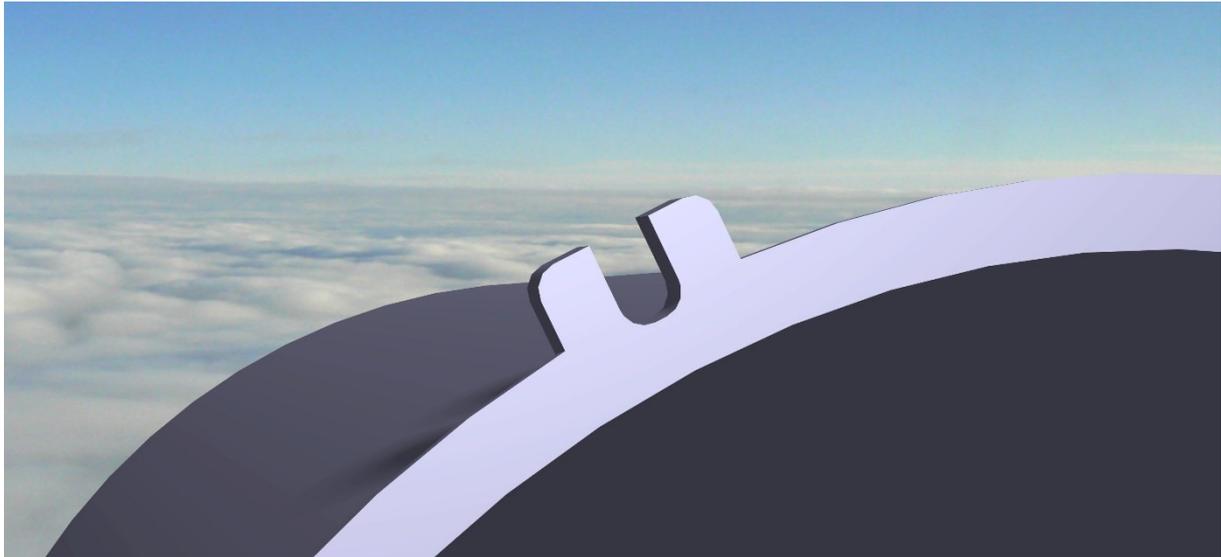


Figure 3.7 Part design système de fermeture

Nous devons par la suite créer la même forme en deux autres copies afin de réaliser ceci sans avoir besoin de répéter les étapes précédentes. Nous avons utilisé l'outil de « répétition circulaire » de la barre d'outils « Composants issus d'un contour », il permet de dupliquer une extrusion circulaire autour d'un axe en définissant les paramètres de répétition qui sont le nombre d'instances (3) et l'espacement angulaire (120°). La figure 3.8 montre la fenêtre des paramètres de la répétition circulaire.

Les formes finales spécifiques du système de fermeture après l'exécution de la répétition circulaire sont montrées sur le « Part design » dans la figure 3.9.

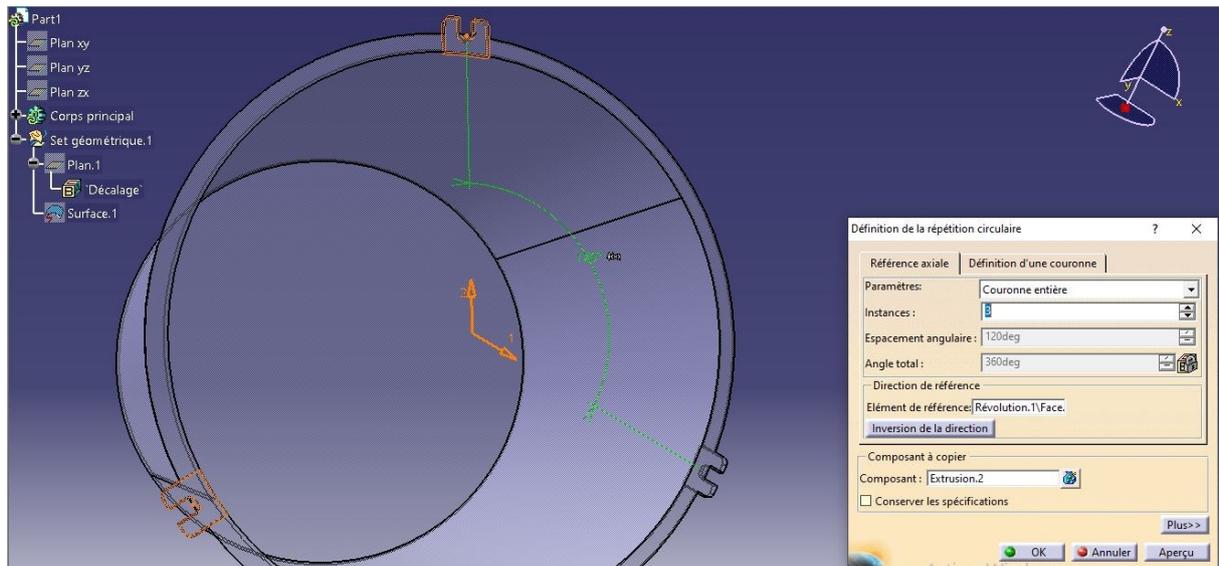


Figure 3.8 Paramètres de répétition circulaire

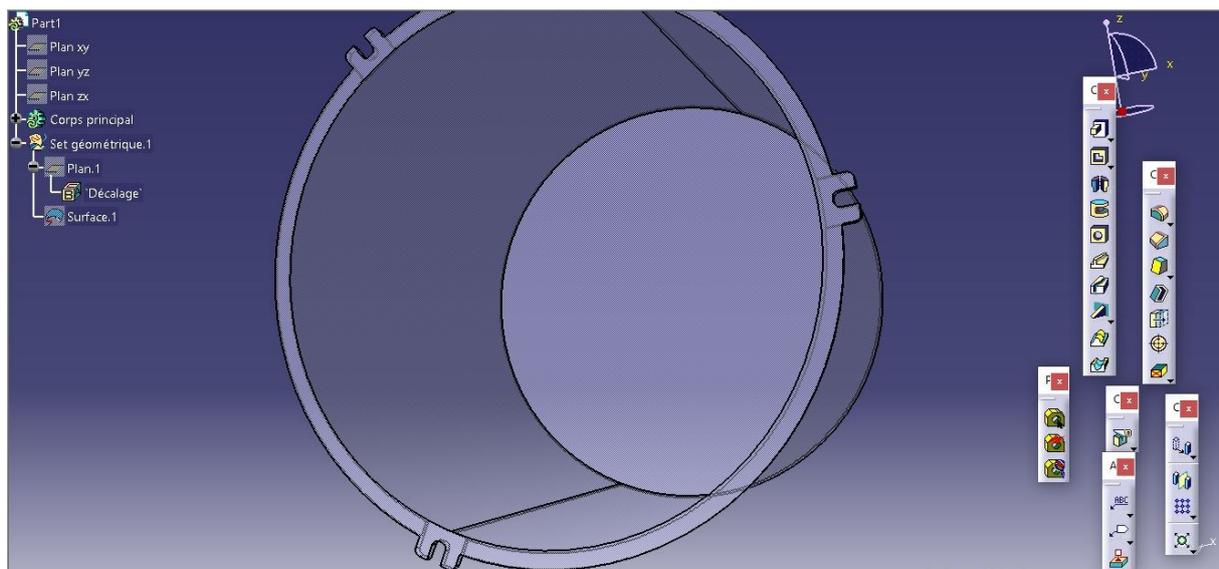


Figure 3.9 Part design de la forme final du système de fermeture

3.3.1.1.3 Cales supports

L'assemblage de la passoire avec la cuve nécessite des supports sur lesquels doit se poser la tôle perforée, pour cela nous avons pensé à fixer trois cales sur la surface intérieure du cylindre à une hauteur prédéfinie par rapport à la surface de la base du cylindre.

Pour réaliser la conception de ces supports sur le logiciel nous avons commencé par démarrer un « set géométrique » en cliquant sur la fonctionnalité « Démarrer » puis « Conception mécanique » puis « Wirefram and Surface Design », ensuite nous avons créé un point à la

hauteur souhaitée sur lequel nous constituons le nouveau plan décalé par rapport au plan de la surface de la base du cylindre et parallèle avec le point créé. La création de ce nouveau plan est assurée grâce à l'option « parallèle à un point » de la fonctionnalité « plan » qui se trouve sur la barre d'outils nommée « Élément filaire » avec la déclaration des paramètres référence (la surface de la base du cylindre) et point (le point créé) sur la fenêtre de la définition du plan (voir figure 3.10).

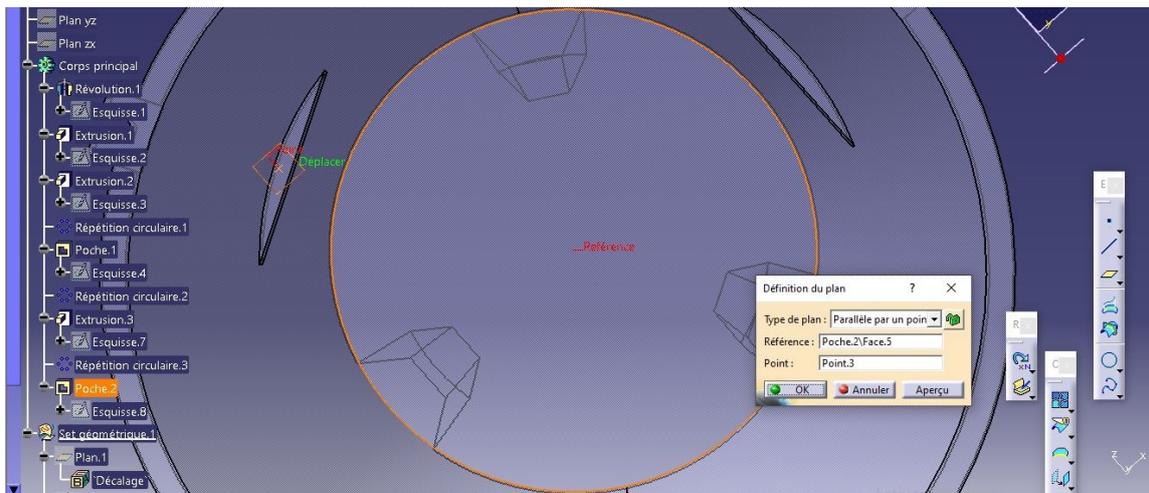


Figure 3.10 Définition des paramètres du plan sur « Surface design »

Après avoir créé le plan, nous avons ouvert une esquisse sur ce plan pour dessiner le contour des cales en 2D et faire l'extrusion après avoir sorti de l'esquisse, puis la répétition circulaire. La figure 3.11 montre le résultat.



Figure 3.11 Part design de la cuve après la fixation des cales

3.3.1.1.4 Pieds de la cuve 1

Sur une nouvelle esquisse, nous avons tracé le contour spécifique du pied de la cuve 1, la figure 3.12 illustre cette forme sur l'esquisse.

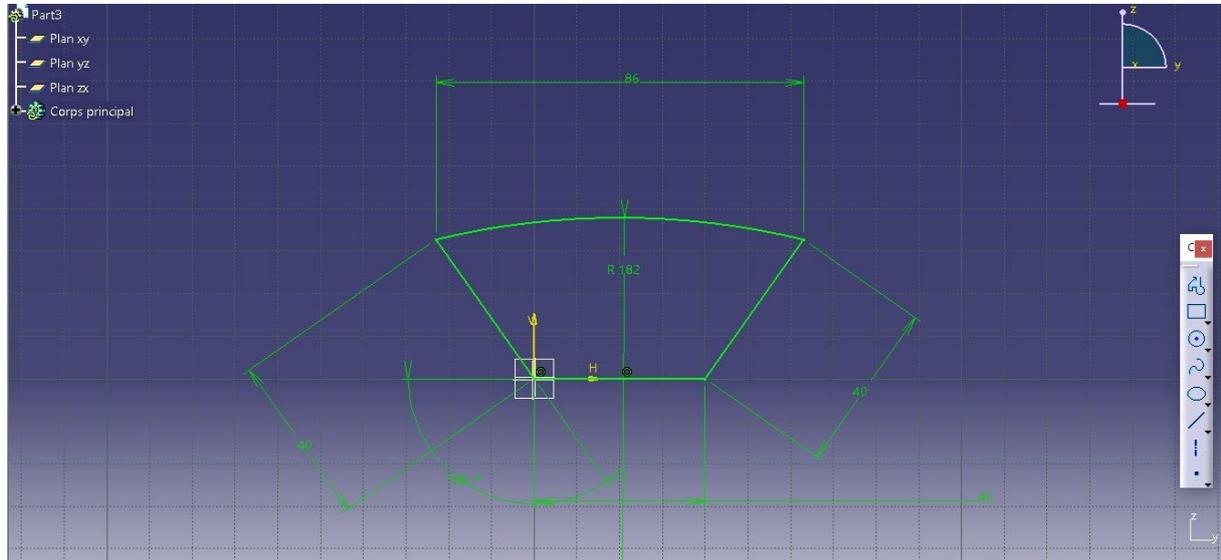


Figure 3.12 Esquisse de la forme des pieds de la cuve 1

Ensuite nous avons cliqué sur la touche « sortir de l'esquisse » qui nous amène vers l'interface « Part Design » et à l'aide de la fonction « extrusion » nous avons donné la troisième dimension du contour pour avoir la forme souhaitée en faisant entrer la longueur déterminée du pied sur la fenêtre des spécifications de l'extrusion. En résultat, le pied fini est montré sur la figure 3.13.

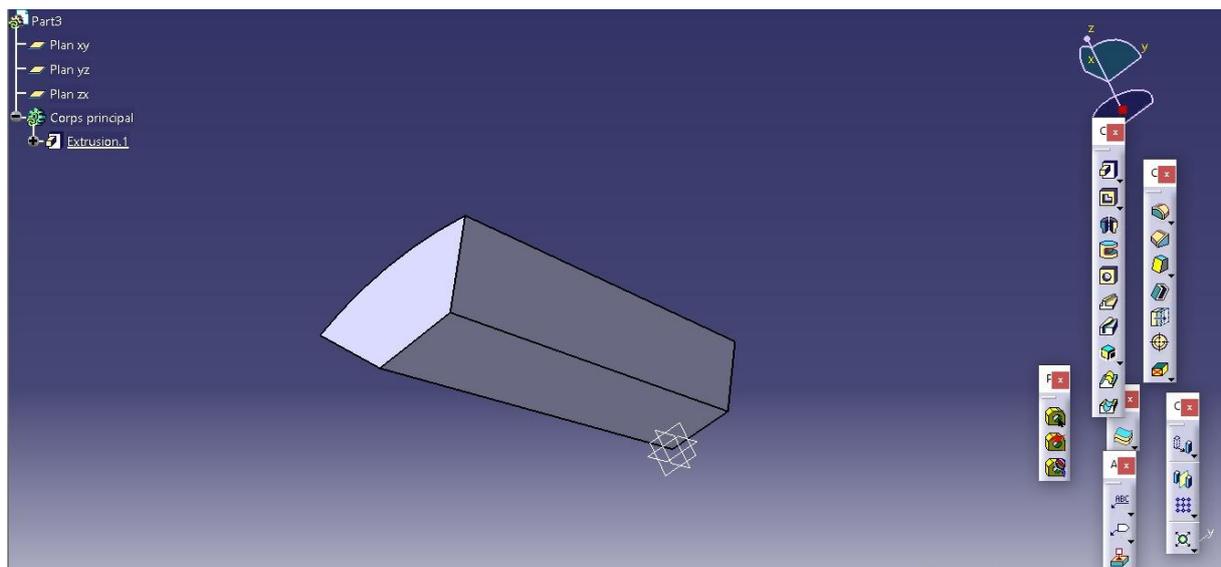


Figure 3.13 Part design du pied fini

3.3.1.1.5 Assemblage des pieds avec la cuve 1

Pour réaliser un assemblage sous CATIA il faut d'abord démarrer un espace d'assemblage qui se trouve sur le menu « Démarrer » → « Conception mécanique » → « Assembly Design », ensuite nous utilisons la fonction « Composant existant » qui nous permet d'importer les composants nécessaires pour l'assemblage de la pièce souhaitée.

Après l'importation du cylindre de la cuve et les pieds conçus précédemment, et en utilisant les outils d'assemblage « Contrainte de coïncidence » et « Contrainte de surface », nous arrivons à souder les trois pieds sur la surface inférieure du cylindre pour finaliser la conception de la pièce cuve 1 (voir figure 3.14).

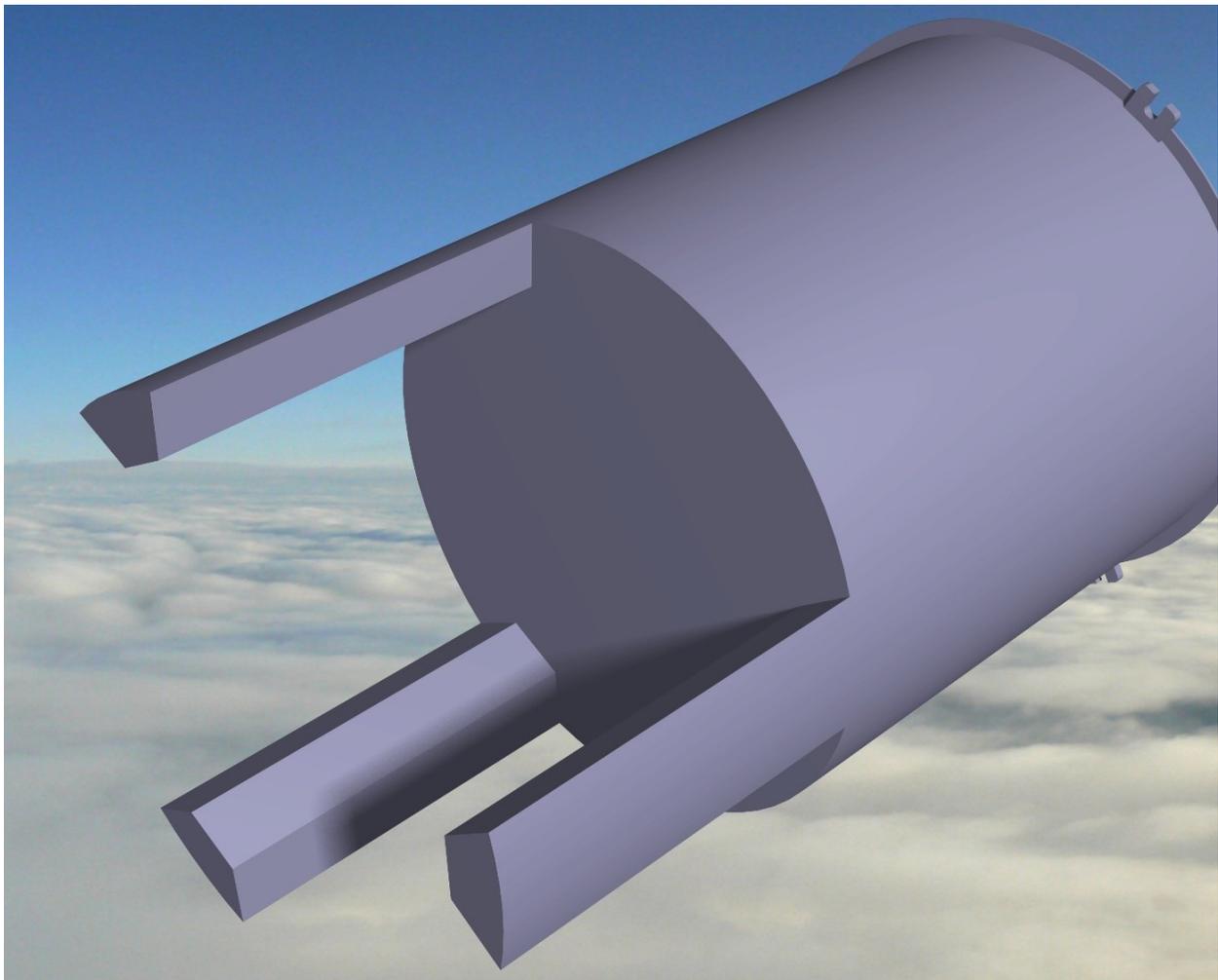


Figure 3.14 Part design de la pièce finie cuve 1

3.3.1.2 Couvercle de la cuve

Le couvercle est caractérisé par sa forme légèrement conique centrée par un trou avec col nécessaire pour la conduite de la vapeur qui s'accumule en sortant à travers le serpentin. La surface des extrémités de fermeture est identique à celle de la cuve afin d'assurer une parfaite combinaison. La conception du couvercle de la cuve est illustrée sur la figure 3.15.

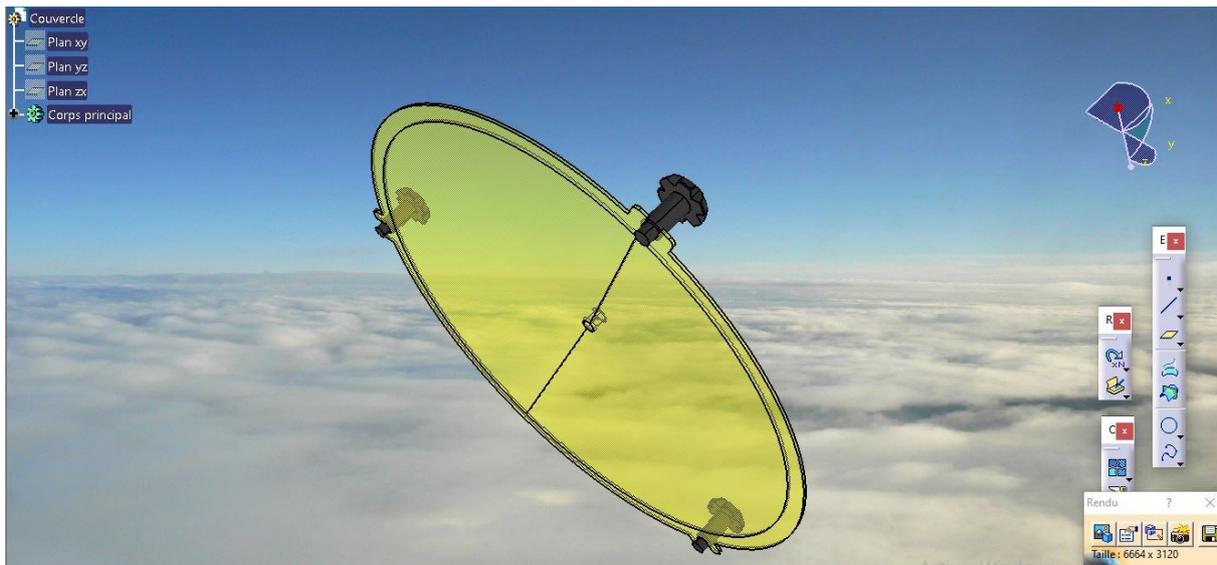


Figure 3.15 Conception du couvercle de la cuve

Un système vis-écrou est utilisé pour maintenir le verrouillage du couvercle avec la cuve durant le déroulement de l'extraction. Les vis que nous avons conçues ont une forme ergonomique pour être plus pratique lors de la manipulation (voir figure 3.16).

L'étanchéité du système de fermeture est garantie par un joint.



Figure 3.16 Conception des vis de fermeture

3.3.1.3 Passoire

La fonction majeure de la passoire représentée sur la figure 3.17 est de séparer la matière première (les plantes) de l'eau placée au fond de la cuve, sans pour autant empêcher le passage de la vapeur d'eau vers le haut, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi de mettre une tôle perforée sous forme circulaire, dont le diamètre est équivalent au diamètre intérieur de la cuve, et les trous sont uniformes avec un intervalle de répartition régulier, ainsi que les trois leviers aux extrémités qui sont ajoutés afin de faciliter la manipulation de la passoire (voir figure 3.18). Cette dernière est posée sur les trois cales fixées au milieu de la cuve.

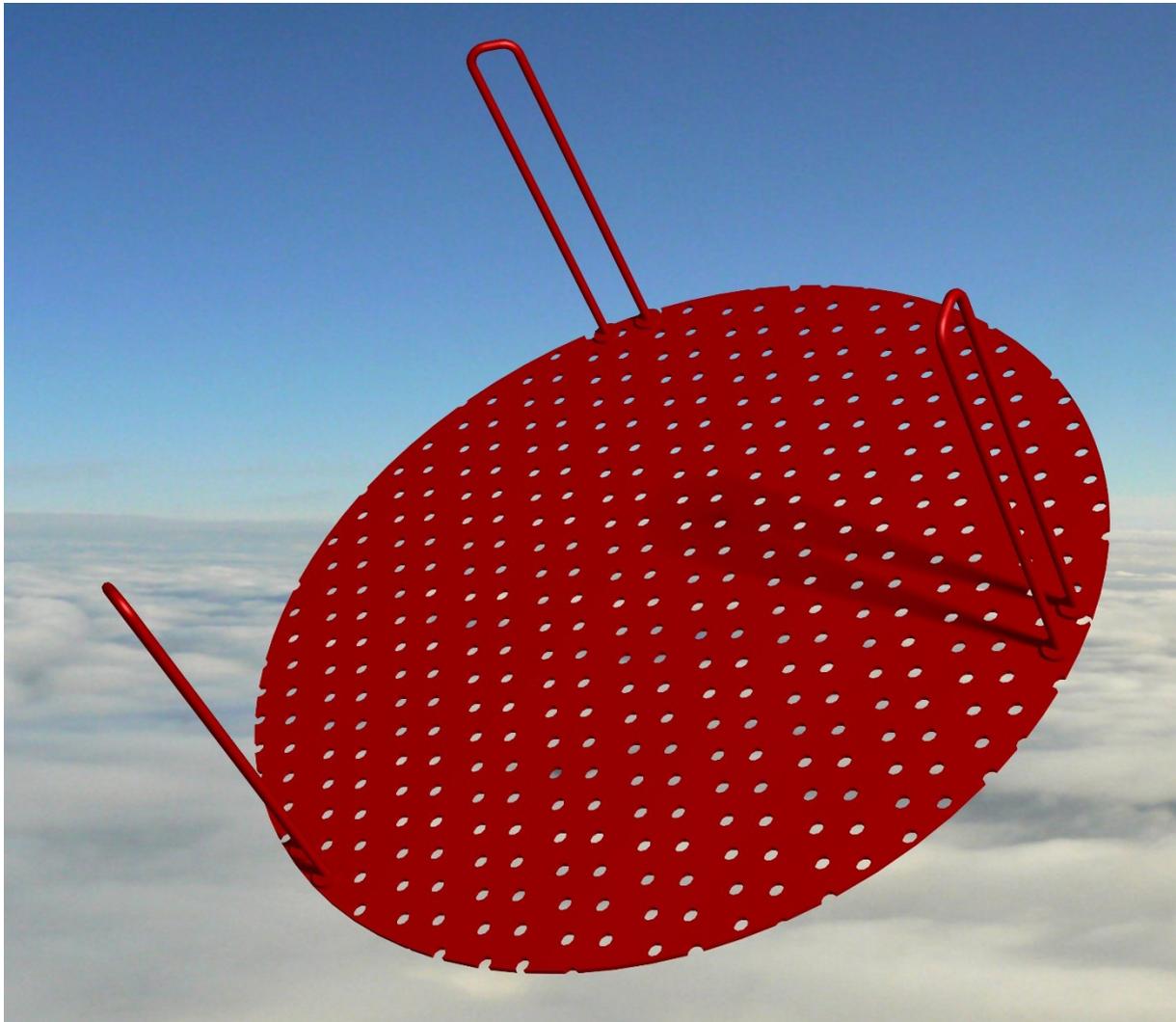


Figure 3.17 Conception de la passoire



Figure 3.18 Conception des leviers de la passoire

3.3.1.4 Assemblage de la partie de la cuve

Les différents composants de la partie de la cuve sont conçus de façon à rendre le montage et le démontage plus facile lors de l'utilisation du système. La passoire va être posée sur les cales au milieu de la cuve qui constitue l'élément support, et le couvercle va être posé au-dessus pour fermer la cuve en serrant les vis.

La figure 3.19 illustre l'assemblage de l'ensemble des composants de la partie cuve.

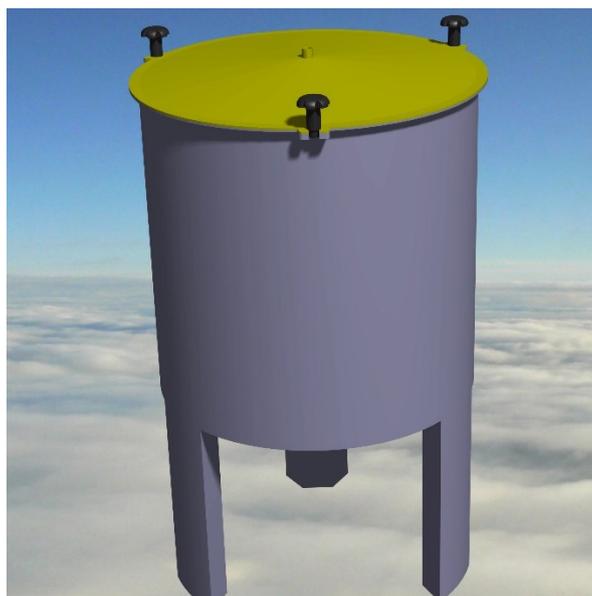


Figure 3.19 Assemblage de la partie cuve

3.3.2 Système de condensation

Notre système de condensation est constitué d'un serpentin baignant dans un réservoir (réservoir de condensation), relié par des conduites entrée/sortie avec le système réfrigérateur, cette partie du distillateur est montrée sur la figure 3.20.



Figure 3.20 Conception du système de condensation

3.3.2.1 Réservoir de condensation

Le réservoir de condensation contient de l'eau qui circule suivant le sens d'écoulement venant de l'entrée reliée avec le système réfrigérateur vers la sortie reliée avec ce même système constituant ainsi un circuit fermé (voir figure 3.21).

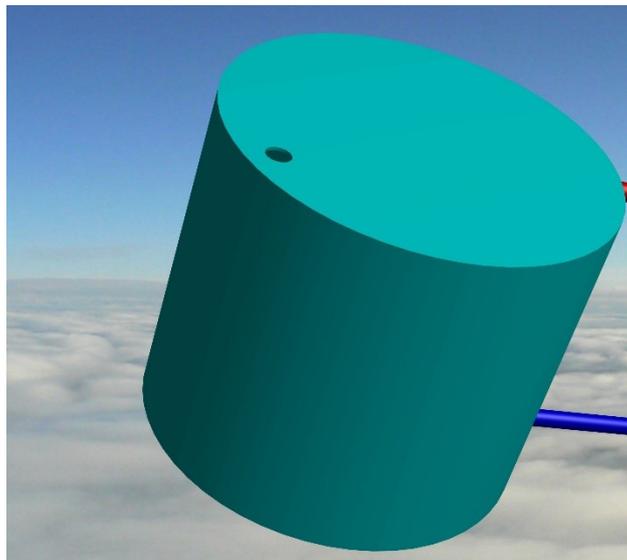


Figure 3.21 Réservoir de condensation

3.3.2.2 Serpentin

Le mélange de vapeurs obtenu à la première partie parcourt un serpentin qui baigne dans l'eau à l'intérieur du réservoir, le but est de redescendre la température de la vapeur afin de réussir le procédé de condensation et avoir un liquide à la sortie du serpentin.

Nous avons choisi une forme hélicoïdale pour avoir une longueur plus élevée du tuyau dans un peu d'espace pour optimiser le volume du réservoir de condensation.

Afin de modéliser le serpentin sous CATIA, nous devons démarrer un nouveau plan de travail « Set Géométrique ». Pour cela, sur le menu « Démarrer » on va sur « Conception mécanique » puis « Wirefram and Surface Design », ensuite nous devons tracer la courbe guide de notre pièce en utilisant les outils (point, droite, plan, coin, hélice...) de la barre d'outils « élément filaire » (voir figure 3.22).

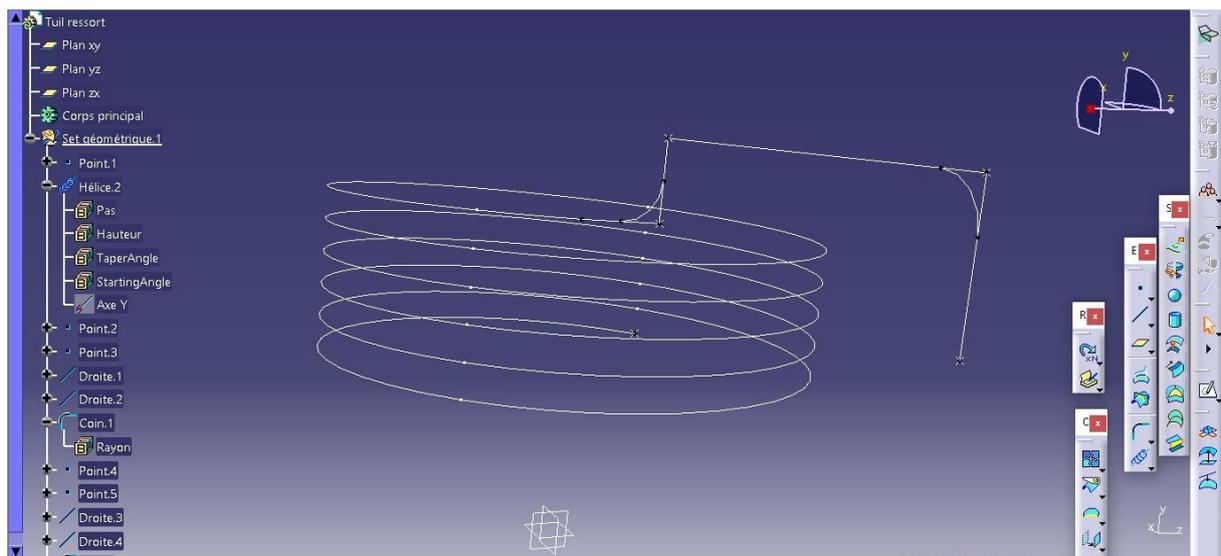


Figure 3.22 Courbe guide du serpentin

Après le traçage de la courbe guide, nous avons démarré un « Part design » puis une nouvelle esquisse sur un des plans perpendiculaires par rapport à la droite du début de la courbe, sur cette esquisse nous avons dessiné les contours de la forme de tuyau montré sur la figure 3.23.

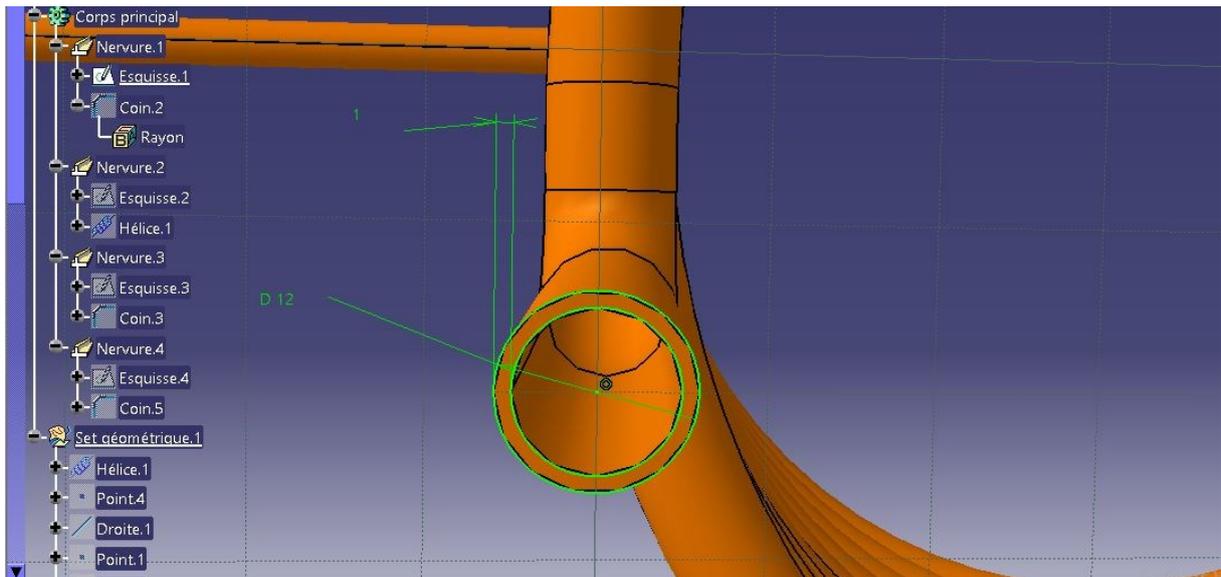


Figure 3.23 Esquisse du contour du serpentin

La fonctionnalité nommée « Nervure » de la barre d'outils « Composants issus d'un contour » nous a permis de faire l'extrusion du contour de l'esquisse suivant la courbe guide pour avoir comme résultat le serpentin illustré sur la figure 3.24.

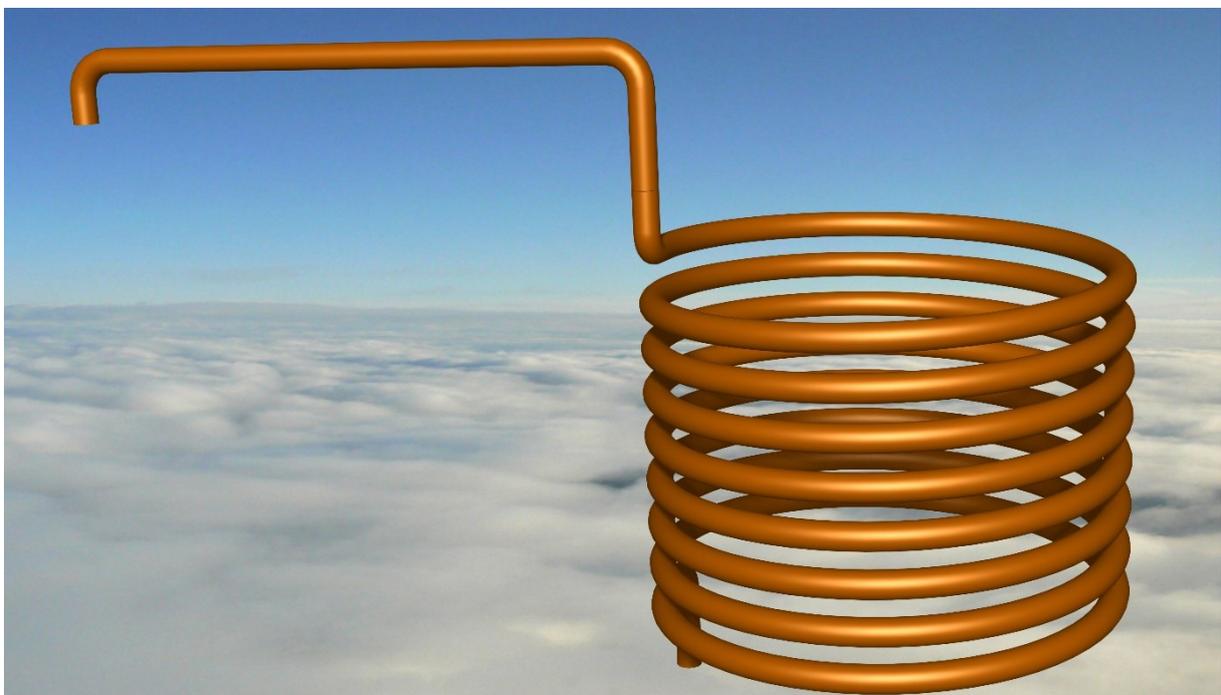


Figure 3.24 Conception du serpentin

3.3.3 L'Essencier

La récupération du mélange « Huile essentielle + Hydrolat » est assurée par l'essencier, c'est un récipient situé après le condensateur placé verticalement sous le tuyau de sortie du serpentin. La fonction principale de l'essencier après la récupération est la séparation des deux liquides, qui ont des densités différentes, par effet de gravité de façon à ce que le liquide le plus léger (huile essentielle) s'accumule à la surface supérieure à l'intérieur du tube en verre de l'entonnoir de réception, et le deuxième liquide (hydrolat) s'évacue à travers le tuyau coudé à la même hauteur par rapport au tube en verre afin de garder la stabilité du niveau de l'huile avec l'écoulement continu de l'hydrolat.

L'essencier est représenté sur La figure 3.25, il se compose de trois parties (l'entonnoir de réception, la cuve de l'essencier et le tuyau de sortie).



Figure 3.25 Conception de l'essencier

3.3.3.1 Entonnoir de réception

L'entonnoir de réception placé en tête de la cuve de l'essencier est caractérisé par sa partie inférieure en verre transparent permettant d'observer le niveau de l'huile qui flotte au-dessus de l'hydrolat.

La figure 3.26 représente la conception de l'entonnoir de réception.

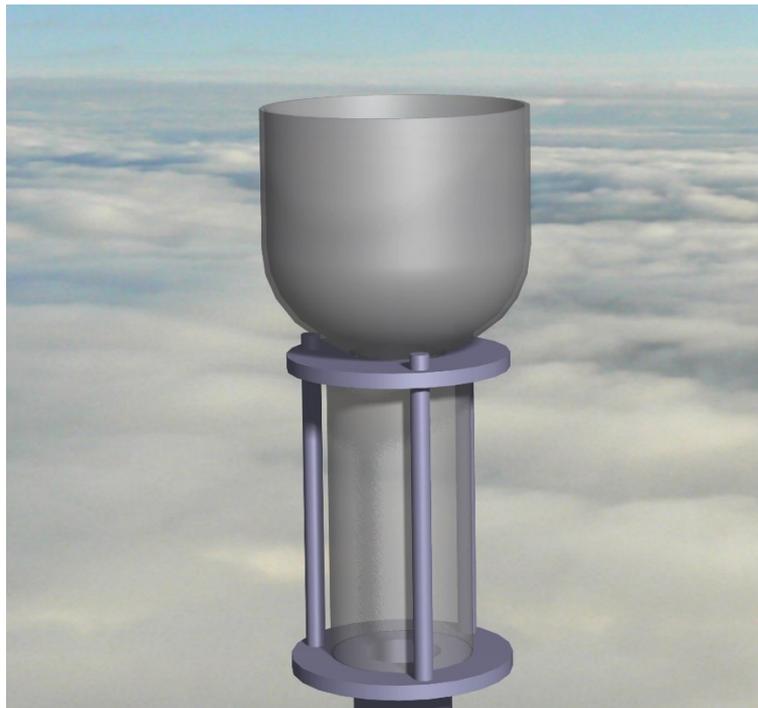


Figure 3.26 Conception de l'entonnoir de réception

3.3.3.2 Cuve de l'essencier

La cuve de l'essencier est représentée sur la figure 3.27.

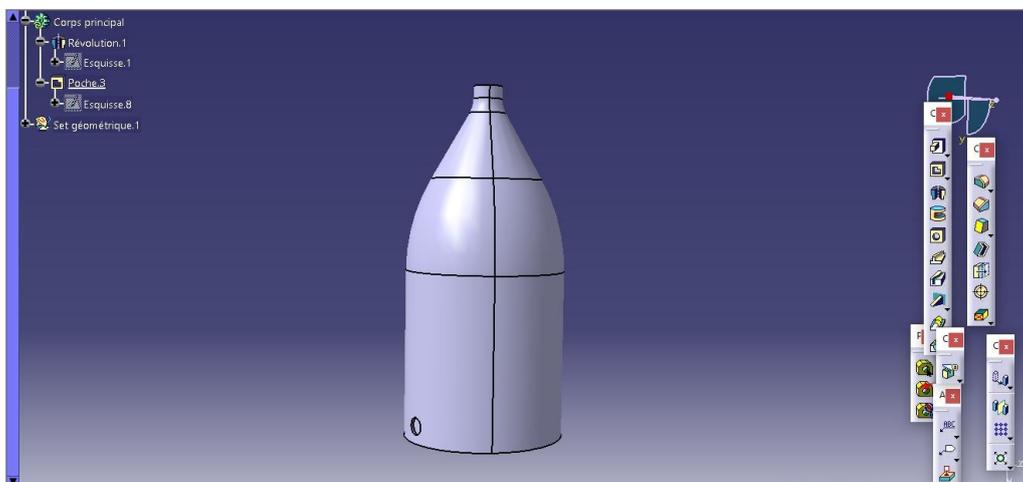


Figure 3.27 Part design de la cuve de l'essencier

3.3.3.3 Tuyau de sortie

L'évacuation de l'hydrolat est assurée par un tuyau raccordé parallèlement avec la cuve de l'essencier et coudé au niveau de hauteur de tube en verre de l'entonnoir de réception (voir figure 3.28).



Figure 3.28 Conception du tuyau de sortie de l'essencier

3.4 Conclusion

En clair, comme nous venons de voir, ce chapitre était consacré à la conception du distillateur, où nous avons pu modéliser et choisir l'architecture adéquate aux contraintes auxquelles nous avons dû faire face. De plus nous avons constaté que la part du temps consacré aux modifications est très importante par rapport à celle de la création de dessin. Le travail de conception n'est pas un travail séquentiel car il existe de nombreux aller-retours pour faire des modifications selon les contraintes. Cette démarche justifie pleinement l'emploi de la CAO.

Chapitre 4

Réalisation du prototype

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons expliquer toutes les étapes par lesquelles nous sommes passés afin d'arriver à notre prototype.

Ce que nous allons voir dans ce chapitre fera objet de prototypage d'un distillateur par entraînement à la vapeur d'eau. Toutes les tentatives, les succès mais surtout les embûches et les erreurs que nous avons surmontées seront cités et aussi pourquoi avoir choisi de réaliser le prototype et non pas le produit final.

4.2 Réalisation du prototype

4.2.1 Pourquoi un prototype ?

Tout d'abord, il faut savoir qu'un distillateur dans les normes doit être réalisé en inox ce qui est cher pour un premier essai. Il faut savoir aussi qu'un distillateur vaut aux environs de 400 000 DZD pour une capacité de 50L, une somme qui reste relativement importante pour un tel volume.

Ensuite, pour des raisons de manque de temps, de coûts élevés et d'indisponibilité de pièces dans le marché national telles que les raccords, les joints..., la réalisation d'un distillateur, même sans ajouts innovants, ne pouvait être établie.

Pour toutes ces considérations, nous avons choisi de procéder, pour cette réalisation, en commençant par un prototype.

4.2.2 Prototype de la Cuve

Pour cette première partie, nous avons récupéré une marmite en acier inoxydable sans presque aucune modification car en plus de sa forme cylindrique complètement adéquate à notre prototype et qui jouera donc le rôle de la cuve où on mettra la matière première (les plantes aromatiques), elle est munie aussi de poignets latéraux qui servent à la déplacer.

Comme le démontre la figure 4.2 on a ajouté un joint en silicone afin d'assurer l'étanchéité.

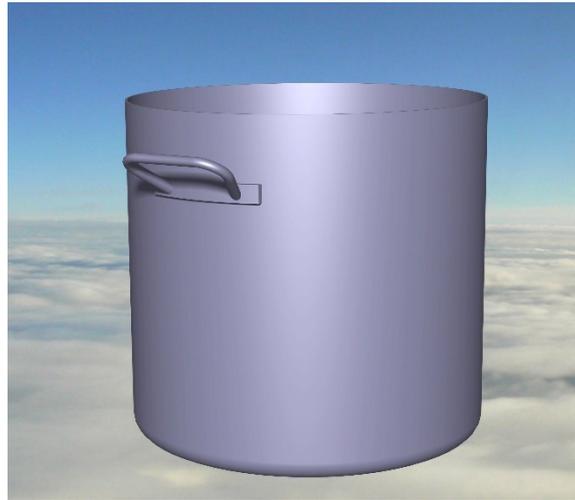


Figure 4.1 Conception de la cuve



Figure 4.2 Cuve avec joint en Silicon

4.2.3 Prototype de la Base-Passoire

A présent, passons à l'intérieur de la cuve. Comme représenté dans la partie conception, pour réaliser une distillation des plantes aromatiques par entrainement à la vapeur d'eau nous aurons besoin d'une plaque perforée, sur laquelle les plantes aromatiques seront mises, et qui, en même temps, permettra le passage de la vapeur d'eau à travers les trous. Pour la mettre en œuvre cette passoire aura besoin d'un support qu'on appellera : « Base-Passoire »

Pour réaliser la Base-Passoire, nous avons soudé trois cales (cales supports) (voir figure 4.3), à l'intérieur de la cuve à hauteur de 13 cm par rapport à la surface de base du cylindre avec un espacement régulier (angle de 120°) formant ainsi la Base-Passoire (Figure 4.4).



Figure 4.3 Cales support



Figure 4.4 Base-Passoire

4.2.4 Prototype du couvercle de la cuve

Pour fermer la cuve nous avons besoin d'un couvercle de diamètre identique à celui de la cuve, et la forme doit être légèrement conique. Toujours, à partir des objets de récupération, nous avons eu la chance de trouver un couvercle d'une autre marmite qui semble le plus proche de notre conception et qui respecte nos conditions (voir figure 4.5).



Figure 4.5 Couvercle de la cuve avant la modification

Nous avons coupé le levier de ce couvercle, puis nous avons percé un trou au centre à l'aide d'une scie cloche afin de faire passer le tuyau transporteur de la vapeur vers le serpentin grâce au pièces raccords.

Les raccords utilisés pour ajuster le tuyau avec le couvercle sont des raccords accessoires de tuyauterie de cuivre.

La figure 4.6 montre le couvercle après le traitement et les différents raccords utilisés, ainsi que l'outil utilisé pour le perçage.



Figure 4.6 Couvercle de la cuve après le traitement

4.2.5 Prototype de la fermeture étanche

Au début nous avons pensé à un système de fermeture prêt à l'emploi mais malheureusement nous n'avons pas pu trouver les dimensions adéquates à notre système, nous avons donc opté pour une autre alternative : utiliser des pièces (cales, vis, écrous) (Voir figure 4.7 ; 4.8) afin de réaliser un système de fermeture « Vis-écrous » que nous avons ensuite peint avec une couleur chromée puis montés avec le couvercle (voir figure 4.10).



Figure 4.7 La cale



Figure 4.8 Le vis et l'écrou

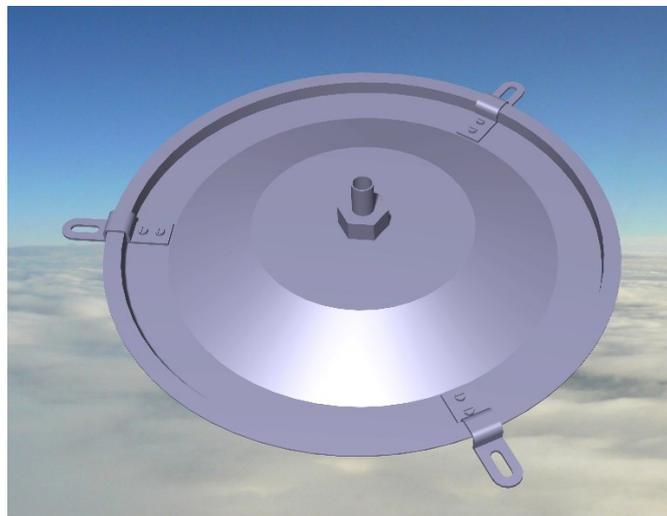


Figure 4.9 La conception du couvercle avec le système de fermeture

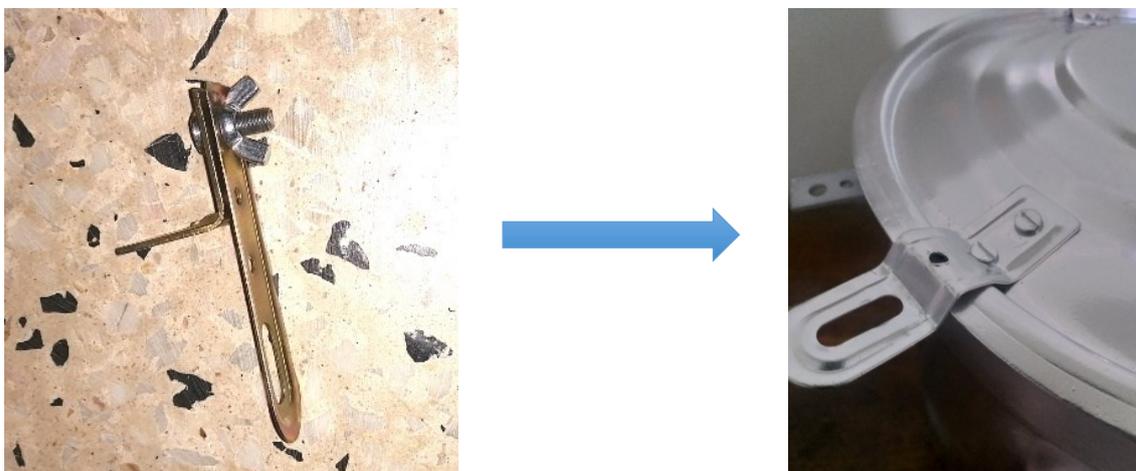


Figure 4.10 La réalisation du Système de fermeture « vis-écrou »

4.2.6 Prototype de la passoire

Nous avons utilisé une tôle en acier inoxydable que nous avons découpée manuellement grâce à un outil dit « coupe-tôle » (voir figure 4.11) de façon à avoir la forme circulaire souhaitée, le diamètre de cette dernière est équivalent au diamètre intérieur de la cuve (Voir figure 4.12).



Figure 4.11 L'outil « coupe-tôle »



Figure 4.12 La tôle découpée

Ensuite nous avons tracé sur cette tôle des points répartis régulièrement, puis nous avons pointé sur chaque point à l'aide d'un pointeau et un marteau (Voir figure 4.13).

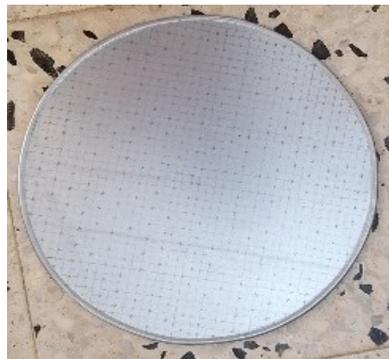


Figure 4.13 La tôle pointée

Après le pointage, nous avons démarré l'opération de perçage à l'aide d'une perceuse et un foret de diamètre 3 mm en premier temps (Voir figure 4.14)



Figure 4.14 Le perçage de la tôle

Puis nous avons percé par la suite avec un foret de diamètre 4 mm qui est le diamètre souhaité. L'augmentation progressive du diamètre du foret lors du perçage nous a servi à faciliter l'opération. Sur la figure 4.16 on trouve la photo de la tôle (devenue passoire) après la finalisation du perçage et le placement des leviers pour la déposer/ la soulever.

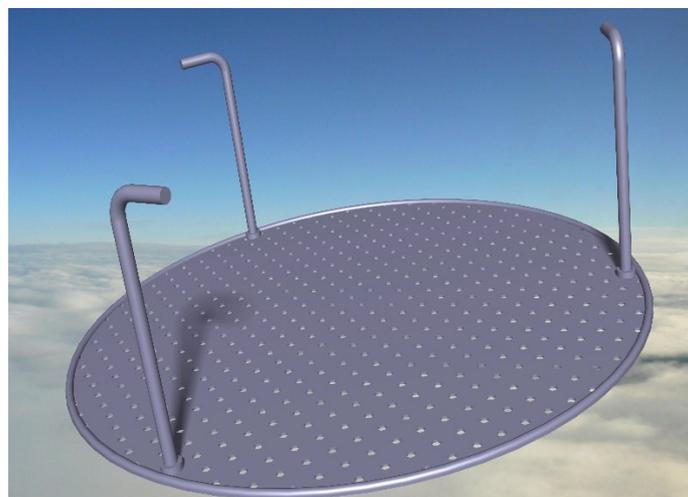


Figure 4.15 La conception de la passoire avec leviers

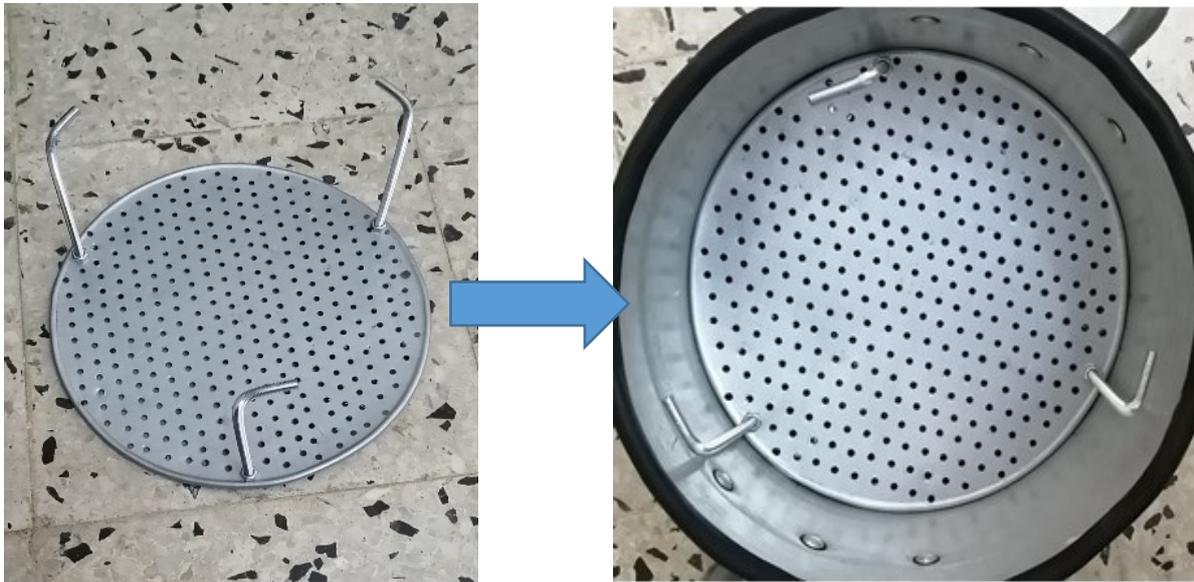


Figure 4.16 La réalisation et le montage de la passoire avec leviers dans la cuve

4.2.7 Montage de la cuve

L'assemblage de la cuve avec le couvercle est montré sur la figure 4.18.



Figure 4.17 Conception du montage final de la cuve



Figure 4.18 Réalisation de la cuve

4.2.8 Prototype du serpentin

Afin de réaliser un serpentin respectant les contraintes souhaitées, nous avons choisi le tube en cuivre de diamètre 14mm destiné à la canalisation du gaz, cet article est disponible dans les quincailleries spécialisées en vente de tuyauterie (Figure 4.19).



Figure 4.19 Tube en cuivre de diamètre 14mm

Nous avons concrétisé la forme souhaitée du serpentín à l'aide d'une cintreuse (Voir figure 4.20) et un tube en acier qui nous a servi de moule (Voir Figure 4.21).



Figure 4.20 La Cintreuse



Figure 4.21 Le Moule utilisé pour cintrer le tube en cuivre

Premièrement nous avons inséré un outil communément appelé « Ressort à cintrer pour tube en cuivre » (voir figure 4.22) qui permet de remplir le tube en cuivre dans le but d'éviter qu'il se

casse au moment du cintrage, ensuite nous avons tourné ce dernier autour du moule afin d'avoir la forme hélicoïdale (en spirale) avec un pas de 16mm, puis nous avons coudé les deux extrémités à 90° en utilisant la cintruse (Voir figure 4.23).



Figure 4.22 Ressort à cintrer pour tube en cuivre



Espacement
16mm

Cintrage 90°

Figure 4.23 Serpentin en cuivre

4.2.9 Prototype du réservoir de condensation

Nous avons opté pour le verre pour réaliser le réservoir de condensation où sera mis le serpentin, le réservoir prendra la forme d'un cube. Les faces du cube ont été commandées chez un verrier avec les dimensions souhaitées (Voir figure 4.24).



Figure 4.24 Les faces du cube en verre

Nous avons assemblé les pièces en verres pour monter notre réservoir de condensation qui contient, à l'intérieur, le serpentin. La fixation des verres et l'étanchéité du réservoir ont été assurées par une colle en silicone étanche destinée à la fabrication des aquariums (voir figure 4.25).



Figure 4.25 La colle en silicone étanche

Nous avons percé deux trous sur les deux faces supérieure et inférieure du réservoir pour l'entrée et la sortie des extrémités du serpentin (voir figure 4.26 et 4.27).

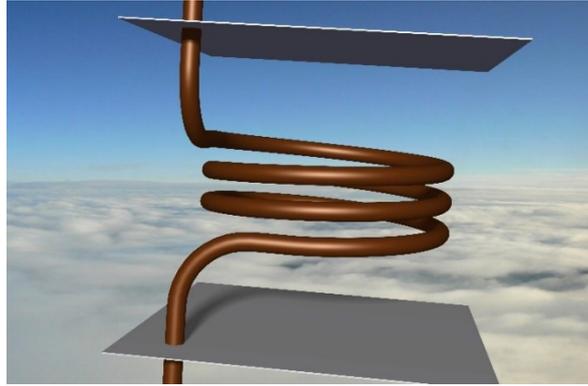


Figure 4.26 La conception du serpentin dans le réservoir de condensation



Figure 4.27 La réalisation du réservoir de condensation avec le serpentin

4.2.10 Prototype du tuyau d'entrée/sortie de réservoir de condensation

Nous avons utilisé un tuyau en plastique de diamètre 14mm pour faire circuler l'eau contenue dans le réservoir de condensation. (Voir figure 4.28)



Figure 4.28 Tuyau en plastique d'entrée/sortie de réservoir de condensation

Nous avons percé, sur la face de côté, deux trous destinés à l'entrée et à la sortie de l'eau de refroidissement (Voir figure 4.29).



Figure 4.29 Perçage et montage du tuyau entrée/sortie

4.2.11 Pompe du réservoir

Pour le remplissage de l'eau froide et le vidage de l'eau chaude, nous avons utilisé une pompe qu'on a récupérée d'une vieille machine de développement de photos chez un photographe. Cette pompe travaille avec du 100V (c'est une pompe japonaise) (Voir figure 4.30) il est donc nécessaire d'utiliser un transformateur de tension (Voir figure 4.31).



Figure 4.30 Pompe à eau



Figure 4.31 Transformateur de tension

4.2.12 Prototypage de l'essencier

A la sortie du serpentin, le liquide obtenu sera versé dans l'essencier. Pour cette partie nous avons utilisé comme récipient un flacon en aluminium, un entonnoir et une seringue (Voir figures 4.32 ; 4.33) pour la fabrication du prototype de l'essencier.

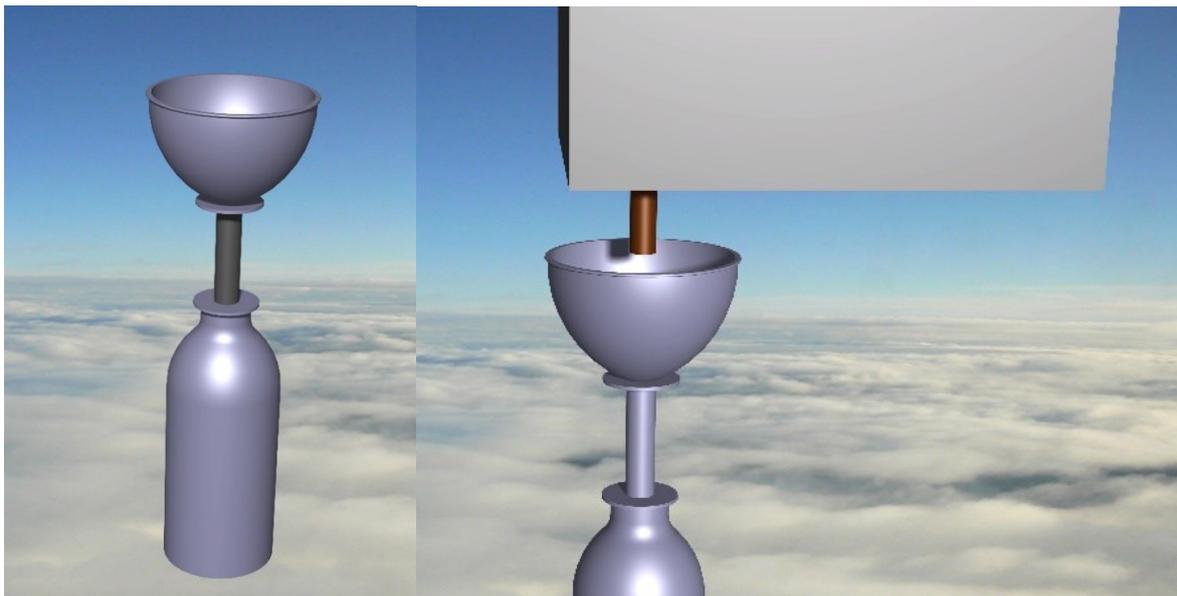


Figure 4.32 La conception de l'essencier



Figure 4.33 Réalisation de l'essencier

4.2.13 Montage du prototype

Comme vous pouvez le voir, finalement nous avons pu réaliser un prototype d'un distillateur fonctionnel (Voir figure 4.35) avec essentiellement des moyens de récupération.

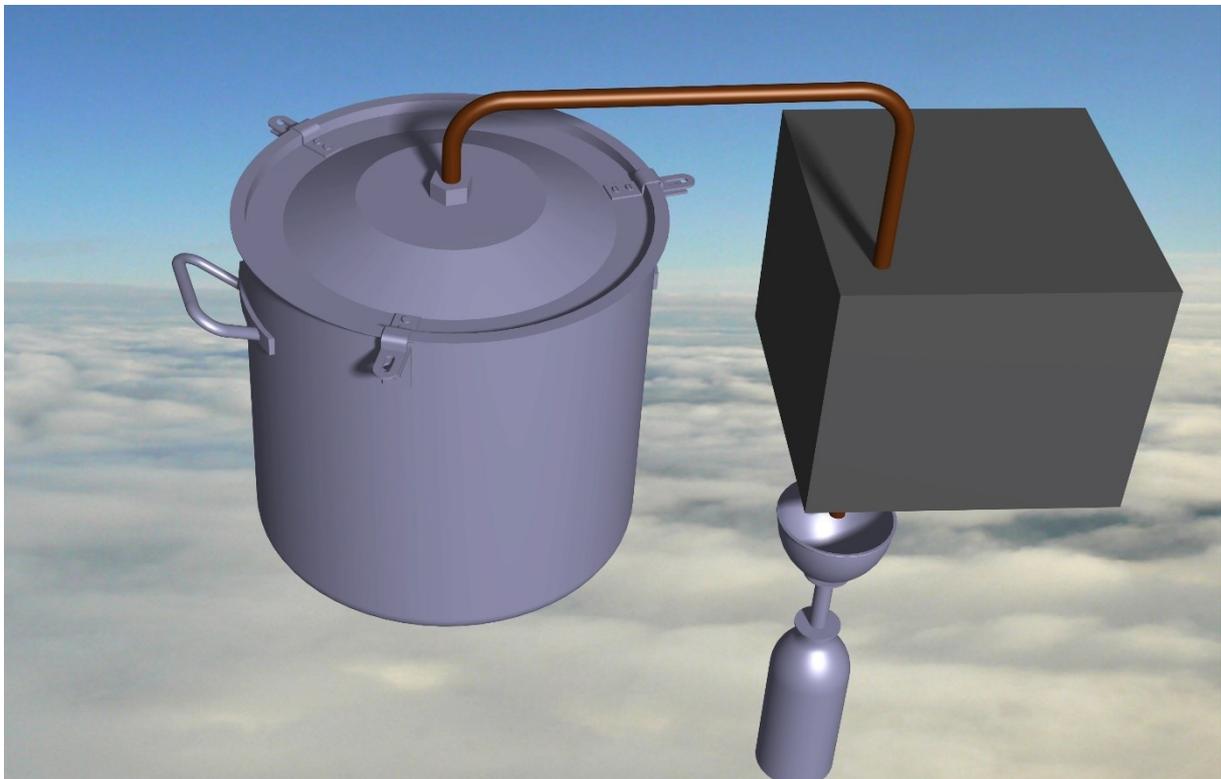


Figure 4.34 Conception finale du prototype du distillateur



Figure 4.35 Réalisation du prototype du distillateur

4.3 Conclusion

Durant ce chapitre nous avons pu réaliser un prototype d'un distillateur dont les fonctions principales ont été établies avec succès. Le tableau ci-dessous, montre le détail des coûts de fabrication du prototype.

Pièces/ Services	Prix (DZD)
Pompe à eau	0.00 (Gratuit)
Transformateur	0.00 (Gratuit)
Verre	1 950.00
Tuyau en plastique	350.00
Tube en cuivre	1 800.00
Raccords	700.00
Vis	250.00
Ecrou	200.00
Cales	120.00
Joints	400.00
Main d'œuvre	0.00
Total	5 770

Tableau 4.1 Coûts de fabrication du prototype

Conclusion générale

L'utilisation des huiles essentielles connaît un fort essor cette dernière décennie dans le monde et spécialement en Algérie. Bien que la situation géographique et climatique de ce pays reste idéale pour cultiver la plupart des plantes aromatiques couramment utilisées dans le monde, l'Algérie demeure absente dans le marché international

Le but de notre travail, est d'essayer de soutenir le développement du secteur des huiles essentielles en Algérie.

Pour ce faire, nous avons fabriqué une machine qui distille les plantes aromatiques afin d'en extraire les huiles essentielles.

Dans un premier temps, la conception du distillateur a été abordée où nous avons pu modéliser et choisir l'architecture adéquate aux contraintes auxquelles nous avons dû faire face en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur CATIA.

Par la suite, on a pu réaliser un prototype d'un distillateur à moindre coût dont les fonctions principales ont été établies avec succès

Les pièces mécaniques maitresses, qui constituent notre distillateur, ont été réalisées par notre équipe, cela nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine de la mécanique des fluides ainsi que ceux de la logistique et de la botanique.

Nous avons également exposé les enjeux de la logistique dans une entreprise en associant la maîtrise des coûts à la qualité et à la rapidité de la réponse aux demandes des utilisateurs et coordonner l'offre et la demande. Nous avons aussi évoqué l'utilité du diagramme de tâches et celui de la communication dans l'entreprise et leur rôle dans le bon déroulement du travail.

Après ce projet de fin d'études, comme perspectives, on prévoit l'élaboration d'un extracteur d'huiles essentielles qui répond aux normes industrielles. Ce distillateur en inox sera équipé de deux dispositifs innovants permettant une optimisation dans le rendement et dans le temps.

L'industrie algérienne doit continuer à se développer, à se moderniser et à améliorer ses standards. Tel est l'objet de notre formation en génie industriel.

Résumé
Abstract
الملخص

Résumé :

Sur le plan géographique, un pays méditerranéen tel que l'Algérie possède une surface très importante non exploitée, une richesse et une diversité des sols. Malgré toutes ces conditions favorables, on assiste à une forte régression de production en matière aromatiques.

Le marché des huiles essentielles est en plein essor dans le monde, porté notamment par le dynamisme des marchés occidentaux, dans les domaines de l'aromathérapie, la santé, la cosmétique, les produits alimentaires...

A travers ce mémoire, l'objectif est donc de contribuer à améliorer le marché national qui devrait constituer un vecteur essentiel dans la gestion économique du pays en relançant la culture des plantes aromatiques dans un cadre de développement quantitatif et qualitatif des huiles essentielles.

Dans ce but, un modèle de distillateur d'huile essentielle est présenté et qui fera objet de transformation des plantes aromatiques « de la fleur au flacon ». Nous avons également présenté le diagramme des flux de tâches et de communication afin d'assurer une bonne logistique.

Mots-clés : Huile essentielle, plantes aromatiques, CATIA, distillateur, aromathérapie, extraction, chaîne-logistique.

Abstract :

Geographically, a Mediterranean country such as Algeria has a very large unexploited surface area, diverse soil. Despite all these favourable conditions, there is a strong regression in the production of aromatic materials.

The essential oil market is booming worldwide, driven in particular by the dynamism of Western markets in the fields of aromatherapy, health, cosmetics, food products, etc. Through this thesis, the objective is therefore to contribute to improving the national market, which should constitute an essential vector in the economic management of the country by relaunching the cultivation of aromatic plants within a framework of quantitative and qualitative development of essential oils.

To this end, a model of an essential oil distiller is presented, which will be used to process aromatic plants "from the flower to the bottle". We also presented the flow chart of tasks and communication to ensure good logistics.

Keywords: Essential oil, aromatic plants, CATIA, distiller, aromatherapy, extraction, supply chain.

الملخص:

تتمتع الجزائر بمساحة جغرافية كبيرة غير مستغلة وتربة متنوعة إلا أن هناك تراجع قوي في إنتاج المواد العطرية. يعرف سوق الزيوت العطرية في جميع أنحاء العالم ازدهارا، متبوعا بنشاط الأسواق الغربية في مجالات العلاج بالزيوت العطرية، والصحة، ومستحضرات التجميل، والمنتجات الغذائية ... إلخ تهدف هذه المذكرة الى المساهمة في تحسين السوق الوطنية، والتي ينبغي أن تشكل عاملا أساسيا في الإدارة الاقتصادية للبلاد من خلال إحياء زراعة النباتات العطرية في إطار التطوير الكمي والنوعي للزيوت الأساسية. تحقيقا لهذه الغاية، تم تقديم نموذج لقطارة الزيوت الأساسية، والذي سيتم استخدامه لتقطير النباتات العطرية "من الزهرة إلى الزجاج". واخيرا قدمنا مخططا انسيابيا للمهام و التواصل لضمان خدمات لوجستية جيدة.

الكلمات المفتاحية: زيوت اساسية، نباتات عطرية، برنامج CATIA ، قطارة، علاج بالزيوت العطرية، استخلاص، السلسلة اللوجستية.

Références webographiques

- [1] <https://box-evidence.com/quest-ce-quun-hydrolat/>
- [2] <https://www.rustica.fr/huiles-essentielles/bienfaits-et-utilisations-hydrolats-aromatherapie,16166.html>
- [3] <https://www.lancy.ch/curieux-de-nature-les-plantes-aromatiques>
- [4] https://docplayer.fr/4205499-Les-huiles-essentielles.html#show_full_text
- [7] <https://www.bioalaune.com/fr/actualite-bio/33628/comment-fabriquer-creme-hydratante-maison>
- [8] <https://www.slow-cosmetique.com/le-mag/un-parfum-naturel-aux-huiles-essentielles-pour-lete/>
- [9] <https://pharmadn.fr/medicaments/principesactifs/huile-essentielle-eucalyptus/>
- [10] <https://www.consoglobe.com/huiles-essentielles-pour-cuisiner-cg>
- [11] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/distillation/26057>
- [12] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/distillat/26055#:~:text=Liquide%20obtenu%20par%20condensation%20de%20la%20vapeur%20recueillie%20en%20fin%20de%20distillation.>
- [13] <https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/DossierComplexe.aspx?doc=aromatherapie-huiles-essentielles-quotidien-d-ou-provient-l-huile-essentielle->
- [14] <https://platformnewsht.com/lextraction-des-huiles-essentielles-preparer-une-huile-comme-le-vetiver/>
- [15] <https://agronomie.info/fr/lutte-biologique-par-les-extraits-des-vegetaux/>
- [16] [17] [18] <https://docplayer.fr/61094363-Terminales-s1-s2-s3-s4-mercredi-4-fevrier-devoir-surveille-sciences-physiques-duree-3-heures-30.html>
- [19] <http://www.cfaitmaison.com/sante/faire-huiles-essentielles.html>
- [20] <https://fr.linkfang.org/wiki/Alambic>

- [21] https://www.researchgate.net/profile/Fathi-Habashi/publication/291280767_Retorts_in_the_production_of_metals_-_A_historical_survey/links/56b82b1208ae5ad3605ddb52/Retorts-in-the-production-of-metals-A-historical-survey.pdf
- [22] https://myhero.com/I_Sina_LC_m5hs_MA_2010_ul
- [23] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Distillation.html>
- [24] <https://www.bricozone.be/t/alambic.124957/>
- [25] https://www.academia.edu/16668792/Chimie_Industrielle_Readings
- [26] <http://whiskyscience.blogspot.com/2013/>
- [27] https://www.wikiwand.com/fr/Colonne_de_distillation_%C3%A0_bande_tournante
- [28] <https://comtrade.un.org/>
- [29] <https://www.google.com/maps/place/Alg%C3%A9rie/@35.72091,1.147994,797733m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xd7e8a6a28037bd1:0x7140bee3abd7f8a2!8m2!3d28.033886!4d1.659626>
- [30] <http://www.fao.org/3/CA3478FR/ca3478fr.pdf>
- [31] [33] <https://www.supplychain-masters.fr/definition-de-la-performance>
- [34] <https://blog.sevellia.com/linfusion-a-la-feuille-de-ravintsara-vous-connaissez/>
- [35] <https://www.roseetmarius.com/blog/la-fete-de-la-lavande/>
- [36] <https://www.jardinsdefrance.org/les-roses-et-la-production-dhuile-essentielle-pour-la-parfumerie/>
- [37] <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/cultiver-gingembre-zingiber-officinale.html>
- [39] <https://www.usinenouvelle.com/expo/sechoir-solaire-professionnel-pour-plan-p263989088.html>
- [40] <https://www.monpetitcoinvert.com/blog/5-astuces-pour-secher-vos-plantes-aromatiques/>
- [41] https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/073_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS_TECHNIQUES/PPAM/FT-Sechage_2020.pdf

Références bibliographiques

- [5] Scientific Report, '*Technology Offer-Essential Oils*', National Research Development Corporation (NRDC), Sous Presse
- [6] Smith-Palmer A., Stewart J., Fyfe L. 2001. *The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese*. Food Microbiol., 18(4), pp. 463–70
- [38] Lkhoumsi Driss, Chafai Elalaoui Ali, Guermal Abdenasser, Bachar Mohamed, Boukil Mohamed, *GUIDE DES BONNES PRATIQUES DE COLLECTE DES PLANTES AROMATIQUES ET MEDICINALES DU MAROC* 2014 , p24

