



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEM

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département de Biologie

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

En Biologie

Option: Microbiologie Fondamentale

Thème

*Valorisation des bio-résidus floraux de la production
d'épices au safran pour les applications alimentaires*

Présentée par: **Benahmed mohammed adnan**

Soutenue le **11 10 2020**

Devant le jury

Présidente:	Pr. MERZOUK. H	Professeur, Université de Tlemcen
Promotrice:	Dr. LOUKIDI. B	Maitre de conférences, Université de Tlemcen
Examineur:	Dr. AZZI. R	Maitre de conférences, Université de Tlemcen

Année Universitaire: 2019 – 2020

Remerciements



Tout d'abord, je remercie Dieu, le tout Puissant de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce

modeste travail

*J'exprime d'abord mes profonds remerciements à **Mme Loukidi. B** Maître de conférences à l'université de Tlemcen, de m'avoir guidés tout au long de ce travail pour son encadrement,*

Je le remercie vivement pour le choix du sujet, Pour son soutien moral, son confiance et ses conseils.

*J'exprime vifs remerciements à **Mme Merzouk H**, professeur à l'université de Tlemcen de m'avoir fait l'honneur de présider le jury ce travail*

*J'adresse mes sincères remerciements à monsieur **AZZI.R**, Maître de conférences à l'université de Tlemcen, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire*

Merci 

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*À ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur
exprimer mon amour sincère.*

À mes parents

À mon frère

À mes sœurs

À ma femme Melou

À toute ma famille



Table des matières

Introduction	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I: Généralités sur le safran	4
I.1. Historique.....	4
I.2. Caractère botanique.....	5
I.2.1. Description	6
I.2.2. Systématique	7
I.3. La culture	8
I.4. Récolte et rendement	9
I.5. Production de safran	11
I.5.1. Distribution géographique.....	11
I.5.2. Production Mondiale	11
I.6.Composition chimique	13
I.6.1. La crocine	15
I.6.2. La picrocrocine.....	15
I.6.3. Le safranal.....	16
I.7. Applications du safran.....	16
I.7.1. safran en thérapeutique.....	17
I.7.1.1. Anticancer et effet antitumorale.....	17
I.7.1.2. Activité antitussive.....	17
I.7.1.3. Activité antioxydante.....	18
I.7.1.4. Effets antinociceptifs et anti-inflammatoires.....	18
I.7.1.5. Activité anxiolytique	18
I.7.1.6. Effets sur le flux sanguin oculaire et la fonction rétinienne.....	19
I.7.1.7. Effet sur le comportement d'apprentissage et la potentialisation à long terme.....	19
I.7.1.8. Anti Alzheimer.....	19
I.7.2. Autres utilisations.....	19
I.7.2.1. Safran comme teinture.....	19
I.7.2.2. Safran comme parfum	20
I.7.2.3. Safran en nourriture	20
I.7.2.4. Safran en cuisine	20

Chapitre II: Bio-résidus de safran	21
II.1. Composition chimique du bio-résidu.....	22
II.2. Caractérisation du bio-résidus de safran.....	22
II.2.1. La fleur	22
II.2.1.1.L'arôme	22
II.2.1.2. Les pigments	23
II.2.1.3. L'activité biologique	24
II.3. Conservation.....	25
II.3.1. Lyophilisation	25
I.3.2. Séchage à température ambiante	26
II.3.3.Séchage à hautes températures	26
Conclusion	27
Référence	29

Liste des Figures

Figure 1: cueilleuses des fleurs de safran, les îles de Crète, de Santorin	5
Figure 2. La fleur du <i>Crocus sativus</i> 1.fleur 2.stigmate 3.bulbe	6
Figure 3: les stigmates de safran	7
Figure 4: Les étapes de la culture du safran: récolte manuelle de la fleur, émondage (Récupération des stigmates), et séchage des stigmates à proximité d'un feu	10
Figure 5: principales nations productrices de safran	12
Figure 6: Structure chimique des trois principaux métabolites secondaires	15
Figure 7: Tajine au safran chez un restaurateur de Taliouine Maroc	20
Figure 8: Différentes parties de la fleur du safran	21
Figure 9: Anthocyanines et flavonoïdes présents dans les pétales des fleurs de <i>crocus</i>	24
Figure 10: Lyophilisateur alimentaire	26

Liste des tableaux

Tableau 1: Situation botanique de l'espèce <i>Crocus sativus</i> L	7
Tableau 2: la production mondiale du safran dans différents pays	11
Tableau 3: La formule de composition des stigmates en pourcentage	13

Liste des abréviations

SAF: Safran

C. sativus: *Crocus sativus*

Résumé:

Depuis l'Antiquité, le safran (*Crocus sativus*) est une épice très prisée pour ses propriétés. Il est l'aliment médicinal le plus précieux, riche par ses composants qui ont un effet bénéfique sur la santé de l'homme. Il est essentiellement cultivé pour ses stigmates, on doit également valoriser ses pétales comme ses stigmates.

Le procédé d'obtention de l'épice, dont en dépendra la qualité, est constitué des étapes de cueillette, d'émondage et de séchage, opérations très délicates et peu mécanisables, nécessitant un savoir-faire.

Tout comme le safran est utilisé en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agro-alimentaire, les bio-résidus sont étudiés pour trouver différentes applications dans ces domaines. Il n'y a pas beaucoup d'études, mais la recherche s'est intensifiée ces dernières années.

Le but de ce travail est de mener une recherche exhaustive sur la composition des fleurs et de chacune des pièces, les méthodes de conservation de la fleur et les applications possibles, telles que la teinture, l'assaisonnement alimentaire et la fabrication de médicaments.

Mots clés : *Crocus sativus*, Safran, Pétales, Stigmates, Bio-résidus.

Abstract

Since Antiquity, saffron (*Crocus sativus*) has been a highly prized spice for its properties. It is the most valuable medicinal food, rich in its components which have a beneficial effect on human health. It is mainly cultivated for its stigmas; we must also value its petals as its stigmas.

The process for obtaining the spice, on which its quality will depend, consists of the stages of picking, pruning and drying, very delicate operations that cannot be easily mechanized, requiring know-how.

Just as saffron is used in medicine, pharmacy, cosmetology and agro-food, bio-residues are studied to find different applications in these fields. There aren't many studies, but research has intensified in recent years.

The aim of this work is to conduct exhaustive research on the composition of flowers and each of the parts, methods of preserving the flower and possible applications, such as dyeing, food seasoning and the manufacture of medicine.

Key words: *Crocus sativus*, Saffron, Petals, Stigmas, bio-residues.

الملخص

منذ العصور القديمة، كان الزعفران من التوابل المشهورة جدًا لخصائصه. إنه أعلى غذاء طبي، وغني بمكوناته التي لها تأثير مفيد على صحة الإنسان. يتم زراعته بشكل أساسي بسبب مياومه. يجب علينا أيضًا أن نقدر بتلاته باعتباره مياومه.

تتكون عملية الحصول على التوابل، التي ستعتمد عليها جودتها، من مراحل الانتقاء والتقليم والتجفيف، وهي عمليات دقيقة للغاية لا يمكن تشغيلها آليًا بسهولة، وتتطلب الدراية الفنية.

مثلما يستخدم الزعفران في الطب والصيدلة ومستحضرات التجميل والأغذية الزراعية، يتم دراسة المخلفات الحيوية لإيجاد تطبيقات مختلفة في هذه المجالات. لا توجد دراسات كثيرة، لكن الأبحاث تكثفت في السنوات الأخيرة

الهدف من هذا العمل هو إجراء بحث شامل حول تركيبة الأزهار وكل جزء من الأجزاء وطرق حفظ الزهرة والتطبيقات الممكنة مثل الصباغة وتوابل الطعام وصناعة الأدوية

الكلمات الرئيسية: الزعفران، المياوم، البتلات، المخلفات الحيوية



Introduction

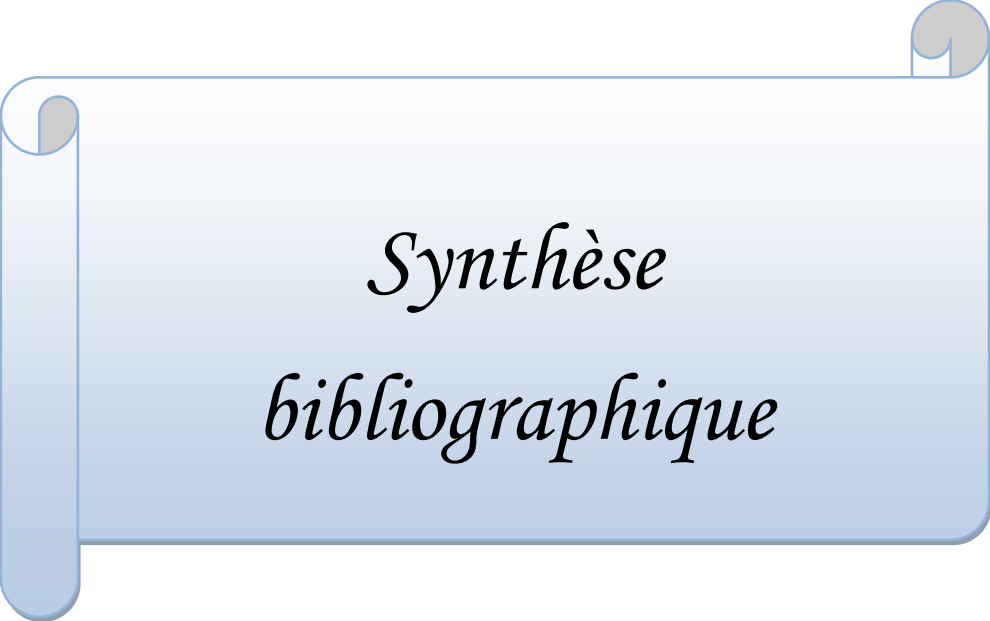
Introduction :

L'histoire des plantes médicinales et aromatiques est associée à celle des civilisations. En effet, l'histoire des peuples à travers les régions du monde atteste que ces plantes ont toujours occupé une place très importante en médecine, dans les préparations culinaires et dans la composition des parfums (**Lahmadi et al., 2013**).

Le safran (SAF) vient de l'arabe zaferân, désigne stigmates séchés de la fleur de *Crocus sativus L*, est une épice précieuse utilisée depuis plus de 3 000 ans. "*C. sativus L*" ne s'agit pas d'une plante sauvage car elle doit tout à l'homme qui l'a cultivée, choyée et importée dans le bassin méditerranéen. SAF appelé « or rouge » appellation hautement justifiée parce que vendue entre 30 et 40 € le gramme. Son coût de revient élevé n'est pas dû à sa rareté mais à la cherté de la main d'œuvre (**Bouchra et al., 2020**).

La culture du SAF est très importante car on obtient un produit à forte valeur commerciale, la stigmatisation de la fleur est une espèce à forte valeur économique, elle est utilisée en gastronomie, médecine et cosmétique, tandis que le reste de la fleur il est jeté car il n'a pas de débouché commercial.

Les bio-résidus floraux composés de pétales, d'étamines et de styles sont obtenus dans le processus de production de SAF., qui est internationalement reconnue pour sa haute qualité. Le stigmate ne représente que 7,4% (p / p) du poids total de la fleur de SAF, générant 92,6 gramme de bio-résidus floraux pour 100 gramme de fleurs. Actuellement, les bio-résidus floraux de *C. sativus L* reçoivent plusieurs d'attention en raison de leurs propriétés biomédicales. Les propriétés les plus bénéfiques sont dues à leur haute teneur en flavonoïdes (**Serrano-Diaz et al., 2013**).



*Synthèse
bibliographique*

Chapitre I: Généralités sur le safran.

I.1. Historique:

Le safran est l'une des épices les plus anciennes, son histoire remonte à la plus haute antiquité. Des auteurs anciens, comme Homère, Salomon, Pline ou Virgile, mentionnent cette fleur dans leur histoire, qui fut plus tard considérée comme divine. La première représentation date de 1600 à 1700 avant JC et a été trouvée sur une fresque du palais de Minos en Crète, représentant des personnages cueilleurs de SAF (figure1). Concernant l'origine et la domestication du SAF: Vavilov note que son origine est le Moyen-Orient (1951), tandis que d'autres auteurs suggèrent l'Asie centrale ou les îles du sud-ouest de la Grèce (**Mzabri et al., 2019**).

Le nom "SAF" est dérivé du latin safranum, dont la racine exprime un concept essentiel, qui est la couleur jaune. Le nom de genre "*Crocus*" vient du mot grec Krokos, qui veut dire "filament", par allusion aux stigmates de la plante. Le terme "*sativus*", quant à lui, signifie "cultivé", car le *C. sativus*, par sa reproduction végétative, ne peut se multiplier sans une main humaine (**Dupont, 2001**).

Negbi prouve également que *C. sativus* a été sélectionné et probablement domestiqué en Crète pendant l'âge du bronze. A partir de cette zone primaire, il se serait propagé à l'Inde, à la Chine et aux pays du Moyen-Orient et de ces derniers pays les Arabes diffusèrent le safran dans tout le bassin méditerranéen, comme au Maroc, où il a probablement été introduit au IXe siècle (**Mzabri et al., 2019**).

De l'Antiquité à nos jours, le SAF a eu diverses utilisations, comme épice, en médecine, pour obtenir des parfums, des arômes, et comme une encre. En tant qu'épice, il a été utilisé dans les recettes de toutes les civilisations orientales et dans la région méditerranéenne. Tout au long de son histoire en tant qu'épice, le SAF a toujours été affecté par son adultération. Au 15ème siècle après JC, il y avait même une force de police appelée "Ufficio dello Zaferano" à Venise, qui était

à l'époque le principal centre commercial du SAF. Cette force était armée et chargée de surveiller les marchands et de s'assurer que le SAF n'était pas frelaté (Alonso *et al.*, 1998).



Figure 1: cueilleuses des fleurs de safran, les îles de Crète, de Santorin (Wikipédia)

I.2. Caractère botanique:

Plusieurs auteurs (Ursat, 1913; Pierlot, 1925; Priy, 1994) ont décrit le caractère botanique du SAF en France (Winterhalter et Straubinger, 2000). Parmi les quatre-vingt-cinq espèces appartenant au genre *crocus*, le SAF est l'espèce la plus fascinante. il existe deux groupes de *crocus*: les crocus à floraison automnale tels que *C. sativus* L. et les crocus à floraison printanière comme *C. vernus* L (Dupont, 2007).

I.2.1. Description:

C. sativus est une herbacée géophyte pérenne fait partie de la grande famille des Iridacées (**Bouchra et al., 2020**), une espèce de plante vivace qui varie de 10 à 30 cm, glabrescente. Son bulbe (cormes) est assez gros globuleux; aplaties à la base jusqu' à un diamètre de 4.5-5.5 cm, Sa tunique possède des fibres réticulées. Les bulbes ont 1ou 2 bourgeons principaux au niveau de l'apex et environ quatre à cinq bourgeons secondaires, disposés irrégulièrement en forme de spirale. Ses feuilles naissant avec les fleurs au nombre de 6 à 10 formées d'un périanthe de 6 pétales violets côtelées à la base en un tube long et étroit. Le pistil se compose d'un ovaire inférieur à partir duquel sort un style mince, de neuf à dix cm de long (**Lahmadi et al., 2019**) (figure 2).

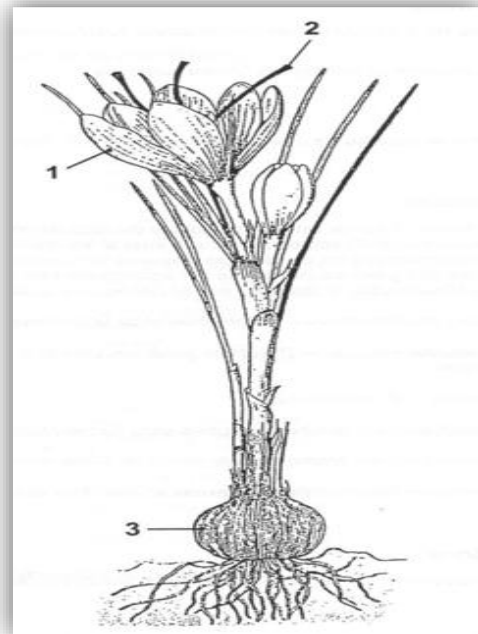


Figure 2. La fleur du *Crocus sativus* 1.fleur 2.stigmate 3.bulbe (**Bergion, 2005**)

Le style de couleur jaune, blanc est divisé en 3 branches ou flèches, appelé stigmates (figure 3), pouvant atteindre jusqu'à 20 à 40 mm de long. ils ont la forme d'un cornet très étroit, évasé sur la partie supérieure qui est crénelée ou dentelée et légèrement fendue. D'un rouge vif brillant et velouté, les stigmates sont très parfumés. Ils composent le SAF commercial après l'avoir séché (**Bergion, 2005**).



.Figure 3: les stigmates de safran (Chahine, 2014).

I.2.2. Systématique:

C. sativus est la seule espèce de *Crocus* produisant le SAF, sa classification taxonomique est donnée par Winterhalter.

Tableau 1: Situation botanique de l'espèce *Crocus sativus* L (Winterhalter et Straubinger, 2000)

Classification botanique	
Division	Spermatophyte
Sous-division	Angiosperme
Classe	Monocotylédone
Sous-classe	Liliidae
Ordre	Liliales
Famille	Iridaceae
Genre	<i>Crocus</i>
Espèce	<i>Crocus sativus</i>

I.3. La culture:

La culture du SAF est pluriannuelle et ne nécessite pas beaucoup d'espace et d'intrants chimiques, par rapport aux autres cultures. Sa pratique peut également contribuer à la mise en valeur des terres dans les régions arides et semi-arides et son développement s'inscrit dans la stratégie de développement durable. **(Lahmadi et al., 2013).**

Le *C. sativus* possède une végétation inversée, ce qui signifie que les feuilles de SAF sortent de terre en moins de septembre et que les plantes fleurissent en moins d'octobre, puis se dessèchent en mai de l'année suivante. Ainsi, à l'automne, lorsque tous les autres végétaux s'endorment pour l'hiver, le SAF fleurit. Il entre en dormance au printemps et ses feuilles disparaissent complètement lorsque les bourgeons de la plupart des plantes éclatent **(Perry, 2003).**

C. sativus aime la chaleur et le plein soleil, il a besoin d'un climat continental méditerranéen, avec des hivers frais, des étés chauds et secs. C'est une culture à une altitude comprise entre 650 et 1200 mètres. Le SAF est une plante de jours courts, capable de résister à des conditions climatiques très sévères, adaptée aux régions à hiver froid et été chaud et sec; il peut résister à des températures inférieures à -10 °C ou supérieures à +40 °C pendant plusieurs jours **(Molina et al., 2005).**

Le sol doit être léger, perméable, bien aéré, Pauvre en minéraux, mais riche en matières organiques et un pH neutre, environ 6,5-7. Quant à l'humidité et à la température, le sol doit être frais, humide et drainé **(Arvy et Gallouin, 2015).**

La plantation a lieu de fin juin à fin août. Un bon cormus est ferme à la palpation et mesure 23 à 25 mm de diamètre et 34 à 36 mm de hauteur. Il doit être dépouillé de ses tuniques et exposé au soleil pendant quelques jours avant de planter à 20 cm de profondeur. Ce processus vous permet de mettre de côté Cette les bulbes qui seraient abîmés **(Crozet et al., 2012).**

I.4. Récolte et rendement:

Le SAF récolté lorsque les fleurs sont complètement ouvertes est considéré comme un second choix en raison de la perte de sa qualité organoleptique, une fois exposées au soleil, les fleurs sont récoltées manuellement. La récolte est collectée dans des paniers rigides pour éviter le surpeuplement et la cassure des stigmates (**Kafi et al., 2006**).

Les fleurs sont récoltées en octobre et durent trois à six semaines. Le bulbe donne de un à trois fleurs la première année et de quatre à douze fleurs les années suivantes. Vie florale éphémère: 48 heures max. Après la récolte, l'émondage conseillé le même jour de récolte selon des conditions très hygiéniques matériel propre, des mains propres d'un ouvrier, pas de poussière et de produits chimiques. Séchage se fait dans un environnement propre et couvert, absence de volatilisation de Safranal. En fin conservation et conditionnement, le SAF doit être conservé après séchage dans un local sec, à l'abri de l'air et de la lumière (**Lahmadi et al., 2019**).

L'idéal serait de mettre les stigmates dans un pot en verre fermé hermétiquement par un bouchon de liège afin d'éviter le passage de l'oxygène ainsi d'empêcher une oxydation (**Ursat, 1913**).

Le rendement annuel moyen d'un hectare de SAF dépend des conditions environnementales et de l'âge du SAF et peut atteindre plus de 10 kg / ha (**Chahine, 2014**). La sélection des cormes et l'adoption d'un itinéraire technique approprié sont des facteurs qui peuvent améliorer le rendement et générer ainsi des gros revenus pour encourager les producteurs de SAF (**Karra et al., 2020**).



Figure 4: Les étapes de la culture du safran: récolte manuelle de la fleur, émondage (Récupération des stigmates), et séchage des stigmates à proximité d'un feu (Chahine, 2014).

I.5. Production de safran:

I.5.1. Distribution géographique:

Les principales régions et pays de culture du SAF sont: l'Iran, le Cachemire, l'Australie, l'Afghanistan, la Chine, l'Azerbaïdjan, la France, la Grèce, l'Italie, le Maroc, le Pakistan, l'Espagne, la Turquie et les États-Unis depuis longtemps. L'Iran est le premier exportateur mondial de SAF, tous les autres pays sont comptés comme petits producteurs de safran (**Yildirim et al., 2020**).

I.5.2. Production Mondiale:

Le SAF est reconnu pour être l'épice la plus chère au monde car pour obtenir 1kg de SAF sec, il faut 150 000 fleurs donc environ 450 000 stigmates et 400 heures de travail. Son prix varie de 30€ à 40 € le gramme (**Aboudrare et al., 2014**).

La grande majorité des 200 à 220 tonnes de stigmates produites annuellement est destinée à l'industrie agroalimentaire culinaire mais aussi traditionnelle. En Chine, le SAF fait partie de la pharmacopée locale avec des usages médicaux similaires à ceux déjà recommandés par Avicenne. L'Iran domine le marché à plus de 80%, mais la nouvelle production afghane entre sur le marché. Ces dernières années, des études ont été menées sur les propriétés médicinales du safran. Par conséquent, ces utilisations traditionnelles sont trouvées scientifiquement confirmées (**De Sophia-Antipolis, 2007**).

Tableau 2: la production mondiale du safran dans différents pays (**Negbi, 1999**).

Pays	Production mondiale (Kg / an)
Iran	150000 à 170000
Inde et le Cachemire	30000 à 40000
Grèce	5000 à 7000
Maroc	2000 à 3000
Espagne	1000
Italie	100
France et Suisse	6

La qualité du safran est évaluée par les normes nationales. Les variétés espagnoles présentent généralement une couleur, un arôme et un parfum plus doux. Les variétés italiennes sont plus robustes, tandis que les variétés les plus intenses proviennent d'Iran ou d'Inde (Negbi, 1999).

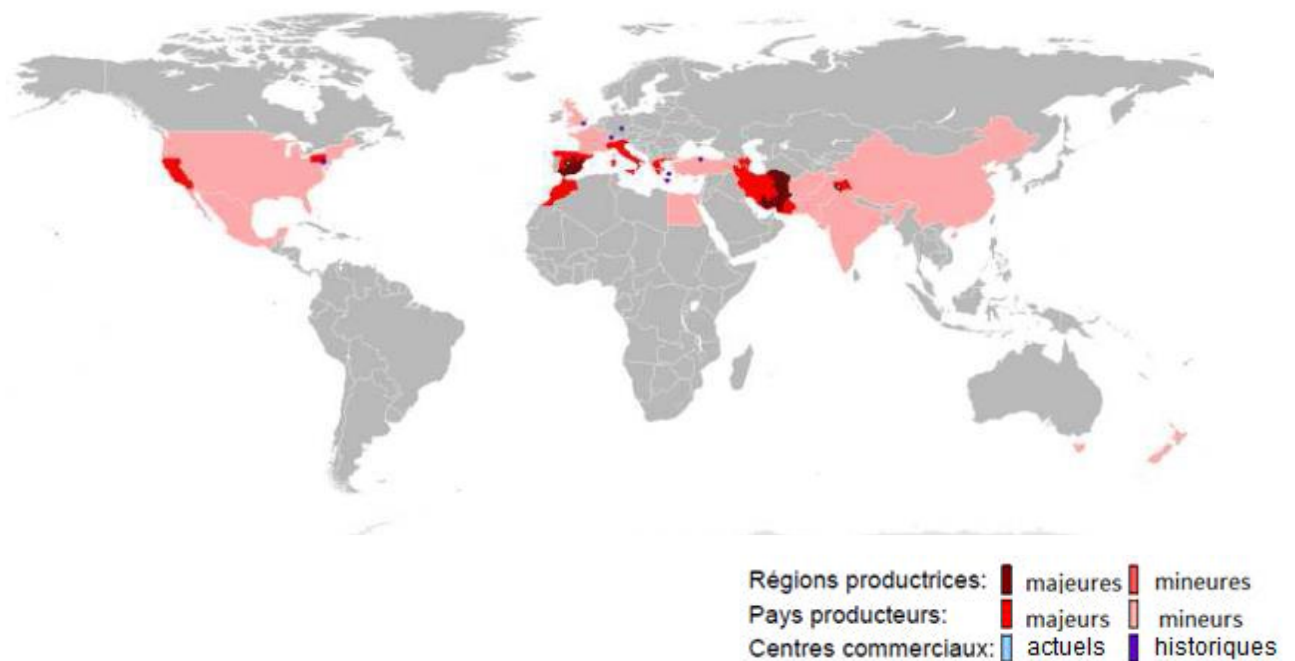


Figure 5: principales nations productrices de safran (Pandita, 2020) .

La récolte Algérienne est difficile à estimer, en raison de la présence de producteurs indépendants, mais elle est en constante augmentation avec environ 15 hectares cultivés en 2017-2018. La production annuelle de l'Algérie est estimée entre 10 et 15 kg, malgré le fort potentiel de production.

I.6.Composition chimique:

Les stigmates sont la plus ancienne partie utilisée du safran dans à des fins médicinal. Sa formule générale de composition est la suivante

Tableau 3: La formule de composition des stigmates en pourcentage (Crozet *et al.*, 2012).

Composants	Pourcentage
Eau	14 à 16%
Glucides	12 à15 %
Matières azotées	13%
Matières non azotées	41 à 44 %
Fibres	4 à 5%
Huiles essentielles	0.6 à 0.9 %
Cendres	4 à 6 %

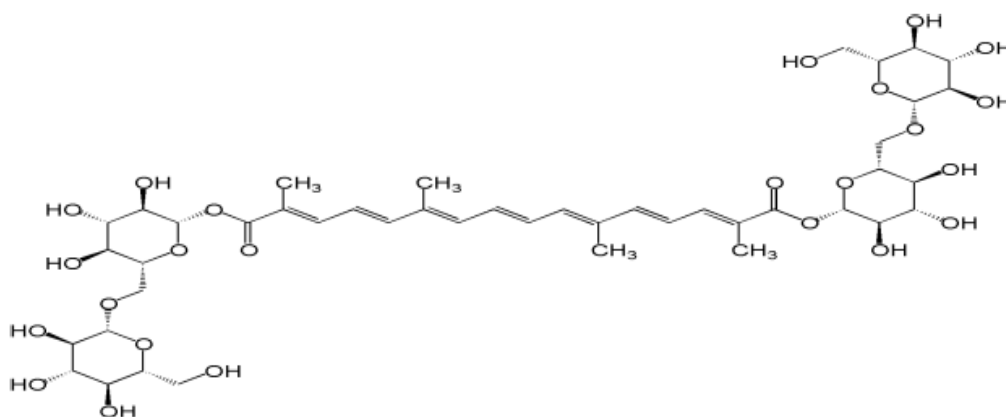
La composition du safran est très complexe: il possède plus de cent cinquante composés aromatiques et volatils. Le SAF contient également de nombreux composés non volatils, dont les plus importants sont les caroténoïdes. Ces composés ont été dosés par HPLC (High Performance Liquid Chromatography) (Lech *et al.*, 2009).

La lyophilisation peut être appliquée au SAF, car aucune perte des principaux composés volatils n'a été observée. La détermination de la composition chimique du SAF est délicate, car elle

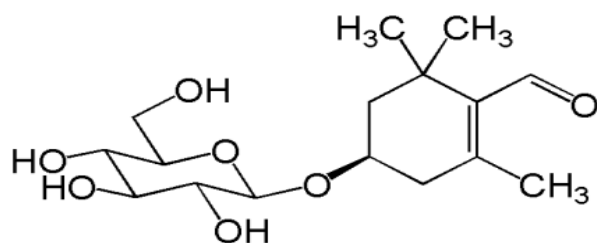
suppose une identification botanique correcte, des stigmates non frelatés et aucuns déchets floraux (**Basker, 1999 ; Moghaddasi, 2010**). Schématiquement, L'analyse chimique des stigmates a montré les données moyennes ci dessous:

- ❖ Glucide (12 à 15%) : glucose, fructose, gentibose, xylose et ramones.
- ❖ Eau (9à 14%)
- ❖ Cellulose (4 à 7%)
- ❖ Polypeptides (11 à 13 %)
- ❖ Lipides (3 à 8 %) : campesterol, stigmastérol et β -sitostérol.
- ❖ Matières minérales (1 à 1.5 %)
- ❖ Vitamines: B2 ou riboflavine (56,4 à 138 $\mu\text{g/g}$) et B1 ou thiamine (4,0 à 0,9 $\mu\text{g/g}$).
- ❖ Divers, non azotés (40%)
- ❖ Acides gras: acides palmitique, stéarique, oléique, et linoléique.
- ❖ Caroténoïdes: α , β , et γ -crocétine, crocine (10%), picrocrocine (4%), α et β -carotène, lycopène, phytoène et zéaxanthine.
- ❖ Huiles essentielles (0,3 à 2,0%) : où domine le safranal (60%).

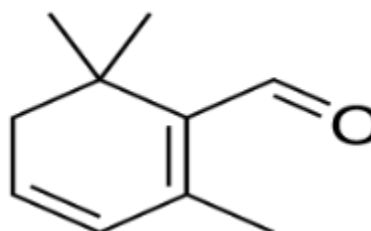
En raison de sa large gamme d'utilisations médicinales, le SAF a fait l'objet de vastes études phytochimiques et biochimiques et une variété d'ingrédients bioactifs ont été isolés. Les principaux métabolites secondaires du SAF sont: la crocine, qui est un pigment caroténoïde responsable de la couleur jaune-orange, la picrocrocine responsable de la saveur et du goût amer, et le safranal, qui est le principal composé volatil pour l'arôme et l'odeur (**Akhondzadeh et al., 2010**) (figure 6).



Crocine



Picrocrocine



safranal

Figure 6: Structure chimique des trois principaux métabolites secondaires (Mzabri *et al.*, 2019)

I.6.1. La crocine (C₄₄ H₆₄ O₂₄):

Est un diester formé par la crocétine liée à chaque extrémité par un diholoside, le gentiobiose. Elle appartient à la famille des caroténoïdes C₂₀, soluble dans l'eau et rouge. C'est le métabolite bioactif et responsable de la plupart de la couleur du SAF. En effet, son principale application pour ses propriétés antioxydantes et antitumorales, proviennent essentiellement de la crocine (Gutheil *et al.*, 2012).

I.6.2. La picrocrocine (C₁₆ H₂₆ O₇):

Est un aldéhyde monoterpène glycoside inodore et incolore précurseur du safranal, qui est également un facteur majeur affectant le goût amer du SAF et le produit de dégradation des caroténoïdes de la zéaxanthine. Le clivage des doubles liaisons adjacentes aux anneaux de la

zéaxanthine entraîne la formation d'une molécule de crocétine et de deux molécules de picrocrocine (**Schmidt *et al.*, 2007 ; Sumaiya *et al.*, 2020**).

I.6.3. Le safranal (C₁₀ H₁₄O):

(2, 6,6-triméthylcyclohexa-1,3- diène) est le principal composé de la fraction volatile du SAF qui représente environ 60% (**Pandita, 2020**). Il est peu ou pas présent dans les stigmates frais, et sa concentration dépend des conditions de séchage et de conservation du SAF, qui est une molécule organique sous la forme d'une huile essentielle volatile. Le safranal est un produit d'hydrolyse de la picrocrocine. L'humidité décompose la crocine et la picrocrocine, mais permet le développement de l'arôme du SAF, le safranal. Les mécanismes de développement de l'arôme lors du séchage et les cinétiques de dégradation des métabolites secondaires lors du stockage du SAF sont complexes et peu connus (**Rödel et Petrzika, 1991**).

Le SAF sec est sensible aux fluctuations du pH et sa composition chimique se dégrade rapidement en présence de l'air libre et à lumière. À l'humidité, le SAF perd son arôme et devient noir. L'oxydation endogène de la crocine et de la picrocrocine est observée dans le temps à des taux d'humidité relative supérieurs à 23% et à des températures supérieures à 25 °C. Cette dégradation est expliquée par la fonction antioxydante protectrice des caroténoïdes. En effet, il génère de l'oxygène, déclenchant ainsi le processus d'auto-oxydation. Par conséquent, il doit être conservé dans un contenant hermétique et déclenchant ainsi le processus stocké dans un endroit sec et frais (**Tsimidou et Biliaderis, 1997**).

I.7. Applications du safran:

Avec son goût amer, son parfum de foin et ses notes légèrement métalliques, le SAF est utilisé comme épice, arôme, teinture et médicament. De l'Antiquité à nos jours, et dans le monde entier, la majeure partie du SAF produit a été et est toujours utilisée en cuisine (**Verma et Bordia, 1998 ; Chryssanthi *et al.*, 2011**). Il est essentiellement employé pour ses propriétés thérapeutiques et son pouvoir colorant.

I.7.1. safran en thérapeutique:

Nous avons répertorié plus de cent vingt références bibliographiques. Elles concernent des propriétés anti-tumorale, antidépressive, anti-allergique, antioxydante, anti-inflammatoire, stimulante, spasmolytique, protectrice cellulaire, cardiaque et circulatoire, immunitaire, améliorant la mémoire, hypocholestérolémiant. Des études cliniques ont démontré l'efficacité du safran contre la fluoxétine. Seul un extrait standardisé permet d'atteindre les effets recherchés en usage thérapeutique (**De Sophia-Antipolis, 2007**).

I.7.1.1. Anticancer et effet antitumorale:

les extraits de SAF ont un effet antitumoral in vivo et in vitro, contre plusieurs types de cancer dont: le cancer colorectal (**Escribano et al., 1996 ; Aung et al., 2007**), le cancer hépatocellulaire et le cancer de la prostate (**Amin et al., 2011 ; D'Alessandro et al., 2013**). Dans les extraits de SAF, les caroténoïdes sont les principes actifs. Les mécanismes de lutte contre le cancer du SAF ne sont pas encore bien compris mais plusieurs activités ont été proposées notamment la promotion de l'apoptose, la réduction de la prolifération et de la synthèse d'ADN des cellules tumorales, la réduction de l'inflammation, la réduction du stress oxydatif et l'augmentation des enzymes antioxydantes. Les extraits de safran s'avèrent non toxiques sur les cellules saines, mais sélectivement cytotoxiques pour les cellules cancéreuses (**Abdullaev, 2002**). De plus, le SAF a une activité anti-mutagénique. La crocine, dérivée du SAF dispose d'un effet inhibiteur puissant sur la formation des colonies cellulaires tumorales. Il a été démontré que le traitement par l'extrait de *C. sativus* prolonge considérablement, jusqu'à presque trois fois, la vie des souris traitées par la cisplatine (**Chahine, 2014**).

I.7.1.2. Activité antitussive:

L'extrait éthanolique de *C. sativus* et son safranique constitutif ont réduit le nombre de toux chez les cobayes lorsqu'ils sont injectés intrapéritonéalement lorsqu'une solution d'acide citrique (20%) a été utilisée pour induire la toux (**Bhargava, 2011**).

I.7.1.3. Activité antioxydante:

Les caroténoïdes, qui contiennent la crocine et la crocétine, jouent un rôle important dans la santé en agissant comme des antioxydants naturels. Ils protègent les cellules et les tissus des effets néfastes des radicaux libres et des espèces réactives de l'oxygène (ROS). La crocine est l'ingrédient actif le plus étudié en ce qui concerne les propriétés antioxydantes du SAF. Cependant, il ne fonctionne pas seul, mais grâce à un travail en synergie avec d'autres composants tels que le safranal, la diméthylcrocétine et les flavonoïdes (**Shamsa et al., 2009**). D'autres études se sont concentrées sur les effets négatifs du stress oxydatif sur notre cerveau, car c'est l'organe le plus vulnérable à l'oxydation, en raison de la forte teneur en phospholipides des membranes neuronales et du lien qui existe avec le développement de pathologies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer, dont le traitement par le SAF peut empêcher l'agrégation et le dépôt de peptide amyloïde dans le cerveau humain et peut donc être bénéfique dans la maladie d'Alzheimer (**Bolhassani et al., 2014**).

I.7.1.4. Effets antinociceptifs et anti-inflammatoires:

Le stigmate du SAF a montré des effets antinociceptifs dans le test de la douleur induite chimiquement en plus de l'activité anti-inflammatoire aiguë et/ou chronique, et ces effets peuvent être dus à la présence de flavonoïdes, de tanins, d'anthocyanines, d'alcaloïdes et de saponines (**Srivastava et al., 2010**).

I.7.1.5. Activité anxiolytique:

Cette étude a été conçue pour enquêter sur les rongeurs, si la crocine avait ou non des propriétés anxiolytiques. Pour cela, le test light \ dark a été sélectionné. L'un ou l'autre des crocines, à une dose qui n'affectant pas l'activité motrice des animaux (50 mg / kg) ou le diazépam (1,5 mg / kg), a augmenté la latence pour entrer dans le compartiment sombre et prolongé le temps passé dans la chambre éclairée chez les rats. À l'inverse, des doses plus faibles de crocine (15 à 30 mg / kg) n'ont pas modifié significativement le comportement des animaux. Les résultats actuels indiquent que le traitement avec ces principes constituants actifs de *C. sativus L.* induit des effets anxiolytiques chez le rat (**Srivastava et al., 2010**).

I.7.1.6. Effets sur le flux sanguin oculaire et la fonction rétinienne:

Les analogues de la crocine isolés de stigmat ont été prouvés d'augmenter le flux sanguin par vasodilatation à la rétine et à la choroïde, facilitant également la récupération de la fonction rétinienne, empêchant ainsi la rétinopathie ischémique et la dégénérescence maculaire liée à l'âge qui entraîne une cécité (**Bhargava, 2011**).

I.7.1.7. Effet sur le comportement d'apprentissage et la potentialisation à long terme:

Il a été démontré que l'extrait de SAF et ses principaux composants, la crocine et la crocétine, améliorent la mémoire et les compétences d'apprentissage dans les troubles d'apprentissage liés à l'éthanol chez les souris et les rats. La prise de SAF par voie orale peut être utile dans le traitement des troubles neurodégénératifs et des troubles de la mémoire associés (**Rahimi, 2015**).

I.7.1.8. Anti Alzheimer:

Le composant principal caroténoïde, le trans-crocine-4, le digentibiosylester de la crocétine, a inhibé la fibrillogénèse A-beta formé par l'oxydation des fibrilles de bêta-peptide amyloïdes dans la maladie d'Alzheimer. L'extrait de SAF à l'eau : méthanol (50:50, v / v) Les stigmates ont inhibé la fibrillogénèse A-beta dans une concentration et une durée de vie Constante à des concentrations inférieures à celles d'une autre diméthylcrocétine constitutive (**Rahimi, 2015**).

I.7.2. Autres utilisations:

I.7.2.1. Safran comme teinture

Les colorants et les vêtements colorés (le pigment principal du safran est la crocine, un caroténoïde hydrosoluble). Le SAF a été utilisé en tant que tache histologique, c'est-à-dire comme colorant pour le tissu conjonctif (**Srivastava et al., 2010**).

I.7.2.2. Safran comme parfum

Le composé à l'odeur agréable, le safranal, se développe au cours du processus de séchage, éventuellement par clivage enzymatique ou thermique du composé amer, la picrocrocine (Srivastava *et al.*, 2010).

I.7.2.3. Safran en nourriture

Il remplit les fonctions d'une épice, en ajoutant son arôme faible, délicate, sa saveur agréable et sa merveilleuse couleur jaune pour améliorer la palatabilité (Srivastava *et al.*, 2010).

I.7.2.4. Safran en cuisine:

Le safran a une longue histoire dans la cuisine européenne et aujourd'hui l'épice est encore utilisée pour les plats traditionnels de poisson et de fruits de mer (Risotto alla Milanese en Italie, Bouillabaisse en France ou Paella Valenciana en Espagne). Le safran est un ingrédient traditionnel de quelques gâteaux, par exemple le gâteau au safran allemand «Gugelhupf» (Winterhalter et Straubinger, 2000).



Figure 7: Tajine au safran chez un restaurateur de Taliouine Maroc (Dubois, 2010).

Chapitre II: Bio-résidus de safran

Les bio-résidus sont les parties de la plante qui une fois collectées et séparées, ne sont pas utilisées: les pétales, les étamines et les styles (figure8). L'idée de valoriser Les bio-résidus ou les bio-déchets est due au fait que de nombreuses fleurs de *C. sativus* sont nécessaires pour obtenir des épices au SAF et que les bio-déchets générés ont un volume beaucoup plus important que le produit à commercialiser. Il faut garder à l'esprit que pour produire 1 Kg de safran épicé, il faut récolter environ 68 Kg de fleurs, environ 173 250 fleurs. Les bio-résidus générés pour cette production de SAF sont de 92,6% soit environ 63 Kg de déchets qui n'ont aucune valeur commerciale et qu'il serait important de valoriser.

Dans ce bio-résidu la partie la plus abondante sont les pétales qui occupent 78,4% de la plante suivis des étamines avec 13,4% et enfin les styles a 0,7 (Serrano Diaz, 2013).

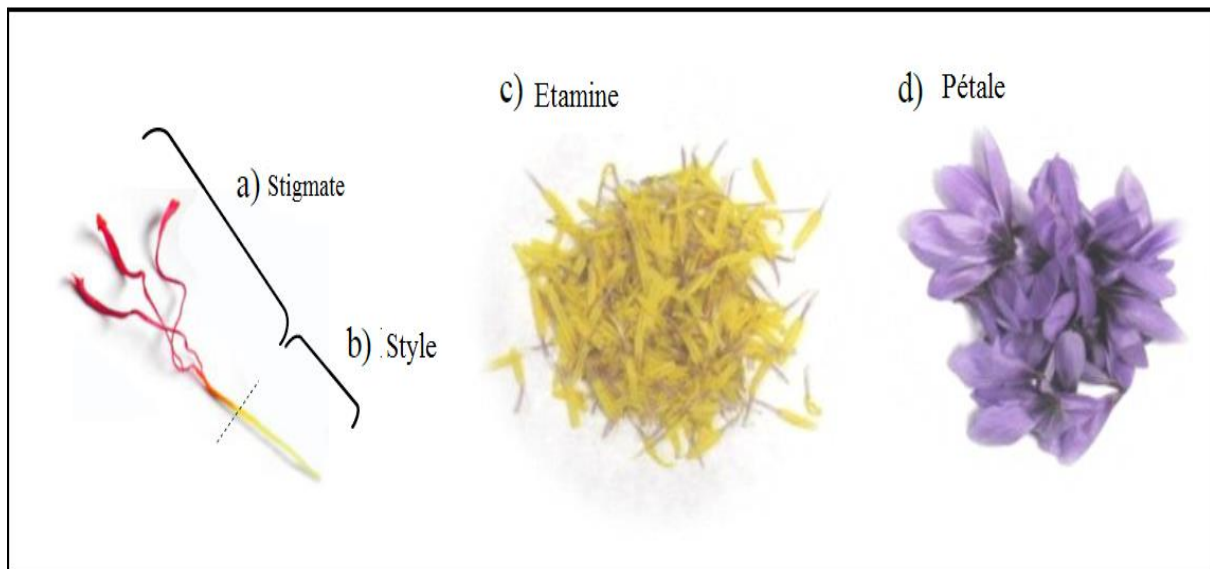


Figure 8: Différentes parties de la fleur du safran (Serrano Diaz, 2013).

II.1. Composition chimique du bio-résidu:

Dans la plante *C. sativus*, nous pouvons trouver deux pigments très caractéristiques, les anthocyanes et les caroténoïdes, qui déterminent la couleur de la fleur (**Harborne et Williams, 2000; Nørbæk et Kondo, 1998**). Les anthocyanes ont une variation de couleur allant du violet au brun. En 1960, Saitô a montré que les couleurs des tépales sont dues à un mélange en proportion 4: 1 de 3,5-di-dauphin glycoside et pétunidine glycoside (**Saito et al., 1960**).

Les études du CSIC ont montré que le kaempférol était le flavonol majoritaire (**Garrido, 1984 ; Garrido et al., 1987**) suivi de la myricétine et de la quercétine. La delphinidine et la pétunidine ont été trouvées sous forme d'anthocyanes. Cette composition sert à classer taxonomiquement les différentes espèces de *Crocus* (**Nørbæk et Kondo, 1998 ; Nørbæk et al., 1999**).

On peut également trouver du contenu en acides phénoliques et alcaloïdes (Termentzi et Kakkalou, 2008) et des caroténoïdes tels que le diester de lutéine (**Goupy et al., 2003**). Il a été démontré que les colorants et les arômes de fleurs de SAF sont d'une grande importance dans les cosmétiques et la parfumerie (**Bergoin, 2005**).

II.2. Caractérisation du bio-résidus de safran:

II.2.1. La fleur

Différents aspects de la fleur ont été étudiés: l'arôme, les pigments et une certaine activité biologique.

II.2.1.1.L'arôme

La fleur de *C. sativus* (SAF), après avoir éliminé les stigmates, dégage une agréable odeur florale «rose miel» forte et enivrante. Les Laboratoires Monique Rémy ont procédé à une extraction, pour récupération en cosmétique ou en parfumerie. Le rendement de l'extraction à l'hexane est de 0,196%. Les principaux composants trouvés sont: le 2-phényléthanol, l'acétate, l'acide phénylacétique, l'acétate de linanyle et les acides gras en C10 à C30 et leurs esters principalement

méthyle et éthyle. Le safranal, contrairement à la stigmatisation, n'est présent que sous forme de traces (Algrech, 2001).

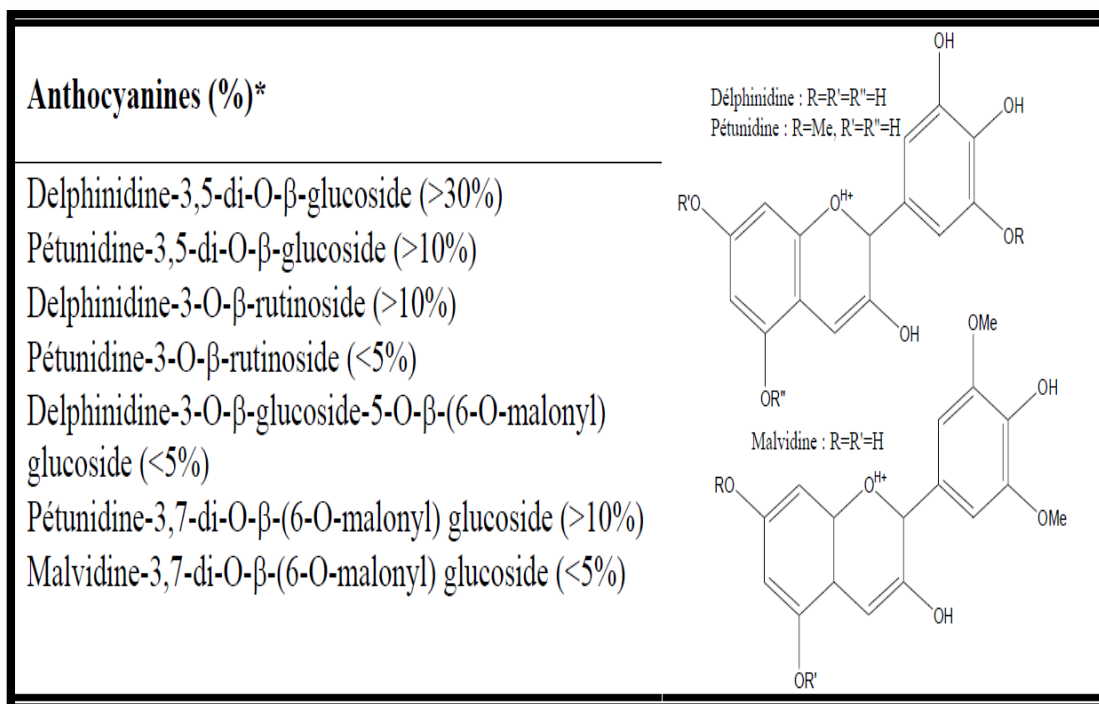
II.2.1.2. Les pigments

Saito (Saito *et al.*, 1960) a révélé la présence de deux anthocyanines violettes dans les fleurs de SAF. La structure générale de ces pigments hydrosolubles est la cyanidine. L'extrait de pétale au méthanol montre les glycosides de delphinidine et les glycosides de pétunidine en proportion 4/1.

Garrido (Garrido *et al.*, 1987) a identifié dans un extrait aqueux de pétales trois flavonols: la myricétine aglycones, la quercétine et le kaempférol.

Selon Ebrahimzadeh et al. (Ebrahimzadeh et Radjabian, 1998), ils ont démontré que les extraits alcooliques des pétales ne contiennent pas de caroténoïdes.

Norbek (Norbek et Kondo, 1998) afin de classer les espèces de SAF (taxonomiques) a mené une étude en extrayant et en identifiant les anthocyanes et les flavonoïdes présents dans les pétales de SAF, comme le montre la figure 9.



Flavonoïdes (%)*	
Quercétine-3-O-β-sophoroside (>40%)	
Kaempférol-3-O-β-sophoroside (>20%)	
Myricétine-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside-7-O-β-glucoside	
Quercétine-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside-7-O-β-glucoside	
Kaempférol-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside-7-O-β-glucoside	
Kaempférol-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside-7-O-β-(6-O-malonyl) glucoside	
Kaempférol-3-O-α-(2,3-di-O-b-glucosyl) rhamnoside	
Kaempférol-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside-7-O-β-(6-O-acétyl) glucoside	
Kaempférol-3-O-α-(2-O-β-glucosyl)-rhamnoside	
* numéros cas (déphinidine [528-53-0], kaempférol [520-18-3], quercétine [117-39-5] et myricétine [529-44-2])	

Figure 9: Anthocyanines et flavonoïdes présents dans les pétales des fleurs de *crocus*.

II.2.1.3. L'activité biologique

Les extraits aqueux de pétales de *crocus* possèdent plusieurs activités.

Selon Kubo (**Kubo et Kinst-Hori, 1999**), ils ont démontré que les composés de phénol dans les pétales sont des composés à une activité biologique. L'isolement de kaempférol des pétales de fleurs fraîches permet l'inhibition d'oxydation de la L-3,4-dihydrophénylanine (L-DOPA). L'activité provient de sa capacité à chélater le cuivre dans l'enzyme. La tyrosinase stimule 2 réactions de synthèse de la mélanine et est connue comme étant un polyphénol oxydase, ce qui rend les produits alimentaires bruns. Son inhibition aurait une application dans le domaine nutritionnel ou alimentaire, médical et cosmétique.

Li et al (**Li et al., 2004**), ils ont isolé d'autres composés ayant cette même activité dans les pétales: l'acide protocatéchique et le 7-O-β-D glucopyranoside kaempférol, le 4,5-dihydroxy-2,6,6-triméthylcyclohex-1-ène, le 3-hydroxy-2,6,6-triméthyl-4-oxocyclohexènylméthanol, le 4-hydroxy-3,5,5-triméthylcyclohex-2-ène.

Hosseinzadeh (**Hosseinzadeh et Younesi, 2002**), a mis en évidence l'activité antinociceptive et antiinflammatoire des extraits aqueux et alcoolique des pétales chez la souris.

Les extraits aqueux et éthanoloïques des pétales de *C. sativus* ont abaissé la pression sanguine de manière dose-dépendante (**Fatehi et al., 2003**).

II.3. Conservation:

Pour toute application du bio-résidu de SAF une stabilisation est nécessaire pour éviter l'oxydation et la dégradation dues aux microorganismes. La plante de SAF a 85% d'humidité et cela permet aux micro-organismes de dégrader la fleur jusqu'à ce qu'elle pourrisse. Le processus de séchage doit être effectué dès que le stigmate a été séparé du reste de la fleur, de cette manière l'activité des micro-organismes est arrêtée.

La déshydratation est le moyen le plus ancien de conserver les aliments. Ce système permet non seulement la conservation du produit, mais rend également le produit solide et sec, réduisant le poids et le volume en facilitant la manipulation, l'emballage et le transport (**Cañizares et al., 2007**).

Il existe différentes méthodes de déshydratation des produits alimentaires, la plus recommandée est la lyophilisation, car la qualité physico-chimique n'est pas altérée. Dans ce processus, l'eau est éliminée par sublimation plutôt qu'à des températures élevées, en gardant toutes les propriétés inchangées. C'est une méthode qui nécessite l'achat d'un lyophilisateur à un coût très élevé, c'est pourquoi dans de nombreux cas des techniques alternatives sont utilisées (**Serrano Diaz, 2013 ; Bergoin, 2005**).

II.3.1. Lyophilisation

La lyophilisation est un processus dans lequel le produit est congelé puis l'eau est éliminée par sublimation dans une chambre à vide. Pour accélérer le processus, des cycles de congélation et de sublimation sont utilisés qui permettent d'éliminer presque toute l'eau du produit sans modifier la structure moléculaire. Il est principalement utilisé dans l'industrie alimentaire pour conserver les

aliments et en pharmacie pour conserver les médicaments. C'est une technique très chère par rapport aux autres mais elle se traduit par un produit de meilleure qualité (Serrano Diaz, 2013)



Figure 10: Lyophilisateur alimentaire

II.3.2. Séchage à température ambiante

Dans cette méthode de conservation, les pétales sont étalés sur une surface plane, de sorte que l'eau s'évapore lentement. Des mesures de poids ont été effectuées pendant le processus. Le processus est terminé lorsque le poids reste stable.

II.3.3. Séchage à hautes températures

Dans cette méthode, la chaleur est appliquée progressivement aux pétales, cela peut être fait à l'aide d'une cuisinière ou d'une micro-onde.



Conclusion

Conclusion:

Les plantes médicinales et aromatiques possèdent des propriétés biologiques très importantes qui trouvent plusieurs applications dans divers domaines: en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agro-alimentaire.

Le SAF est un produit de très haute valeur économique et sa collecte et sa manipulation sont très délicates et les grandes plantations fournissent très peu de produit utilisable (SAF épicé) et une grande quantité de bio-résidus sans aucune valeur commerciale.

Les bio-résidus se voient attribuer différentes propriétés bioactives qui en font un produit possible pour les cosmétiques ou l'alimentation. Une propriété très importante est la capacité antioxydante, liée à la teneur de la fleur en polyphénols totaux, pour cette raison une étude analytique des polyphénols présents dans la fleur a été réalisée.

Avec ce travail, j'espère ouvrir la voie à de futures analyses des bio-résidus de SAF. Certaines études qui pourraient être envisagées sont étroitement liées à la capacité antioxydante du bio-résidu. L'analyse par HPLC (chromatographie liquide haute résolution) pourrait nous donner une idée des composés phénoliques qu'elle contient et ainsi pouvoir analyser la capacité antioxydante du composé.



Références

Références

A

1. Abdullaev FI., 2002. Cancer chemopreventive and tumoricidal properties of saffron (*Crocus sativus* L). *Experimental biology and medicine* 227: 20-25.
2. Algrech C., 2001. Le safran du Quercy. *Revue Quercy recherche*, 97-98 (1-2-4): 20-27; 9-16; 18-26.
3. Aboudrare A, Aden A-H, Lybbert TJ., 2014. Importance Socio-économique du Safran pour les Ménages des Zones de Montagne de la Région de Taliouine-Taznakht au Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 2: 5-14.
4. Akhondzadeh S, Sabet MS, Harirchian MH, Togha M, Cheraghmakani H, et al., 2010. A 22-week, multicenter, randomized, double-blind controlled trial of *Crocus sativus* in the treatment of mild-to-moderate Alzheimer's disease. *Psychopharmacology* 207: 637-43.
5. Alonso G, Salinas M, Garijo J. 1998. Method to determine the authenticity of aroma of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Food Protection* 61: 1525-28.
6. Amin A, Hamza AA, Bajbouj K, Ashraf SS, Daoud S., 2011. Saffron: a potential candidate for a novel anticancer drug against hepatocellular carcinoma. *Hepatology* 54: 857-67.
7. Arvy M-P, Gallouin F., 2015. *Épices, aromates et condiments*. Belin.
8. Aung H, Wang C, Ni M, Fishbein A, Mehendale S, et al., 2007. Crocin from *Crocus sativus* possesses significant anti-proliferation effects on human colorectal cancer cells. *Experimental oncology* 29: 175.

B

9. Basker D., 1999. Saffron chemistry. *Medicinal and Aromatic Plants: Industrial Profiles*. 8:45-52.
10. Bergoin M., 2005. Application du concept de raffinage végétal au safran du Quercy (*Crocus sativus*) pour la valorisation intégrée des potentiels aromatiques et colorants.

11. Bhargava V., 2011. Medicinal uses and pharmacological properties of *Crocus sativus* Linn (Saffron). Int. J. Pharm. Pharm. Sci 3.
12. Bolhassani A, Khavari A, Bathaie SZ., 2014. Saffron and natural carotenoids: Biochemical activities and anti-tumor effects. Biochimica et Biophysica Acta (Bba)-reviews on cancer 1845: 20-30.
13. Bouchra L, Baya G, Karima R, Alima L, Rachid A, et al., 2020. Phenotypic and phytochemical diversity of saffron (*Crocus Sativus L*). Genetics and Biodiversity Journal (GABJ) 4: 71-80.

C

14. Cañizares A, Bonafine O, Laverde D., 2007. Deshidratación de productos vegetales. INIA Divulga 10: 11-15.
15. Chahine N., 2014. Effet protecteur du safran contre la cardiotoxicité de la doxorubicine en condition ischémique. Reims.
16. Chryssanthi DG, Dedes PG, Karamanos NK, Cordopatis P, Lamari FN., 2011. Crocetin inhibits invasiveness of MDA-MB-231 breast cancer cells via downregulation of matrix metalloproteinases. Planta medica 77: 146-51.
17. Crozet A, de Sus-Rousset H, de Durfort S-J., 2012. *Crocus sativus L.* (Iridaceae), le safran (I). Phytothérapie 10: 121-25.

D

18. D'Alessandro AM, Mancini A, Lizzi AR, De Simone A, Marroccella CE, et al., 2013. *Crocus sativus* stigma extract and its major constituent crocin possess significant antiproliferative properties against human prostate cancer. Nutrition and cancer 65: 930-42.
19. De Sophia-Antipolis F. 2007. VIII e Symposium international d'aromathérapie et plantes médicinales, Grasse 2006 (II). Phytothérapie 2007: 41-47.
20. Dubois A., 2010. Analyse de la filière safran au Maroc: quelles perspectives pour la mise en place d'une Indication Géographique? : CIHEAM-IAM Montpellier.
21. Dupont G., 2007. Abrégé de botanique systématique moléculaire. Masson Ed.
22. Dupont J., 2001. Dimensions culturelles et culturelles du safran en France

E

23. Ebrahimzadeh H. et Radjabian T., 1998. Comparative analysis of pigments in petals and stigmata of *Crocus almeihensis* C. Brickell and *B. Mathew* and *Crocus sativus* L. J. Sci. Islam. Repub. Iran, 9 (2): 127-135.
24. Escribano J, Alonso G-L, Coca-Prados M, Fernández J-A. ? 1996. Crocin, safranal and picrocrocin from saffron (*Crocus sativus* L.) inhibit the growth of human cancer cells in vitro. Cancer letters 100: 23-30.

F

25. Fatehi M, Rashidabady T, Fatehi-Hassanabad Z., 2003. Effects of *Crocus sativus* petals' extract on rat blood pressure and on responses induced by electrical field stimulation in the rat isolated vas deferens and guinea-pig ileum. Journal of ethnopharmacology 84: 199-203.

G

26. Garrido J. L., Diez de Bethencourt C. et Revilla E., 1987. Flavonoid composition of hydrolyzed tepal extracts of *Crocus sativus* L. An. Bromatol., 39 (1): 69-80.
27. Garrido J., 1984. Contribución al estudio de la composición flavonoidea de *Crocus sativus* L. Memory's degree. Universidad Autónoma de Madrid.
28. Gutheil W, Reed G, Ray A, Anant S, Dhar A., 2012. Crocetin: an agent derived from saffron for prevention and therapy for cancer. Current pharmaceutical biotechnology 13: 173-79.
29. Goupy P, Vian MA, Chemat F, Caris-Veyrat C., 2013. Identification and quantification of flavonols, anthocyanins and lutein diesters in petals of *Crocus sativus* by ultra performance liquid chromatography coupled to diode array and ion trap mass spectrometry detections. Industrial crops and products 44: 496-510.

H

30. Harborne JB, Williams CA., 2000. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry 55: 481-504.
31. Hosseinzadeh H, Younesi HM., 2002. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Crocus sativus* L. stigma and petal extracts in mice. BMC pharmacology 2: 7.

K

32. Kafi M, Koocheki A, Rashed M., 2006. Saffron (*Crocus sativus*): production and processing. Science publishers.
33. Karra Y, Tahiri A, Mokrini F, Wifaya A, Elame F, Mimouni A., 2020. Effet de la durée d'exploitation de la culture du safran, installée à différentes densités, sur la production et la multiplication des cormes «semences» dans la région de Taliouine. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 8.
34. Kubo I, Kinst-Hori I., 1999. Flavonols from saffron flower: tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47: 4121-25.

L

35. Lahmadi S, Guesmia H, Zeguerrou R, Maaoui M., 2019. La culture du Safran en Régions Arides (*Crocus sativus L.*).
36. Lahmadi S, Guesmia H, ZeguerrouR, Maaoui M, Belhamra M., 2013. La culture du safran (*Crocus sativus*) en régions arides et semi arides cas du Sud Est Algérien.
37. Lech K, Witowska-Jarosz J, Jarosz M., 2009. Saffron yellow: characterization of carotenoids by high performance liquid chromatography with electrospray mass spectrometric detection. Journal of mass spectrometry 44: 1661-67
38. Li C-Y, Lee E-J, Wu T-S., 2004. Antityrosinase Principles and Constituents of the Petals of *Crocus sativus*. Journal of natural products 67: 437-40

M

39. Moghaddasi MS., 2010. Saffron chemicals and medicine usage. Journal of medicinal plants research 4: 427-30
40. Molina R, Valero M, Navarro Y, Guardiola J, Garcia-Luis A., 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus L.*). Scientia Horticulturae 103: 361-79

41. Mzabri I, Addi M, Berrichi A., 2019. Traditional and Modern Uses of Saffron (*Crocus Sativus*). *Cosmetics* 6: 63.

N

42. Negbi M., 1999. Saffron cultivation: past, present and future prospects. *Saffron Crocus sativus L*: 1-17.

43. Nørbæk R, Kondo T., 1998. Anthocyanins from flowers of *Crocus* (Iridaceae). *Phytochemistry* 47: 861-64

44. Nørbæk R, Nielsen JK, Kondo T., 1999. Flavonoids from flowers of two *Crocus chrysanthus-biflorus* cultivars: “Eye-catcher” and “Spring Pearl”(Iridaceae). *Phytochemistry* 51: 1139-46.

P

45. Pandita D., 2020. Saffron (*Crocus sativus L*): phytochemistry, therapeutic significance and omics-based biology In *Medicinal and Aromatic Plants*, pp. 325-96: Elsevier

46. Perry N., 2003. *Growing Saffron-The World's Most Expensive Spice*. New Zealand Institute for Crop and Food Research Ltd.

R

47. Rahimi M., 2015. Chemical and medicinal properties of saffron. *Bull Environ Pharmacol Life Sci* 4: 69-81.

48. Rödel W, Petrzika M. 1991. Analysis of the volatile components of saffron. *Journal of High Resolution Chromatography* 14: 771-74

49. Saito N, Mitsui S, Hayashi K., 1960. Delphin, the Anthocyanin of Medicinal Saffron and its Identity with Hyacin as Shown by Paper Chromatography of Partial Hydrolysates. *Proceedings of the Japan Academy* 36: 340-45

S

50. Schmidt M, Betti G, Hensel A., 2007. Saffron in phytotherapy: pharmacology and clinical uses. *Wiener Medizinische Wochenschrift* 157: 315

51. Serrano-Díaz J, Sánchez AM, Alvarruiz A, Alonso GL., 2013. Preservation of saffron floral bio-residues by hot air convection. *Food Chemistry* 141: 1536-43

52. Serrano Díaz J., 2013. Valorización de los bio-residuos florales de la producción de azafrán especia para aplicaciones alimentarias.
53. Shamsa A, Hosseinzadeh H, Molaei M, Shakeri MT, Rajabi O., 2009. Evaluation of *Crocus sativus* L.(saffron) on male erectile dysfunction: a pilot study. *Phytomedicine* 16: 690-93
54. Srivastava R, Ahmed H, Dixit R., 2010. *Crocus sativus* L: a comprehensive review. *Pharmacognosy reviews* 4: 200
55. Sumaiya S, Naved T, Sharma A, Sarwat M., 2020. Amelioration of Liver Ailments by Saffron (*Crocus sativus*) and Its Secondary Metabolites In Saffron, pp. 1-20: Elsevier

T

56. Termentzi A, Kokkalou E., 2008. LC-DAD-MS (ESI+) analysis and antioxidant capacity of *Crocus sativus* petal extracts. *Planta medica* 74: 573-81.
57. Tsimidou M, Biliaderis CG., 1997. Kinetic studies of saffron (*Crocus sativus* L) quality deterioration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 2890-98.

U

58. Ursat J., 1913. Le safran du Gatinais. Pithiviers., 45 p.

V

59. Verma S, Bordia A., 1998. Antioxidant property of saffron in man. *Indian journal of medical sciences* 52: 205-07.

W

60. Wikipedia., 2014. Histoire du safran. [En ligne] disponible sur :http://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_du_safran#mediaviewer/File:Saffron_gatherersSantorini-3.jpg.

Y

61. Yildirim MU, Sarihan EO, Khawar KM., 2020. Ethnomedicinal and Traditional Usage of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Turkey In *Saffron*, pp. 21-31: Elsevier.

Résumé:

Depuis l'Antiquité, le safran (*Crocus sativus*) est une épice très prisée pour ses propriétés. Il est l'aliment médicinal le plus précieux, riche par ses composants qui ont un effet bénéfique sur la santé de l'homme. Il est essentiellement cultivé pour ses stigmates, on doit également valoriser ses pétales comme ses stigmates.

Le procédé d'obtention de l'épice, dont en dépendra la qualité, est constitué des étapes de cueillette, d'émondage et de séchage, opérations très délicates et peu mécanisables, nécessitant un savoir-faire.

Tout comme le safran est utilisé en médecine, en pharmacie, en cosmétologie et en agro-alimentaire, les bio-résidus sont étudiés pour trouver différentes applications dans ces domaines. Il n'y a pas beaucoup d'études, mais la recherche s'est intensifiée ces dernières années

Le but de ce travail est de mener une recherche exhaustive sur la composition des fleurs et de chacune des pièces, les méthodes de conservation de la fleur et les applications possibles, telles que la teinture, l'assaisonnement alimentaire et la fabrication de médicaments.

Mots clés : *Crocus sativus*, Safran, Pétales, Stigmates, Bio-résidus

Abstract

Since Antiquity, saffron (*Crocus sativus*) has been a highly prized spice for its properties. It is the most valuable medicinal food, rich in its components which have a beneficial effect on human health. It is mainly cultivated for its stigmas; we must also value its petals as its stigmas.

The process for obtaining the spice, on which its quality will depend, consists of the stages of picking, pruning and drying, very delicate operations that cannot be easily mechanized, requiring know-how.

Just as saffron is used in medicine, pharmacy, cosmetology and agro-food, bio-residues are studied to find different applications in these fields. There aren't many studies, but research has intensified in recent years.

The aim of this work is to conduct exhaustive research on the composition of flowers and each of the parts, methods of preserving the flower and possible applications, such as dyeing, food seasoning and the manufacture of medicine

Key words: *Crocus sativus*, Saffron, Petals, Stigmas, bio-residues.

الملخص

منذ العصور القديمة، كان الزعفران من التوابل المشهورة جدًا لخصائصه. إنه أعلى غذاء طبي، وغني بمكوناته التي لها تأثير مفيد على صحة الإنسان. يتم زراعته بشكل أساسي بسبب مياسمه. يجب علينا أيضًا أن نقدر بتلاته باعتبار مياسمه.

تتكون عملية الحصول على التوابل التي ستعتمد عليها جودتها، من مراحل الانتقاء والتقليم والتجفيف وهي عمليات دقيقة للغاية لا يمكن تشغيلها آليًا بسهولة وتتطلب الدراية الفنية.

مثلما يستخدم الزعفران في الطب والصيدلة ومستحضرات التجميل والأغذية الزراعية، يتم دراسة المخلفات الحيوية لإيجاد تطبيقات مختلفة في هذه المجالات. لا توجد دراسات كثيرة، لكن الأبحاث تكاثفت في السنوات الأخيرة

الهدف من هذا العمل هو إجراء بحث شامل حول تركيبة الأزهار وكل جزء من الأجزاء وطرق حفظ الزهرة والتطبيقات الممكنة مثل الصباغة وتوابل الطعام وصناعة الأدوية

الكلمات الرئيسية: الزعفران، المياسم، البتلات، المخلفات الحيوية

