

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département Biochimie et Microbiologie  
Filière : Biotechnologie



MEMOIRE

*De fin d'études*

*En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Biotechnologie  
Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes*



**THEME**

*Caractérisation agrobiologique et ethnobotanique  
du Safran dans deux sites : L.N.I et Maâtqas*

*Présenté par :*

*M<sup>lle</sup> MAZARI Thilelli*

*Devant le jury :*

*President: M<sup>me</sup> MESTAR GUECHAOUI N.*

*Promoteur : M<sup>me</sup> N'AIT KACI BOUDIAF M.*

*Examineur: M<sup>r</sup> LHADJ MOHAND A.*

**MCB.UMMTO**

**MCA.UMMTO**

**MAA.UMMTO**

*Promotion : 2019 - 2020*



Au moment où je pensais bloquer mon mémoire pour des circonstances, Mme Boudiaf Nait Kaci m'envoie une camarade pour la voir en urgence. Ainsi, je l'ai vu et nous avons discuté sur ma thématique qui ne pouvait pas être mise en pratique à cause de la crise sanitaire. Sachant que je risque de refaire mon S4. Et voilà ma promotrice m'ouvre une autre fois les portes de l'espoir en me laissant mettre en expérimentation tout ce qui est possible dans ma thématique.

Ce modeste travail, ne m'a pas été uniquement un mémoire de fin d'études, mais un véritable challenge qui m'a révélé mes défauts et mes qualités. Beaucoup de leçons qui me serviront toute ma vie. Comme, j'ai acquis un savoir que je n'ai jamais pensé à avoir.

Au cours de cette aventure, le désespoir a plusieurs fois frappé à ma porte, pour que je trouve ma promotrice, des enseignants que j'ai l'honneur de les avoir connu et mes amis fermer cette porte en me tendant la main pour atteindre le bout du tunnel.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à ma promotrice Dr BOUDIAF NAIT KACI.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements pour Melle Chafiaa SARNI qui va bientôt soutenir son doctorat, de m'avoir encadrée dans une partie de ce travail. J'ai gagné une grande sœur qui m'a appris que la modestie est un critère de la grandeur. Je lui dirai que vous êtes une GRANDE, un honneur de vous avoir croisé et d'avoir travaillé avec vous.

Je remercie infiniment Melia HOCEINI, qui va aussi soutenir son doctorat bientôt, de m'avoir encadrée dans une partie de mon travail, d'avoir aussi supporté ma folie et mes pics d'énergie.

Je tiens à remercier Pr SMAIL SAADOUN, pour son aide et accueil au laboratoire.

Je remercie vivement Dr MESTAR GUECHAOU, pour sa précieuse aide dans la réalisation de ce travail et enfin d'avoir accepté de présider le jury.

Je tiens à remercier Mr LHADJMOHAND, d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à exprimer profondément mes remerciements à Sarah et sa maman n' Djamila ainsi que n'Ourdia qui m'ont permis d'effectuer mon essai sur leurs parcelles.

Mes vifs remerciements à mes amis, particulièrement Méllissa, Lydia, Sabrina, Siham, Lyes, Oussama, Samir, Yamina, Belaid, Sonia, Lamia, Kahina, Ouiza, Louiza.

J'envoie ma profonde reconnaissance à mon camarade du lycée Younes qui me ramenait les leçons de ses cours de soutiens quand je n'avais pas les moyens pour m'inscrire, ainsi pour ses encouragements sans cesse. Pour mon enseignant de physique Mr Ait SEDIQ qui m'a toujours dit qu'il faut étudier pour acquérir un savoir non pas pour une note ainsi, de poser le comment non pas le pourquoi.

Si je ferai du ciel du papier et de l'océan, l'ancre, je ne pourrais exprimer mes remerciements à ma très chère mère et ma petite sœur Yamina.

## Liste de figures

Figure 1. <i>Crocus sativus</i> et ses ancêtres probables .....	5
Figure 2. Principales nations productrices du safran.....	6
Figure 3. Aspect général de <i>Crocus Sativus</i> .....	7
Figure 4. Structure du cormus de <i>Crocus sativus</i> .....	8
Figure 5. Feuilles de <i>Crocus sativus</i> .....	9
Figure 6. Fleur de <i>Crocus sativus</i> et son diagramme floral... ..	9
Figure 7. Structure chimique de la crocine.....	11
Figure 8. Structure chimique de la picocrocine.....	12
Figure 9. Structure chimique de la Safranal.....	12
Figure 10. Méthodes du semis.....	16
Figure 11. Localisation de L.N.I. ....	26
Figure12. Localisation de Maatkas.....	27
Figure 13. Description d'un bulbe du Safran utilisé dans notre expérimentation.....	28
Figure 14. Biométrie des bulbes du dispositif expérimental avant le semis.....	29
Figure 15. Etapes de préparation du sol.....	31
Figure 16. Schéma d'expérience dans les deux sites.....	32
Figure17. Etapes du semis au niveau de la station de L.N.I.....	33
Figure18. Etapes du semis à Maâtkas .....	34
Figure19. Cueillette des fleurs du Safran.....	34
Figure 20. Etapes de l'émondage à la conservation des stigmates du Safran.....	35
Figure 21. Mesures biométriques effectuées sur les différentes parties du <i>Crocus sativus</i> .....	35
Figure 22. Etapes de caractérisation du grain de pollen de <i>Crocus sativus</i> .....	36
Figure23. Etapes de l'extraction des PPT des stigmates du Safran.....	37
Figure 24. Etapes du dosage des PPT totaux dans les stigmates du Safran.....	38
Figure 25. Utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou selon le sexe.....	39
Figure 26. Utilisation du Safran par classes d'âge dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	40

## Liste de figures

Figure 27. Utilisation du Safran selon le niveau d'instruction dans la wilaya de Tizi Ouzou..	40
Figure 28. Utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	41
Figure 29. Fréquence d'utilisation du Safran dans la wilaya de TiziOuzou.....	42
Figure 30. Lieux d'approvisionnement en Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	43
Figure 31. Formes d'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	44
Figure 32. Critère d'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	44
Figure 33. Marques du Safran utilisé dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	45
Figure 34. Formes d'utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	46
Figure 35. Observation des grains de pollen de <i>Crocus sativus</i> sous microscope optique aux G× 10, 40 et 100.....	47
Figure 36. Cycle biologique de <i>Crocus sativus</i> .....	49
Figure 37. Variations biométriques en fonction de l'altitude et du temps.....	52
Figure 38. Teneurs en polyphénols totaux dans les deux solutions aqueuses des stigmates du Safran de L.N.I et Mâatkas.....	54
Figure 39. Projection des individus sur le plan factoriel (F1 X F2).....	56

## *Liste de tableaux*

Tableau 1. Résumé des propriétés pharmacologiques et indications du <i>Crocus sativus</i> .....	13
Tableau 2. Variation de la biométrie des bulbes avant le semis.....	30
Tableau 3. Prix d'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	43
Tableau 4. Prix souhaitables pour l'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.....	46
Tableau 5. Chronologie des phases de croissance et du développement de <i>C. sativus</i> .....	50
Tableau 6. Résultats des mesures biométriques effectuées sur les plants de <i>Crocus sativus</i> des deux sites expérimentaux (L.N.I et Maâtkas).....	51
Tableau 7. Matrice de corrélation de Pearson.....	57
Tableau 8. Tableau d'analyse de la variance des teneurs en polyphénols.....	58
Tableau 9. Classement des groupes homogènes selon le test de Newman et Keuls.....	58

## *Liste des abréviations*

**G** : grossissement.

**P** : paramètres.

**S** : semaine.

**St** : station.

**S1** : première semaine.

**S2** : deuxième semaine.

**S3** : troisième semaine.

**S4** : quatrième semaine.

**L** : L.N.I.

**M** : Maâtkas.

**NB** : nombre de bourgeons.

**NFE** : nombre de feuilles.

**TFE** : taille des feuilles.

**TP** : taille des pétales.

**TS** : taille des stigmates.

**PS** : poids des stigmates.

# Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique	
1.Importance du Safran ( <i>Crocus sativus L.</i> ).....	3
1.1.Historique et étymologie .....	3
1.2.Origine et systématique .....	3
1.3.Distribution et géographie .....	5
1.4.Description botanique.....	7
1.4.1.Appareil végétatif.....	8
1.4.2. Appareil reproducteur .....	9
1.5.Etude phytochimique et composants principaux de <i>Crocus sativus</i> .....	10
1.6.Etude pharmacologique du <i>Crocus sativus</i> .....	13
1.7.Intérêts économiques du Safran ( <i>Crocus sativus</i> ) .....	13
2. Culture du Safran .....	14
2.1. Biologie de la reproduction du Safran .....	14
2.2.Culture traditionnelle du Safran et multiplication végétative des tubercules .....	14
2.2.1.Choix du site et de la parcelle à cultiver .....	14
2.2.2.Rotation culturale et durée d'exploitation de la safranière .....	15
2.2.3.Travail du sol et installation de la culture .....	15
2.2.4.Plantation .....	15
2.2.5.Fertilisation .....	16
2.2.6.Irrigation .....	16
2.2.7.Désherbage et entretien de la culture .....	16
2.2.8.Maladies .....	16
2.2.9.Ravageurs.....	17
2.2.10.cueillette des fleurs du Safran .....	17
2.2.11.Émondage .....	17
2.2.12.Séchage ou déshydratation.....	17
2.2.13.Stockage du safran .....	18
2.2.14.Adultérations.....	18
2.2.15.Collecte de bulbes .....	18
2.2.16.Stockage des bulbes .....	18
2.3.Biotechnologie et le Safran.....	19

2.3.1.Culture <i>in vitro</i> du Safran et micropropagation .....	19
2.3.2.Méthodes conventionnelles d'amélioration du Safran.....	19
2.3.2.1. Sélection et préparation des bulbes avant la plantation.....	19
2.3.2.2. Sélection massale.....	20
2.3.3.Méthodes modernes d'amélioration du Safran .....	21
2.3.4.Production biologique du Safran.....	22
3.Paramètres influençant le rendement du Safran et sa qualité.....	22
3.1.Techniques culturales adoptés dans la production du Safran .....	22
3.1.1.Effet de la profondeur du semi sur la production du Safran .....	22
3.1.2.Effet des précédents culturaux et de la densité du semis sur la culture du Safran ( <i>Crocus Sativus</i> ).....	22
3.1.3.Effet des mycorhizes sur la culture du safran ( <i>Crocus sativus</i> ).....	23
3.2.Importance du safran et ses enjeux agro-écologiques .....	23

## Chapitre II. Matériel et Méthodes

1.Étude ethnobotanique du Safran .....	25
1.1.Importance d'une enquête ethnobotanique.....	25
1.2.Méthodologie de l'enquête .....	25
1.3.Prospection sur le terrain .....	25
2.Etude du milieu .....	25
2.1. Choix des stations d'étude.....	25
2.2.Etude géographique de la station de L.N.I .....	26
2.3.Etude géographique de la station de Maâtkas .....	26
2.4.Synthèse pédologique .....	27
2.5.Synthèse climatique .....	27
3.Échantillonnage.....	27
3.1.Origine et choix du matériel végétal.....	27
4.Matériel et méthodes .....	29
4.1Mise en place du semis .....	29
4.2.Préparation du matériel végétal .....	29
4.3.Préparation du sol .....	30
4.4.Semis .....	31

4.5.Cueillette et récolte .....	34
4.6.Emondage, séchage et conservation .....	35
4.7.Biométrie du safran .....	35
4.8.Analyse du matériel végétal récolté.....	36
4.8.1.Etude microscopique du grain de pollen du Safran .....	36
4.8.2.Extraction des polyphénols totaux dans les stigmates du Safran .....	36
5.Analyses statistiques .....	38

### Chapitre III. Résultats et discussion

1. Résultats et discussion de l'étude ethnobotanique .....	39
1.1. Importance de l'utilisation du safran selon le sexe.....	39
1.2. Utilisation du safran dans la région selon les classes d'âge .....	39
1.3. Importance du niveau d'instruction par rapport au safran.....	40
1.4.Taux d'utilisateurs du Safran dans la région .....	41
1.5.Fréquence d'utilisation .....	42
1.6.Selon le lieu d'achat des gens questionnés .....	42
1.7.Selon le prix d'achat .....	43
1.8.Selon la forme d'achat du Safran .....	44
1.9.Critères d'achat du Safran .....	44
1.10.Marque du Safran utilisée.....	45
1.11.Forme d'utilisation .....	45
1.12.Prix souhaitable pour l'achat du Safran.....	46
2. Observation des grains de pollen de <i>Crocus sativus</i> sous microscope optique .....	47
2.1.Résultats.....	47
2.2. Discussion.....	47
3. Suivi <i>in situ</i> de la culture du safran .....	48
3.1.Particularité de la croissance et du développement chez le <i>Crocus sativus</i> .....	48
3.2.Suivi de la biométrie.....	51
4. Caractérisation phytochimique.....	54
5.Traitement statistique des données.....	55

5.1. Analyse en composantes principales .....	55
5.2.L'analyse de la variance (ANOVA) .....	58
Conclusion et perspectives.....	59

Annexes

Références bibliographiques

# Introduction

## ***Introduction***

L'histoire des plantes aromatiques et médicinales 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 importante en médecine, dans la composition des parfums et dans les préparations culinaires (Lahmas et *al.*, 2005).

Le safran (*Crocus sativus* L), se caractérise par des stigmates de la fleur du bulbe dont la couleur, le goût amer et l'arôme sont associés à trois caractéristiques moléculaires différentes. Leur concentration détermine la qualité du safran. Sa valeur commerciale est directement liée à sa teneur en crocine (Norme Iso 3632-2:2010). Ces métabolites secondaires ont une grande portée dans les industries pharmaceutique, alimentaire et textile modernes, ce qui a fait du safran une épice rare d'une grande valeur commerciale (Ait Oubahou et *al.*, 2002).

On estime que 75.000 fleurs ou 225.000 stigmas triés à la main sont nécessaires pour faire une seule livre de safran, ceci explique en partie son prix sur le marché (Aytekin et *al.*, 2008). En effet, son prix plus élevé que celui de l'or dont son appellation « l'or rouge », fait de la culture du safran une ressource à haute valeur socioéconomique.

Le Safran comme étant un géophyte stérile qui ne peut être propagé qu'au moyen de bulbes végétaux souterrains. Étant donné que la multiplication du bulbe n'induit pas de variations du génome, il serait urgent de disposer d'une collection de différents cultivars multipliés, de les caractériser sur le plan morpho-physiologique et d'en sélectionner ceux à caractères agronomiques attrayants (rendement, qualité gustative, contenu en arômes). L'existence de mutants spontanés du safran dont le nombre de stigmates peut atteindre plus que le double des plants normaux, offre dans la mesure où ces mutations sont constitutives, une opportunité sérieuse pour le développement de la culture de cette espèce. Les cultivars sélectionnés pourront faire appel aux biotechnologies végétales et notamment à la culture *in vitro* afin d'être micropropagés rapidement et sous un état sanitaire irréprochable. Ce matériel végétal associé aux bonnes pratiques culturales, permettra d'augmenter la productivité de la culture du safran (Serghini et *al.*, 2012).

La culture du safran commence à prendre de l'ampleur en Algérie, vu son intérêt socioéconomique. Il est nécessaire donc, de créer des instituts de biotechnologies végétales dans les perspectives d'améliorer la production du Safran et d'autres espèces qui sont d'un

## ***Introduction***

intérêt socioéconomique, tout en valorisant les ressources naturelles en préservant l'environnement.

Dans ce contexte, l'objectif général de cette étude est la compréhension de l'agrobiotechnologie et les enjeux agroécologiques dans l'amélioration du rendement du Safran et sa qualité dans la wilaya de Tizi Ouzou. Cette étude rentre dans le cadre des activités de recherche du laboratoire 'Ressources Naturelles' de l'université Mouloud MAMMARI de Tizi Ouzou. La démarche employée pour répondre à cet objectif repose sur une approche expérimentale allant de la parcelle d'essai jusqu'à des dosages au laboratoire. Ces approches complémentaires ont été mises en œuvre afin d'une part d'intégrer l'ensemble des interactions abiotiques et biotiques du système de culture choisi et d'autre part de comprendre les stratégies adaptatives de l'espèce à un stress environnemental. A terme, la connaissance de cette culture doit permettre la gestion et la productivité de tels agroécosystèmes.

Le manuscrit est réparti en trois chapitres. Une description botanique de *Crocus Sativus* (Safran), ses caractéristiques phytochimiques, ses vertus comme plante médicinale et aromatique suivi des pratiques culturelles et leurs impacts sur la production du Safran sont présentés dans le premier chapitre. Le chapitre II, est dédié au matériel et méthodes avec une étude ethnobotanique sur le Safran au niveau de la wilaya de T.O. Dans le troisième chapitre nous présentons les résultats et discussion, une conclusion et des perspectives viennent clore le travail.

# Synthèse bibliographique

## 1. Importance du Safran (*Crocus sativus* L.)

### 1.1. Historique et étymologie

Originaire des régions de Perse qui constituent aujourd'hui l'Iran, le safran est cultivé depuis des millénaires. Des recherches récentes font reculer ses origines à plus de 3000 ans avant notre ère dans la région de Santorin en Crète (Ferrence et *al.*, 2004). Il était alors considéré comme un cadeau des dieux capable de guérir les maladies et de soigner les blessures. Sa réputation d'être l'épice la plus chère au monde lui a valu son surnom d'Or Rouge.

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

Depuis plus de 3 000 ans, le safran est considéré comme une panacée, selon les médecines ayurvédiques, mongoles, chinoises, égyptiennes, grecques et arabes. Les premiers écrits médicaux remontent au temps de l'antiquité égyptienne, vers 1550 avant J.-C. par le biais du papyrus d'Ebers. Ce traité, répertoriant plus de sept-cent substances tirées du règne végétal, en fait ainsi le socle de la pharmacopée égyptienne. Les vertus attribuées au safran y étaient déjà inventoriées notamment pour ses effets stimulants, euphorisants, digestifs et antispasmodiques (Lazérat et *al.*, 2009 in Guellil K et *al.*, 2017).

### 1.2. Origine et systématique

L'origine de *C. sativus* (Fig. 1. (A)) est incertaine. Selon une théorie, son ancêtre aurait été un *Crocus* sauvage, dans lequel un événement d'autotriploidie a eu lieu (Chichiriccò, 1984). Dans une autre étude, l'allopolypléidie par hybridation de *C. cartwrightianus* (Fig. 1. (B)) et *C. hadriaticus* (Fig. 1. (C)) marque son évolution (Castillo et *al.*, 2005). L'identité des ancêtres du safran n'a pas été appuyée de manière univoque lorsque d'une part, Brighton (1977) a nommé *C. cartwrightianus* et *C. thomasi* (Fig. 1. (D)) d'autre part.

Certains groupes ont indiqué *C. cartwrightianus* comme ancêtre le plus probable (Grilli Caiola, 1995). Cependant, l'analyse AFLP (Amplified Fragment-Length Polymorphism) a confirmé que les caractéristiques quantitatives et qualitatives de l'ADN de *C. cartwrightianus* et *C. thomasi* sont compatibles avec *C. sativus* (Zubor et *al.*, 2004).

Selon Gismondi et *al.* (2013), différents génotypes de *C. sativus* pourraient avoir évolué à travers des événements indépendants résultant de plusieurs pressions géographiques (Caiola et *al.*, 2010).

Selon la classification botanique de Cronquist de 1981, qui est basée sur des critères anatomiques, morphologiques et chimiques dans le but de différencier les angiospermes, *Crocus sativus* L. appartient à :

**Règne :** végétal

**Embranchement :** Spermatophyte

**Sous-embranchement :** Angiospermes (Magnoliophyta)

**Classe :** Monocotylédones (Liliopsida)

**Sous-classe :** Liliidae

**Ordre :** Liliales

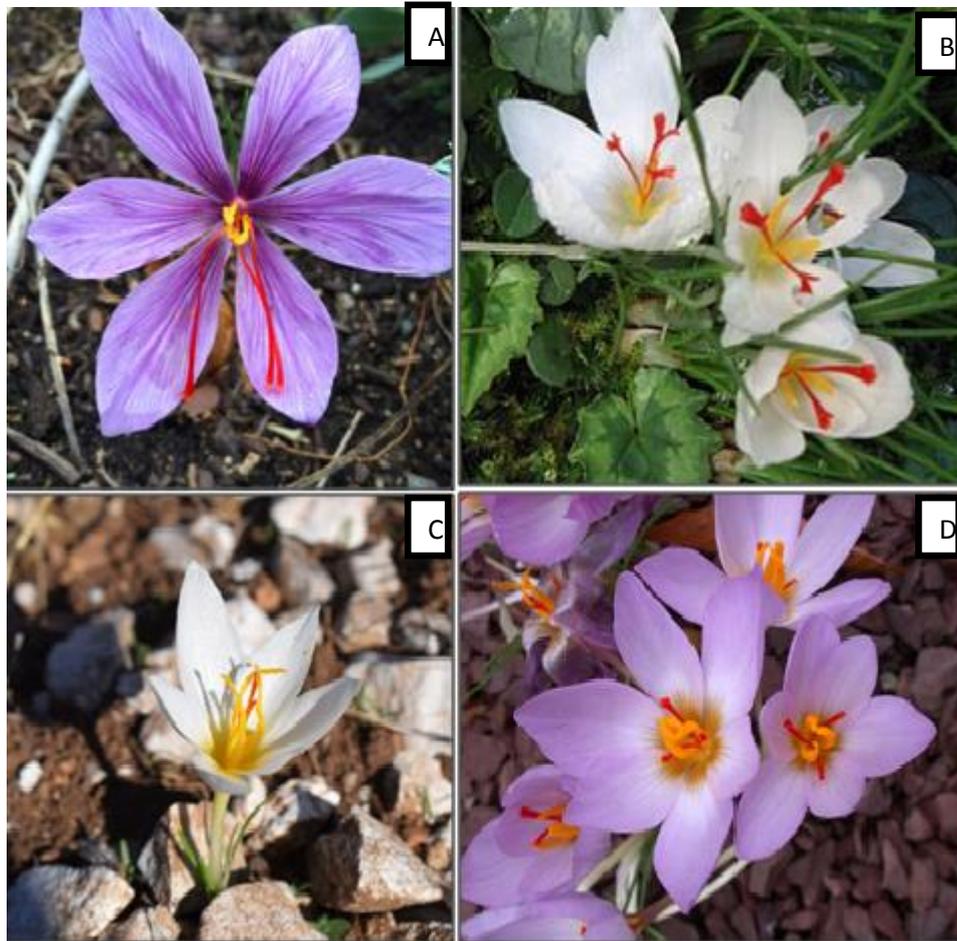
**Famille :** Iridaceae

**Sous-famille :** Crocoïdeae

**Genre :** *Crocus*

**Espèce :** *C.sativus* L.

La classification phylogénétique selon l'APG III (Angiosperms Phylogeny Group) est quant à elle basée sur une approche moléculaire suivant des analyses de plusieurs gènes chloroplastiques et d'un gène nucléaire du ribosome. Le safran, selon cette classification appartient donc à l'ordre des Asparagales, à la famille des Iridaceae, au genre *Crocus* ainsi qu'à l'espèce *sativus* L (Dupont. G, 2007 in Claire Palomares, 2005).



**Figure 1. *Crocus sativus* et ses ancêtres probables (Harrison, 2011).**

### **1.3. Distribution et géographie**

Les principales régions de culture (Fig. 2) sont : l'Iran (province du Khorassan), la Grèce (Macédoine), le Maroc (ville de Talouine), l'Italie (Albacete, Espagne, La Mancha, Murcia), l'Inde (dans les massifs montagneux du Cachemire). Ces pays sont les premiers exportateurs mondiaux de safran (Claire Palomares, 2005).

A plus petite échelle, l'Italie, la France (Gâtinais, Quercy), la région de Safranbolu en Turquie, l'Azerbaïdjan, la province de Baloutchistan au Pakistan, la Chine, le Japon et la Pennsylvanie aux États-Unis (Teusher et *al.*, 2005).

La plus grande part de la production mondiale provient d'une large ceinture qui s'étend de la mer Méditerranée au Cachemire occidental. Environ 300 tonnes de safran sont produites

par an, incluant les poudres et les stigmates, dont 200 tonnes pour les stigmates seuls. L'Iran domine ce marché à plus de 90 % (Dupont.G, 2007 in Claire Palomares, 2005).

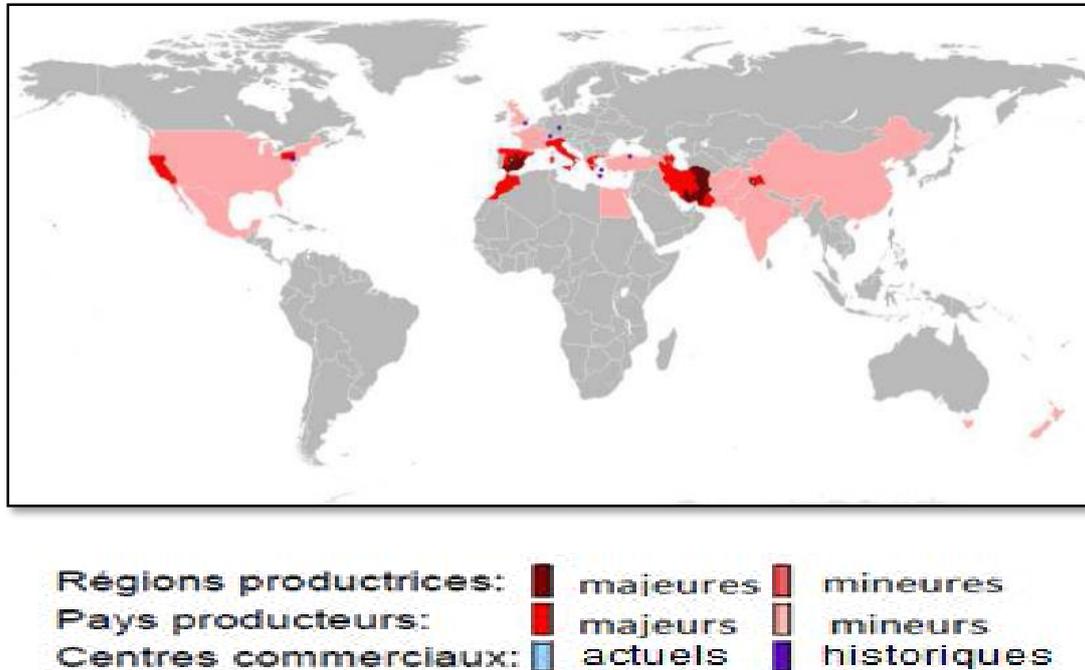


Figure 2. Principales nations productrices du safran (Claire Palomares, 2005).

La culture du safran dans notre pays n'a d'existence que depuis une dizaine d'années et devrait d'ailleurs, se développer de manière exponentielle, tant le safran s'avère un produit agricole qui convient au climat de notre pays.

À l'heure actuelle, la culture du safran, existe dans 25 wilayas. Il est à noter que le Safran « **TARIKI** » cultivé à Ben Badis à Constantine est caractérisé par un taux de crocine, de picrococcine et de safranel largement supérieur (258%) à ceux cultivés dans certains pays, notamment le Maroc (Communication orale).

La récolte Algérienne est difficile à estimer, étant donné l'existence de producteurs indépendants, mais celle-ci est en constante augmentation avec environ 15 hectares cultivés en 2017-2018. La production Algérienne annuelle s'établirait aux alentours de 10 à 15 kg voir 20kg de safran pur en 2018 malgré un fort potentiel de produire plus (Anonyme 1).

#### 1.4. Description botanique

*Crocus sativus* (Fig. 3), triploïde et stérile, il se reproduit par multiplication végétative grâce à son corme, organe de réserve ressemblant à un bulbe. Son corme en fait une plante pérenne, vivace puisqu'il lui permet d'emmagasinier des réserves tout au long de l'hiver.

Contrairement aux autres espèces du genre *crocus*, *C. sativus* possède comme caractéristique une végétation inversée ; En effet, la floraison a lieu en octobre et novembre alors que la période de dormance se fait durant les mois estivaux (Teusher et *al.*, 2005 in Claire Palomares, 2005).

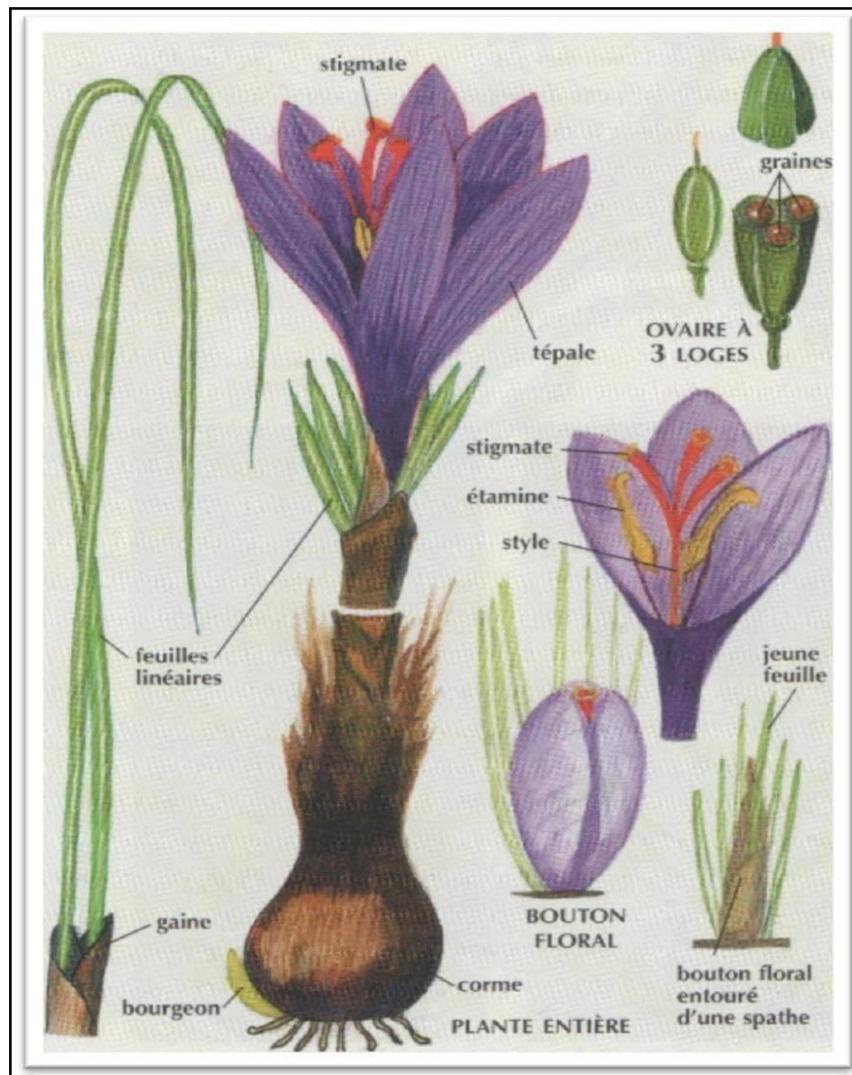


Figure 3. Aspect général de *Crocus Sativus* (Claire Palomares, 2005).

### 1.4.1. Appareil végétatif

- **Partie souterraine**

Le bulbe (Fig.4) de forme sub-ovoïdale, est petit et gros, légèrement aplati à sa base et ressemble au bulbe de l'oignon. Il a une structure massive et est recouvert par de nombreuses spathes concentriques pourvu de nombreuses racines fines de couleur blanche. La partie blanchâtre et charnue à l'intérieur est riche en amidon, la partie extérieure, quant à elle, est composée de plusieurs tuniques brunes, à fibres réticulées ayant un rôle de protection et aussi de genèse des futures feuilles et fleurs. Chaque corme après floraison donnera naissance sur sa partie supérieure plusieurs petits cormus, tout en dégénérent (Claire Palomares, 2005).



**Figure 4. Structure du cormus de *Crocus sativus* (MAZARI, 2020).**

- **Feuilles**

À l'automne, six à dix feuilles dites aussi nomophylles (Fig.5) émergent verticalement de chaque *cormus*. Ces feuilles sont vertes pâles, dressées et étroites (maximum 3 mm de large) prennent naissance dans une gaine membraneuse au départ du corme. Le limbe à nervation parallèle (Claire Palomares, 2005).



Figure 5. Feuilles de *Crocus sativus* (MAZARI, 2020).

#### 1.4.2. Appareil reproducteur

- Fleur

Les fleurs de *Crocus sativus* (Fig. 6) commencent à apparaître dès la fin octobre jusqu'à mi-novembre, tout dépend du pays. Se caractérisent par une gaine blanche, translucide nommée spathe sortira un bouton floral d'une couleur pourpre. Sortant de terre par temps frais et humide, la fleur apparaît grande, solitaire, presque régulière et hermaphrodite pour ensuite faner en vingt-quatre à quarante-huit heures. Appartenant à la famille des Iridacées, la symétrie trimère caractérise la fleur de *Crocus sativus* dont la formule florale est : (3+3) tépales +3 étamines + 3 carpelles (Gallouin.F, 2003 in Claire Palomares, 2005).

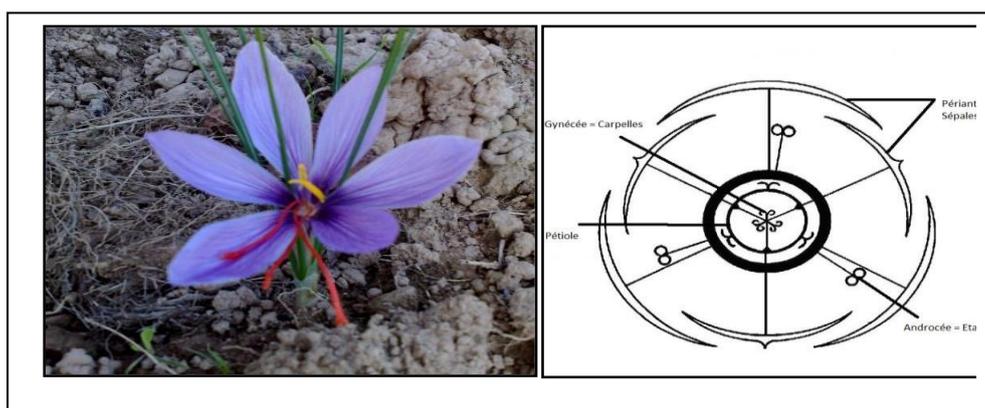


Figure 6. Fleur de *Crocus sativus* et son diagramme floral (Claire Palomares, 2005).

- Le périanthe

Longueusement tubuleux, environ 15 cm de long, le périanthe est constitué de six divisions ovales similaires appelées tépales. Ces tépales comprennent en fait trois sépales pétaloïdes et

trois pétales, formant un ensemble pourpre-violacé, soudé en un tube allongé et étroit à la base (Gallouin, 2003 *in* Claire Palomares, 2005).

- **L'androcée**

Les trois étamines s'attachent au niveau de la gorge pubescente des sépales. Elles présentent un filet grêle, court et blanchâtre se terminant par une anthère linéaire et jaune, deux fois plus longue que celui-ci. Chaque anthère mesure 20 à 22 mm de long sur 3 mm de large, montrant deux loges bien distinctes qui seront chargées de pollens (Gallouin, 2003 *in* Claire Palomares, 2005).

- **Le gynécée**

Le gynécée, est l'organe femelle de la plante se situe au fond du tube du périanthe. Il est composé de trois carpelles soudés formant un ovaire infère qui est surmonté d'un style jaune et filiforme qui se divise en trois stigmates rouges, fortement odorants, mesurant 2,5 à 3,5 cm et prenant une forme de cornet suite à l'enroulement sur eux mêmes. Chaque stigmate se termine par une extrémité renflée et denticulée sur les bords. (Gallouin, 2003 *in* Claire Palomares, 2005).

- **Le fruit**

Le fruit se développe très rarement puisque du fait de la triploïdie de *Crocus sativus*, la fécondation ne se fait quasiment jamais. Il se présente sous forme d'une capsule membraneuse, allongée, trigone et loculicide qui contient trois loges. Chaque loge renferme plusieurs petites graines pourvues d'un embryon minuscule et d'un albumen corné abondant (Gallouin, 2003 *in* Claire Palomares, 2005).

## **1.5. Etude phytochimique et composants principaux de *Crocus sativus***

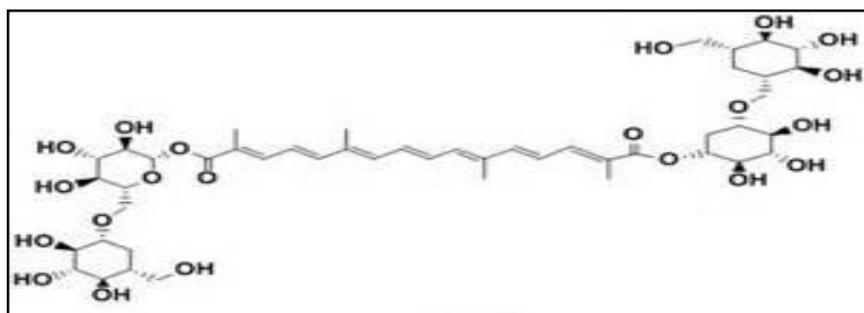
La composition du safran est très complexe : il contient plus de 150 composés volatils et aromatiques. Le safran possède également plusieurs composés non-volatils, les principaux étant les caroténoïdes. Ces composés ont été identifiés par HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) (Guellil et *al.*, 2017). La lyophilisation peut être appliquée au safran, car aucune perte en composés volatils majeurs n'a été constatée. La détermination de la composition chimique du safran est délicate, car elle suppose une identification botanique correcte, des stigmates non adultérés et sans déchets floraux. Des données moyennes de l'analyse chimique du safran sont indiquées ci-dessous (Guellil K et *al.*, 2017) :

- Eau (9 à 14%) ;
- Cellulose (4 à 7%) ;

- Polypeptides (11 à 13 %) ;
- Lipides (3 à 8 %) : campestérol, stigmastérol et  $\beta$ -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  $\mu\text{g/g}$ ) ;
- Composants non azotés (40%) ;
- Acides gras : acides palmitique, stéarique, oléique, et linoléique ;
- Caroténoïdes :  $\alpha$ ,  $\beta$ , et  $\gamma$ -crocétine, crocine (10%), picrocrocine (4%),  $\alpha$  et  $\beta$ -carotène;
- lycopène, phytoène et zéaxanthine ;
- Huiles essentielles (0,3 à 2,0%) : où domine le safranal (60%) ;

Compte tenu de sa large gamme d'utilisations médicales, le safran a été l'objet de vastes études phytochimiques et biochimiques et une variété d'ingrédients biologiquement actifs ont été isolés. Les métabolites secondaires majoritaires du safran sont : la crocine, responsable de la couleur rouge-jaune, la picrocrocine responsable de la saveur et le safranal, composé volatil majoritaire, responsable de l'odeur et de l'arôme (Guellil K et *al.*, 2017).

**La crocine** (C<sub>44</sub> H<sub>64</sub> O<sub>24</sub>) : Elle appartient à la famille des C<sub>20</sub>-caroténoïdes, rouge et soluble dans l'eau. C'est le métabolite biologiquement actif du safran (Fig. 7) et responsable de sa couleur. En effet, l'application principale du safran concernant ses propriétés antioxydantes et antitumorales, proviennent essentiellement de la crocine (Gutheil et *al.*, 2012 in Guellil K et *al.*, 2017).



**Figure 7. Structure chimique de la crocine (Anonyme 2).**

**La picrocrocine** (C<sub>16</sub> H<sub>26</sub> O<sub>7</sub>) : est un glycoside (Fig.8) inodore et incolore, responsable de la saveur amère du safran (Guellil K et *al.*, 2017).

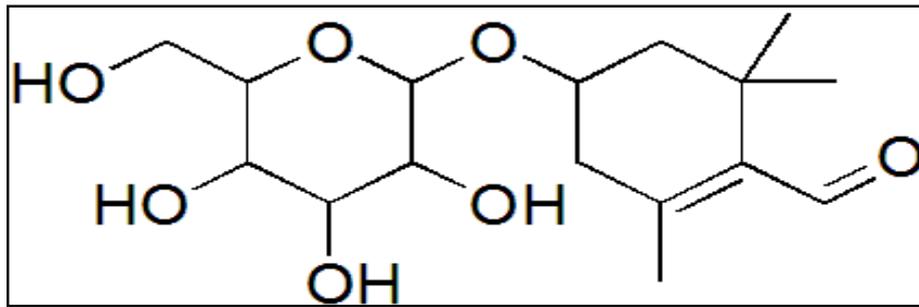


Figure 8. Structure chimique de la picrocrocine (Anonyme 3).

**Le safranal** : est le composé majoritaire de la fraction volatile du safran (Fig. 9). C'est une molécule organique se présentant sous forme d'huile essentielle volatile. Il est peu ou pas présent dans les stigmates frais, sa concentration dépend des conditions de séchage et de conservation du safran. Le safranal est un produit d'hydrolyse de la picrocrocine. L'humidité dégrade la crocine et la picrocrocine, mais permet le développement de l'arôme du safran (Rodel *et al.*, 1991 in Guellil K *et al.*, 2017).

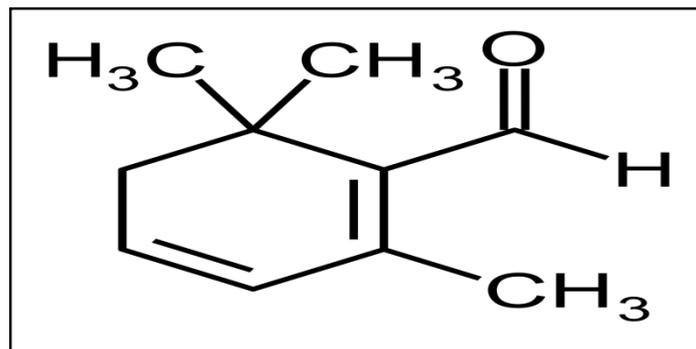


Figure 9. Structure chimique de la Safranal (Anonyme 4).

1.6. Etude pharmacologique du *Crocus sativus*Tableau 1. : Résumé des propriétés pharmacologiques et indications du *Crocus sativus* (Guellil K et al., 2017).

Propriétés	Indications
Antidépresseur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépression nerveuse</li> <li>- Fragilité émotionnelle</li> <li>- Stress</li> <li>- Anxiété</li> <li>- Angoisse</li> <li>- Manque de sommeil</li> </ul>
Régulateur de satiété en cas de surcharge pondérale	Excès pondéral
Stimulant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surmenage</li> <li>- Perte de mémoire</li> <li>- Fatigue générale, physique et mentale</li> <li>- Asthénie</li> </ul>
Tonique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque d'énergie, de tonus</li> <li>- Pratique sportive (entraînement, compétition, récupération)</li> </ul>
Revitalisant	Terrain infectieux
Aphrodisiaque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impuissance masculine</li> <li>- Frigidité féminine</li> </ul>
Antispasmodique	Tension nerveuse
Antalgique Analgésique	Douleur menstruelle
Anti-inflammatoire	Douleur articulaire
Tonique digestif	Paresse digestive
Tonique hépatique	Paresse hépatique
Immunostimulant	Immunodépression
Hypoglycémiant	Diabète non insulino-dépendant
Hypocholestérolémiant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excès de cholestérol</li> <li>- Excès de triglycérides</li> <li>- Prévention des accidents cardiovasculaires</li> </ul>
Antioxydant Anti-radicalaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillesse prématurée et accélérée de l'organisme</li> <li>- Sevrage tabagique</li> </ul>

1.7. Intérêts économiques du Safran (*Crocus sativus*)

Le safran est une épice rare d'une grande valeur commerciale (Ait Oubahou et al., 2002). On estime que 75.000 fleurs ou 225.000 stigmas triés à la main sont nécessaires pour faire une seule livre de safran, ceci explique en partie son prix sur le marché (Aytekin et al., 2008). En effet, son prix 10 fois plus élevé que celui de la vanille et 50 fois que de la cardamome (Kothe, 2007), fait de la culture du safran une ressource à haute valeur permettant la création d'emplois et l'amélioration du revenu familial, notamment, en zones rurales et montagneuses. En outre, sa culture est pluriannuelle, peu exigeante en superficie et en intrants chimiques, par comparaison aux autres spéculations. Également, sa pratique peut contribuer à la mise en valeur de terre en régions arides et semi arides et son développement s'inscrit dans la stratégie de développement durable (Lahmadi et al., 2013).

Concernant l'importance socioéconomique pour les ménages des zones montagneuses, le Safran est une voie prometteuse pour la réduction de la pauvreté et des inégalités des revenus dans les régions rurales. C'est une source importante de travail, notamment pour les femmes. Le safran figure parmi les produits retenus dans le cadre du développement des produits du terroir, étant donné qu'il constitue un pilier économique important pour les populations des zones montagneuses.

## 2. Culture du Safran

### 2.1. Biologie de la reproduction du Safran

La morphologie et la biologie du pollen et du pistil, y compris micro et mégasporogénèse ont été étudiées *in vitro* et *in vivo*. Pendant la méiose (Chichirico, 1984) de nombreuses anomalies peuvent se produire, trouvées souvent aussi chez d'autres espèces triploïdes. Les microspores montrent souvent des dégénérescences du cytoplasme ou des déformations cellulaires, donc elles ne peuvent pas terminer la méiose ou produisent des microspores anormales. En conséquences, beaucoup de spores sont avortées ou les grains de pollen sont de tailles différentes et souvent malformées (Chichirico, 1989b).

La morphologie du pollen mature a été examinée au microscope optique, au microscope électronique à balayage et au microscope électronique classique (Grilli Caiola et *al.*, 2001). Les grains de pollen du Safran sont de forme elliptique, de taille variable (65-140 microns) et dépourvus ou presque de pores germinatifs.

Jusqu'à 40% des grains de pollen en germination présentent des tubes polliniques normaux. La plupart des tubes sont affectés de nombreuses anomalies morphologiques telles que tubes fourchus, tubes à extrémité tordue, renflements de la base ou de l'apex, tubes spiralés et tubes rétrécis à l'extrémité (Chichirico et *al.*, 1982).

Fréquemment, les ovules n'atteignent pas un stade fécondable, à cause d'une mégasporogénèse ou d'un développement de la mégaspore infructueux. Environ 12% d'entre eux développent un petit sac embryonnaire comprenant des noyaux cellulaires, pouvant être en nombre variable, souvent on n'en observe pas plus de quatre. Dans environ 18% des ovules le sac embryonnaire fait défaut et ceux-ci montrent une prolifération des tissus du nucelle qui se développent jusqu'au micropyle. La dégénérescence de sac embryonnaire est peu fréquente, et dans ce cas le sac contient une abondante matière granuleuse avec parfois aussi des micronoyaux (Chichirico, 1987).

### 2.2. Culture traditionnelle du Safran et multiplication végétative des tubercules

#### 2.2.1. Choix du site et de la parcelle à cultiver

Le climat du site doit être d'un hiver froid et été chaud et sec. Le sol de la parcelle à cultiver doit être à faible teneur en argile, pourvu en matière organique et en calcaire et doit présenter un bon drainage interne. Le pH optimal du sol exigé par le safran est de 7-7,5. En cas de forte pente. Un épierrage est également nécessaire si la parcelle est très caillouteuse (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.2. Rotation culturale et durée d'exploitation de la safranière**

Le précédent cultural du safran ne doit pas être une source de maladies ou de forte infestation par les adventices et devrait être de préférence une légumineuse, afin d'enrichir naturellement le sol en azote. Il est conseillé d'éviter les sols ayant été cultivés pendant plus de 3 ans par des cultures comme la luzerne, la pomme de terre ou d'autres cultures pouvant avoir des maladies communes avec le safran. Il est recommandé de respecter un délai de rotation minimum de 3 ans (3-5 ans) avant de replanter la parcelle avec du safran (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.3. Travail du sol et installation de la culture**

La parcelle doit être suffisamment aménagée et nivelée. L'épandage du fumier devrait être réalisé avant l'opération de travail du sol. Un labour est réalisé juste avant la plantation. Une fois le sol ameubli, la parcelle est ensuite aménagée en surface (planches ou billons) selon la méthode de plantation et d'irrigation à pratiquer (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.4. Plantation**

Les plantations précoces d'été aboutissent à l'amélioration de la productivité du safran sur le plan quantitatif et qualitatif. Il est donc souhaitable d'avancer la date de plantation (mai à juillet) par rapport à celle qui est traditionnellement pratiquée (mi- septembre). La densité du semis doit être optimale de manière à obtenir des fleurs et des stigmates de bonne qualité (Birouk et *al.*, 2011).

Le semis peut s'effectuer en ligne pour les sols légers ou bien sur billons pour les sols riches en limon (Fig.10). La profondeur du semis doit être entre 15-20cm (Birouk et *al.*, 2011)



Figure 10. Méthodes du semis (Birouk et al., 2011).

### 2.2.5. Fertilisation

Le safran n'est pas très exigeant en fertilisants, le seul apport de fumier au moment de la plantation est suffisant pour assurer une bonne production. La dose de fumier recommandée pour le safran est de 20-30 tonnes/ha lors de la première année de culture. Néanmoins, afin de préserver la fertilité du sol et de mieux raisonner la fertilisation de couverture du safran, il est recommandé de surveiller le statut minéral du sol par des analyses régulières du sol (Birouk et al., 2011).

### 2.2.6. Irrigation

Les besoins en eau du safran ne sont pas très élevés. Les stades critiques d'irrigation du safran sont la floraison en automne et la période reproductive au printemps (mars). La période végétative coïncide avec la saison hivernale (Birouk et al., 2011).

### 2.2.7. Désherbage et entretien de la culture

Le safran est une culture basse qui a une faible capacité compétitive vis-à-vis des adventices pour l'eau, les éléments minéraux et surtout pour la lumière. Ainsi, les adventices constituent le problème principal et l'ennemi redoutable pour le safran. Elles affectent négativement la croissance et le développement des bulbes (taille et nombre de bulbes) et causent une importante perte en rendement.

Les agriculteurs doivent désherber régulièrement la culture, en particulier après chaque irrigation, après la récolte des fleurs et lors de la phase de grossissement des bulbes (février-mars). L'utilisation des herbicides chimiques n'est pas recommandée pour préserver l'environnement et la qualité du safran (Birouk et al., 2011).

### 2.2.8. Maladies

En général, le problème de maladies fongiques du safran ne se pose pas dans la région méditerranéenne caractérisée par un climat chaud et sec en été. Les principales maladies du safran rapportées dans la littérature sont : *Rhizoctonia violacea*, *Phoma crocophyla*,

***Penicillium cyclopium* et *Fusarium* sp.** Cependant, il est important d'éviter certaines sources de contamination pouvant être l'origine de maladies fongiques (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.9. Ravageurs**

Les rongeurs (rats et souris), creusent des galeries dans le sol et causent d'importants dégâts sur les bulbes de safran.

Les lièvres et les écureuils attaquent les feuilles vertes et les fleurs du safran.

Pour les insectes, il est recommandé de contrôler régulièrement la culture en éliminant les plantes et les bulbes suspects (jaunissement ou dessèchement des feuilles) et en éliminant éventuellement l'insecte responsable des dégâts (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.10. cueillette des fleurs du Safran**

Les fleurs doivent être cueillies très tôt le matin, de préférence quand elles sont encore fermées avant l'exposition au soleil. La durée de récolte dépendra de la quantité de fleurs à cueillir et de la main d'œuvre disponible. Pour cueillir la fleur, il faut la prendre à la base de la corolle, entre deux ou trois doigts, et tirer verticalement pour l'extraire du bulbe (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.11. Émondage**

L'émondage consiste à couper avec les ongles la partie inférieure de la fleur juste au dessous du point d'attache des stigmates, tout en évitant de séparer les trois filaments, et de retirer ces derniers avec l'autre main. La partie stylaire de couleur jaune à la base des trois filaments de la fleur doit être maintenue la plus courte possible. Les filaments recueillis doivent être mis à l'abri de la lumière et des contaminations diverses avant l'opération de séchage (Birouk et *al.*, 2011).

## **2.2.12. Séchage ou déshydratation**

Le séchage est une opération cruciale qui conditionne la qualité du safran et de ses composantes. Le séchage sous des températures trop élevées et en contact direct avec l'air induit de l'oxydation du safran, ce qui influence les caractéristiques physico-chimiques du produit. Le séchage des stigmates consiste à éliminer 4/5 de leur poids initial, pour atteindre un taux d'humidité final de 10 à 12%. L'opération doit être effectuée le plus rapidement possible, au fur et à mesure que l'émondage se poursuit.

L'utilisation des séchoirs semblables à ceux qui sont couramment utilisés pour les plantes aromatiques, réduit le temps de déshydratation et les dangers de contamination par la

poussière et les excréments d'insectes, et limite donc les risques et la perte de l'arôme et de la couleur spécifique (Birouk et *al.*, 2011).

### **2.2.13. Stockage du safran**

Après conditionnement et emballage, le safran conditionné doit être conservé dans un local propre et à une température variable selon la durée de stockage. Pour la vente immédiate, la température ambiante est acceptable mais à l'abri de la lumière.

Pour une conservation longue, une température de 5 à 10°C et une humidité relative avoisinant 50% s'avère acceptable. Toutefois, il faut que les emballages utilisés (du primaire au tertiaire) soient compatibles avec les conditions d'entreposage (Birouk et *al.*, 2011).

### **2.2.14. Adultérations**

Vu son prix élevé, le safran est souvent sujet à des falsifications et adultérations par l'ajout de fleurs de souci, de carthame, de barbes de maïs, de sucre, miel, huile, glycérine, entre autres.

Les parties stylaires, originellement jaunes sont parfois peintes en rouge. Toutes ces pratiques sont bien entendu à proscrire et sont strictement interdites.

Pour s'assurer de la pureté du safran, il est indispensable de procéder aux techniques de contrôle d'inspection, et à des analyses. Ces analyses doivent être réalisées conformément aux méthodes décrites par les normes de qualité et de certification mondialement reconnues (Birouk et *al.*, 2011).

### **2.2.15. Collecte de bulbes**

Les bulbes qui seront utilisés pour une nouvelle plantation, sont tout d'abord extraits du champ à l'aide d'une charrue ou d'un tracteur ou toute autre machine d'extraction. Puis, récoltés pendant les mois de mai – juin.

Les bulbes avant d'être utilisés à nouveau ils sont nettoyés, sélectionnés et gardés pendant 40-50 jours dans un endroit frais et à l'abri de la lumière (Claire Palomares, 2005).

### **2.2.16. Stockage des bulbes**

Quand les bulbes sont stockés à une température de 0 °C, l'évolution des bourgeons s'arrête, même si les bulbes ne souffrent aucune modification. L'amorce de floraison se produit chez les bulbes ayant plus de 20 mm de diamètre à des températures entre 23 et 27 °C. Dans de telles conditions, de 45 à 60 jours d'attente sont nécessaires pour obtenir une floraison maximale (Claire Palomares, 2005).

## 2.3. Biotechnologie et le Safran

### 2.3.1. Culture *in vitro* du Safran et micropropagation

Les approches biotechnologiques telles que les méthodes de culture *in vitro* contribuent de manière importante à la propagation de nombreuses plantes importantes et économiques.

L'application de méthodes biotechnologiques contemporaines rend la résolution de ce problème plus réalisable. Actuellement, ces méthodes sont principalement utilisées comme outil pour une meilleure compréhension de la synthèse biochimique des produits secondaires du safran. La capacité de régénération/prolifération des cormes dépendait du génotype, du type d'explants, du temps d'initiation de la culture et de la composition du milieu de culture. Les plantes ont pu former des pousses ou des cormes dans un délai de 5 à 30 semaines à compter du début de la culture (Gulzaffar et *al.*, 2004).

Schenk et *al.* (1972) ont signalé l'importance de la composition du milieu et des techniques d'induction et de croissance des plantes monocotylédones et dicotylédones en culture cellulaire. Ils ont constaté qu'un niveau élevé de substances régulatrices de croissance de type auxine favorisait généralement les cultures cellulaires de plantes monocotylédones, tandis que de faibles niveaux de cytokinine étaient essentiels pour la plupart des cultures de cellules dicotylédones (Mushtaq et *al.*, 2014).

La culture tissulaire a été fortement influencée par la demande de multiplication rapide et de propagation clonale des monocotylédones à croissance lente. Plusieurs espèces de monocotylédones économiquement importantes, ont été utilisées pour la propagation *in vitro* clonale et la production de métabolites secondaires. L'organogenèse et l'embryogenèse somatique à partir de tissus différenciés de monocotylédones bulbeuses et cormeuses, telles que *C. sativus* L., sont également signalées dans la littérature (Mushtaq et *al.*, 2014).

### 2.3.2. Méthodes conventionnelles d'amélioration du Safran

#### 2.3.2.1. Sélection et préparation des bulbes avant la plantation

Avant la plantation, les bulbes extraits du sol sont sélectionnés sur la base du calibre, de l'état sanitaire et de leur aspect général (forme et consistance). Ces critères sont importants en vue de s'inscrire dans la démarche qualité de la production locale de safran. La procédure de la sélection est comme suit (Birouk et *al.*, 2011) :

- ✓ Les bulbilles d'un diamètre inférieur à 1 cm, sont éliminées. Elles peuvent être utilisées comme aliment de bétail.

- ✓ Les bulbilles malades sont éliminées et de préférence détruites par le feu, afin d'éviter la propagation des agents pathogènes.
- ✓ Les bulbes de diamètre compris entre 1 et 2.5 cm peuvent être installés en pépinière de grossissement des bulbes en vue de leur utilisation les années suivantes.
- ✓ Seuls les bulbes sains ayant au moins 2,5 cm (ou un poids d'environ 8 g) sont retenus pour la plantation des parcelles de production des fleurs ou peuvent être destinés à la vente.
- ✓ Un dernier lot, facultatif, est destiné à fournir les bulbes de qualité supérieure et à constituer la base d'un schéma d'amélioration génétique récurrente.

### 2.3.2.2. Sélection clonale

L'efficacité de la sélection clonale a été confirmée pour le safran dans certains pays producteurs de cette espèce à reproduction végétative stricte (Espagne, Iran, Inde, etc.). Étant cultivés depuis très longtemps, les clones peuvent avoir accumulé des séries de mutations ayant provoqué une certaine variation génétique. Par ailleurs, des mélanges de clones présentant des caractéristiques très voisines ont pu avoir lieu. Cette variation phénotypique est en fait un atout pour la sélection d'une espèce complètement stérile comme *Crocus sativus* L.

En effet, elle pourrait être utilisée *in situ*, pour le démarrage d'un schéma de sélection participative mené par les agriculteurs eux mêmes, sous l'encadrement d'ingénieurs et de chercheurs. Dans le cas du safran, les actions d'amélioration participative peuvent être initiées en deux étapes, le démarrage de programmes de production de propagules (semences) locales reconnues pour leur qualité.

Ce programme doit partir de la situation actuelle. Une fois constituée la collection de bulbes homogénéisés *in situ*, passer à l'amélioration participative, sur la base du rendement et de la qualité de stigmates récoltés *in situ*, selon les paramètres de la norme. Une sélection clonale du Safran qui va tenter d'épurer les mélanges, et d'effectuer le choix en deux étapes des meilleurs «têtes de clones» (Birouk et *al.*, 2011) :

- d'abord sur une base phénotypique (taille, poids, provenance, état phytosanitaire des bulbes, etc.). C'est l'étape d'amélioration des bulbes.
- Ensuite, sur la base du rendement et de la qualité de stigmates récoltés *in situ* (dans le pays du safran), selon les paramètres de la norme. Le principe de la sélection est à sélectionner à partir de la population hétérogène de propagules, des clones homogènes et caractérisés par un haut rendement en stigmates de bonne qualité. Afin de s'assurer du

bon résultat final, il est fortement conseillé d'établir un schéma de sélection de manière entièrement participative, et *in situ*.

Le choix phénotypique des têtes de clones ; l'installation des blocs monoclonaux, et le choix des meilleurs clones sur la base de la taille et des traits de qualité des stigmates récoltés (couleur, saveur, arôme).

La sélection participative permettra aussi que les clones sélectionnés restent la propriété des agriculteurs de la zone, et que la collection de départ, à forte variabilité, demeure conservée sur place (Birouk et *al.*, 2011).

### 2.3.3. Méthodes modernes d'amélioration du Safran

*Crocus sativus* rend très improbables les perspectives d'amélioration des cultures par des moyens traditionnels (Basker et *al.*, 1983). Cependant, il y a eu des efforts déployés par les différents chercheurs dans ce sens en utilisant des techniques de reproduction non conventionnelles telles que les interventions biotechnologiques et l'utilisation des agents mutagènes pour l'induction de la variabilité génétique dans le safran (Khan et *al.*, 2011).

La reproduction par mutation est un outil important dans l'amélioration des cultures à multiplication végétative ; en particulier dans les plantes à stérilité reproductrice, où c'est la seule alternative (Broertjes et *al.*, 2013).

La technique de mutagenèse *in vitro* est une méthode efficace pour l'amélioration des cultures (Bhagyalakshmi et *al.*, 1990). La culture de tissus la rend plus efficace en permettant la manipulation de grandes populations, en améliorant l'efficacité d'induction de mutation, et également par la possibilité d'une récupération mutante accrue (Kashtwari et *al.*, 2018).

L'utilisation de la mutagenèse *in vitro* dans le safran peut augmenter la variabilité génétique pour des caractéristiques importantes, telles que la teneur en métabolites caroténoïdes par stigmatisation, la variabilité des traits morphologiques et biochimiques (Kashtwari et *al.*, 2018).

Compte tenu de l'importance économique de la plante et de son faible rendement, il est important d'établir un protocole de mutagenèse *in vitro* et identifier les concentrations mutagènes appropriées afin d'induire une variabilité maximale dans la plante cultivée suivie d'une caractérisation du matériel génétique induit aux niveaux morphologique, biochimique et moléculaire dans les générations avancées (Kashtwari et *al.*, 2018).

#### **2.3.4. Production biologique du Safran**

Production biologique du Safran régi par une réglementation qui précise les interdits en matière d'engrais, de pesticides et d'antibiotiques et propose des alternatives respectueuses de l'environnement (Birouk et *al.*, 2011)

### **3. Paramètres influençant le rendement du Safran et sa qualité**

#### **3.1. Techniques culturales adoptés dans la production du Safran**

##### **3.1.1. Effet de la profondeur du semi sur la production du Safran**

Des chercheurs ont testé plusieurs profondeurs allant de 15 à 25 cm. La profondeur optimale, en Inde, est de 20 cm (Alam, 2007). La raison pour planter les cornes et les bulbes à ces profondeurs est due au fait que ces cultures demeurent souvent en place pendant plusieurs années. Les nouveaux cornes se développent sur l'ancien corne ce qui fait que les cornes se rapprochent de la surface du sol avec le temps. D'autre part, les cornes ou bulbes qui se trouvent en surface tendent à se diviser davantage et donc à produire des plants plus nombreux, mais plus petits (Arslan, et *al.*, 2007) qui souvent ne fleurissent pas ce qui est évidemment non souhaité pour la culture du safran.

En Iran, la plantation se fait à une profondeur de 10 cm (Galavi, et *al.*, 2008). Ces auteurs ont testé trois profondeurs de plantations allant de 10 à 20 cm et ont montré que le taux de division des cornes, le nombre des racines et le nombre des feuilles diminuent avec la profondeur de plantation. La date d'émergence des fleurs et des feuilles sont également retardées chez les cornes plantés plus profondément.

En contrepartie, en plantant plus profondément, la longueur des feuilles, le nombre de fleurs et la quantité de safran produite augmentent. La particularité qui caractérise la profondeur de 15 cm est qu'elle a donné plus de fleurs et un poids plus important des cornes que les deux autres profondeurs testées (10 et 20 cm) (Galavi, et *al.*, 2008).

##### **3.1.2. Effet des précédents cultureux et de la densité du semis sur la culture du Safran (*Crocus Sativus*)**

Une étude a été faite au Maroc à fin d'évaluer l'effet des précédents cultureux et la densité du semis sur la culture du safran (*Crocus Sativus*) biologique comme une nouvelle culture installée dans la région au sein d'un système de rotation associant au moins une céréale et des légumineuses. Les stigmates du safran ont augmenté significativement de taille lorsque le safran a été planté avec les densités  $D3 = 60$  bulbes/m<sup>2</sup> et  $D2 = 50$  bulbes/m<sup>2</sup> avec la fève comme précédent. Quand le safran a été précédé par lui-même à une densité  $D1 = 40$  bulbes/m<sup>2</sup>, le rendement en stigmates secs a été significativement plus important lorsque le

safran était précédé par la fève. Comme a été démontré dans cette étude que la teneur en picrocrocine et en crocine, dans la mesure où le safran est planté à une densité de 60 bulbes/m<sup>2</sup> (D3) avec la fève comme précédent cultural, cela a affecté positivement la teneur en picrocrocine ainsi que le taux de crocine et de même pour la teneur en safranal (Britel et al., 2017). Le potentiel du développement et d'extension de la production du safran biologique dans de nouvelles régions passe par l'amélioration des pratiques agronomiques, la conduite de la culture, le choix et l'adaptation des successions et/ou associations culturales à la culture du safran biologique (Britel et al., 2017).

### 3.1.3. Effet des mycorhizes sur la culture du safran (*Crocus sativus*)

Des études ont montré que les mycorhizes arbusculaires colonisent intensivement le safran et ont généralement un impact important sur la croissance et le rendement de cette espèce (Kianmehr, 1981). En effet, lors des études précédentes ont révélé que les champignons mycorhiziens ont permis d'augmenter le diamètre des cormes en première année et une production florale plus élevée en deuxième année de croissance. En outre, le moment de la floraison a été affecté par les micro-organismes bénéfiques (Aimo, et al., 2010). Ainsi, ont trouvé que le taux de mycorhization chez le safran varie entre 10 et 30 %.

Dans une expérience, des inocula endomycorhiziens composites provenant de parcelles de cultures de safran de différentes durées d'exploitation (2 ; 4 ; 6 et 10 ans) ont été utilisés pour inoculer des substrats destinés à recevoir des bulbes de safran. Quatre semaines après l'inoculation, la longueur de la partie aérienne, le poids frais de la partie aérienne, le poids frais de la partie racine, le nombre de feuilles, et le nombre des bulbes (El Aymani et al., 2019) dans les plants de safran mycorhiziens étaient plus élevés que dans les plants inoculés non mycorhiziens.

Une amélioration significative de ces paramètres est notée dans les plantes issues des bulbes cultivés sur substrats inoculés avec 2 inoculum issus des cultures de safran âgés de 4 et 6 ans. Ces deux inoculas ont montré une activité élevée dans la rhizosphère des plants de safran. Cette étude a montré qu'il est possible d'améliorer les paramètres agronomiques des plantes et de stimuler la multiplication des bulbes, base de l'amélioration de la culture du safran, par l'apport d'inoculum à base de champignons mycorhiziens arbusculaires (Aimo, et al., 2010).

### 3.2. Importance du safran et ses enjeux agro-écologiques

Un des enjeux de l'agriculture biologique ou toute autre incarnation de l'agroécologie, d'aujourd'hui et du futur est de parvenir à produire des aliments tout en éliminant les consommations d'intrants chimiques, dont notamment les engrais de synthèse.

La faisabilité d'un système de rotation des cultures pour une région est étroitement liée à la rentabilité des cultures impliquées dans ce système. Par conséquent, les systèmes de rotation des cultures prévus afin d'obtenir une augmentation de la production dans une longue période ne peut pas répondre à la demande des producteurs qui donnent la priorité à leur revenu annuel. C'est pourquoi les systèmes appropriés de rotation des cultures ne peut être largement utilisé dans les zones agricoles à cultures-multiples. Par ailleurs, la diversification des cultures avec des légumineuses est envisagée comme partie intégrante de la stratégie de production alimentaire mondiale pour corriger les carences en nutriments et en protéines. Ils sont également appréciés pour leur rôle dans l'amélioration de la fertilité des sols et de l'eau et de la productivité des cultures suivantes (Britel et *al.*, 2018).

La possibilité d'introduire de nouvelles cultures rentables, nécessite leur adaptation aux conditions pédoclimatiques locales. Le choix des rotations culturales y serait moins diversifié qu'une zone irriguée. Le safran est peu exigeant en termes d'intrants, et c'est pour cela que la préparation du sol et l'apport d'une fumure organique lors de l'installation des parcelles suffisent pour une bonne conduite technique biologique de sa culture. D'autre part, la culture du safran épuise le sol, elle ne doit pas alors dépasser 7 années sur la même parcelle. Et pour que le sol rétablisse ses éléments organiques et sa fertilité, la parcelle ne doit pas être cultivée en safran pendant les 3 années suivantes. D'où la nécessité d'introduire une culture qui devrait garantir la restitution et le renouvellement des éléments fertilisants spécialement en azote, telle que les légumineuses (Britel et *al.*, 2018).

Dans le contexte du réchauffement climatique, il est primordial de trouver des alternatives alliant productivité et durabilité des agrosystèmes. L'essai de la culture du safran en régions arides et semi arides s'inscrit dans cette vision de développement durable (Lahmdi et *al.*, 2013).

# Partie expérimentale

## **1. Étude ethnobotanique du Safran**

### **1.1. Importance d'une enquête ethnobotanique**

Les études ethnobotaniques apparaissent comme une bonne approche pour comprendre dans une région donnée, les utilisations ainsi que les perceptions socioculturelles et économiques des ressources végétales par les populations locales (Agbogidi, 2010). Les facteurs qui affectent les formes d'utilisation et la valeur accordée aux ressources végétales par les communautés font encore objet de discussion dans la littérature scientifique. Les formes d'utilisation pourraient varier selon les ressources exploitées, la région, le genre, le sexe et les groupes ethniques (Belem et *al.*, 2008 *in* Zekraoui, 2016).

Dans cette optique, nous avons réalisé une enquête ethnobotanique sur l'utilisation du Safran dans la Wilaya de Tizi Ouzou afin de savoir sur quelle échelle la population de cette région connaît et utilise cette plante.

### **1.2. Méthodologie de l'enquête**

La méthode d'approche est une enquête ethnobotanique réalisée dans la Wilaya de Tizi Ouzou, qui est effectuée à l'aide d'un questionnaire lancé sur Google chrome par Mademoiselle Mobarek Sabrina étudiante en master BVP (UMMTO) ; destiné aux citoyens de la wilaya de Tizi Ouzou.

Ce questionnaire, est divisé en deux parties : Informations sur le citoyen et informations sur les habitudes de consommation et d'utilisation du Safran. Ensuite, les résultats obtenus sont traités statistiquement suivis par une discussion.

### **1.3. Prospection sur le terrain**

Le questionnaire présenté dans l'annexe (1) est envoyé à travers les réseaux sociaux et est rempli par 65 personnes de la wilaya de Tizi Ouzou. L'enquête s'est déroulée durant une période allant de 11-12-2020 jusqu'au 1-01-2021.

## **2. Etude du milieu**

### **2.1. Choix des stations d'étude**

L'essai est conduit dans les conditions au champ, sur des sites peu anthropisés. Ces exploitations relèvent de deux régions rurales de la wilaya de Tizi Ouzou, la première est située à L.N.I. dans la localité d'Azouza (Fig.11), la deuxième à Maâtkas dans le village d'AT Zaeim (Fig.12). Dans ce choix nous avons visé l'effet comparé de l'altitude sur le rendement du Safran et sa qualité.

## 2.2. Etude géographique de la station de L.N.I

L.N.I (Fig.11), est située à environ 30Km à l'est de Tizi Ouzou à 942 m altitude. Elle s'étend sur une superficie de 39,28 km<sup>2</sup>, occupe de grandes surfaces agricoles où l'on rencontre de l'arboriculture. Elle est limitée au nord par Tizi Rached, au sud par Ath Yenni, à l'est par Ait Oumalou et Ait Aggouacha à l'ouest par Irdjen. Le site d'étude 'Azouza' est situé à environ 8km de L.N.I à 750 m d'altitude.

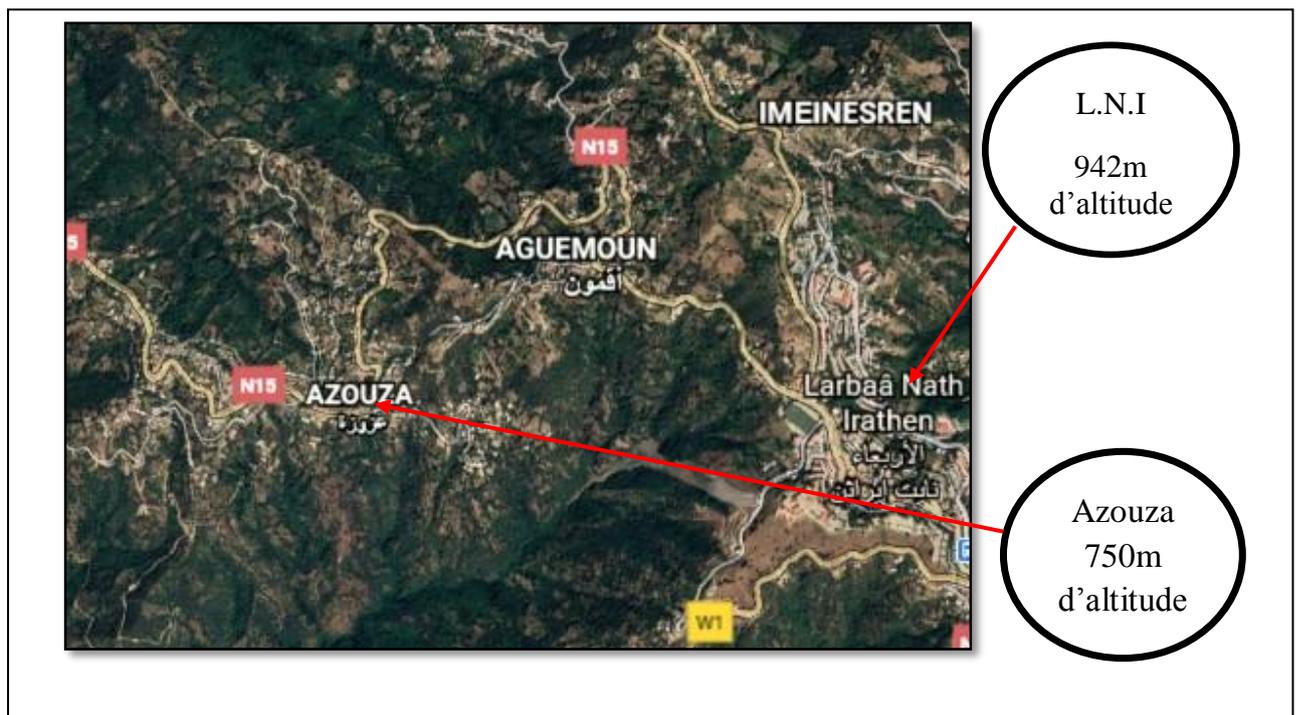


Figure 11. Localisation de L.N.I. (Google Earth, 2020)

## 2.3. Etude géographique de la station de Maâtkas

La région de Maatkas (Fig. 12) est située à 20km du chef-lieu de la ville de Tizi-Ouzou à une altitude de 600 à 700 m d'altitude au sud -ouest de la commune de Tizi-Ouzou et s'étale sur une superficie de 45,29Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord -Est par la wilaya de Tizi-Ouzou, au Nord-Ouest par les communes de Tirmitine et Aith Yahia Moussa, à l'Est par la commune de Souk-El -Tnine, au Sud par les commune de Boghni et Mechtras et à l'Ouest par la commune de Ain Zaouia. Par contre le village Ath Zaim est situé à 450 m d'altitude.

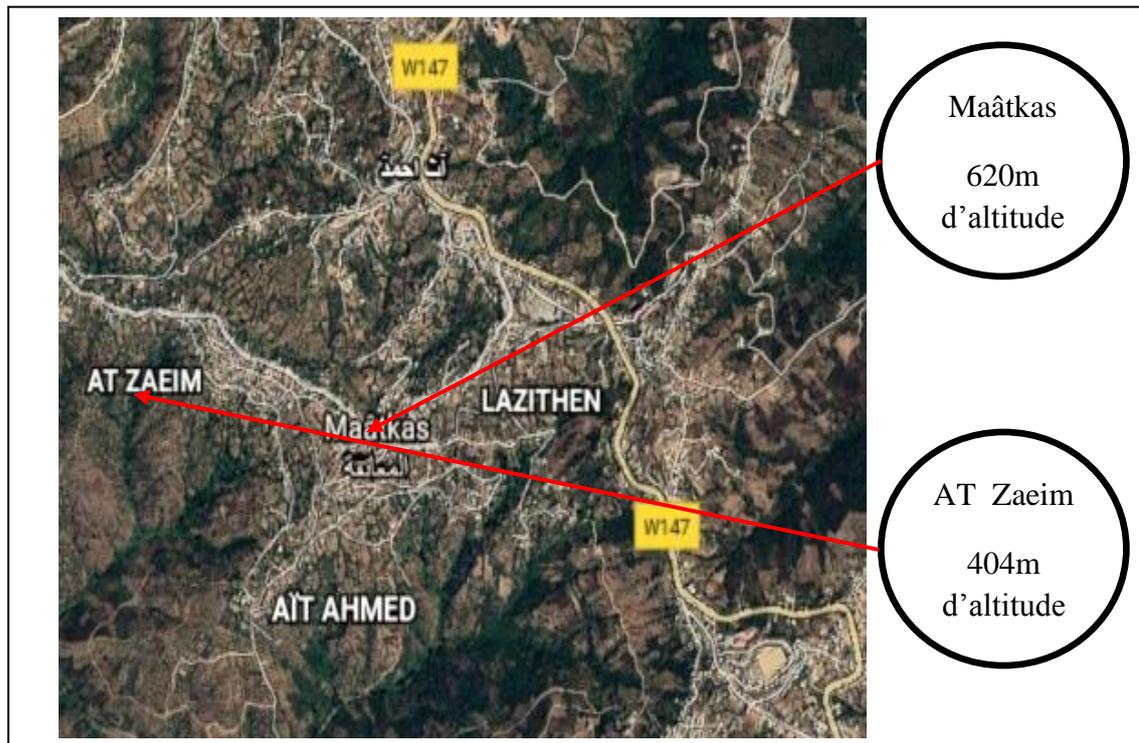


Figure12. Localisation de Maatkas (Google Earth, 2020)

#### 2.4. Synthèse pédologique

Les sols de Maatkas et de LNI sont non calcaires formés sur des schistes. Les sols sont de type Cambisols (WRB, 2006) avec une pente de 20%.

#### 2.5. Synthèse climatique

La région de Tizi-Ouzou possède un climat méditerranéen chaud avec été sec selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Tizi-Ouzou est de 18.5°C et les précipitations sont en moyenne de 720.1 mm (Anonyme 5).

### 3. Échantillonnage

#### 3.1. Origine et choix du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé, (bulbes de *Crocus sativus* L.), est une semence originaire du Quercy et acheté du Rodez en France en 2012, puis est amenée en Algérie et cultivée à Agouni N'teslent, relevant de la commune d'Ain El Hammam, à 50 Km du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou dont l'un des producteurs Mr Hamid AFTIS. Il a installé une safranière depuis 2012 pour la production biologique du Safran 'Safran de la Kabylie'. Les 144 bulbes utilisés sont arrachés de la même payasse est d'une culture qui date de plus de 6 ans.

Les bulbes ont été sélectionnés et triés selon l'état phytosanitaire, ont été conservés à l'abri de la lumière à une température de 28°C avant la date du semis. Les bulbes ont été choisis pour leur adaptation aux conditions environnementales de la région et le fait qu'ils soient productifs (Fig. 13).

Photo	Description
	<p><b>Bulbe nommé <i>cormus</i> qui correspond à un rhizome court et vertical.</b></p>
	<p><b>Partie intérieure est blanchâtre et charnue et riche en amidon.</b></p>
	<p><b>Formation de cormes fils.</b></p>
	<p><b>La partie extérieure est composée de plusieurs tuniques brunes, à fibres réticulées.</b></p>

**Figure 13. Description d'un bulbe du Safran utilisé dans notre expérimentation**

**4. Matériel et méthodes****4.1. Mise en place du semis**

Après avoir choisi les sites pour l'essai du semis, nous avons semé 54 bulbes dans chaque parcelle. Le poids de ces derniers varie entre [3g - 16g] avec un diamètre qui varie entre [2.3cm - 4.1cm].

**4.2. Préparation du matériel végétal**

Les bulbes du Safran ont été mesurés et pesés puis répartis selon le diamètre et leur poids (Fig. 15 et Tab. 2)



**Figure 14. Biométrie des bulbes du dispositif expérimental avant le semis.**

Tableau 2. Variation de la biométrie des bulbes avant le semis

Nombre de bourgeons	Biomasse des bulbes(g)	Diamètre des bulbes (cm)
8	<1	1.4
10	1	1.9
11	2	2.2
11	3	2.3
15	4	2.4
16	5	2.5
10	6	2.6
13	7	3
14	8	3.2
3	9	3.3
11	10	3.4
4	11	3.5
5	12	3.6
4	13	3.7
2	14	3.8
21	16	4.1
1	19	4.3

### 4.3. Préparation du sol

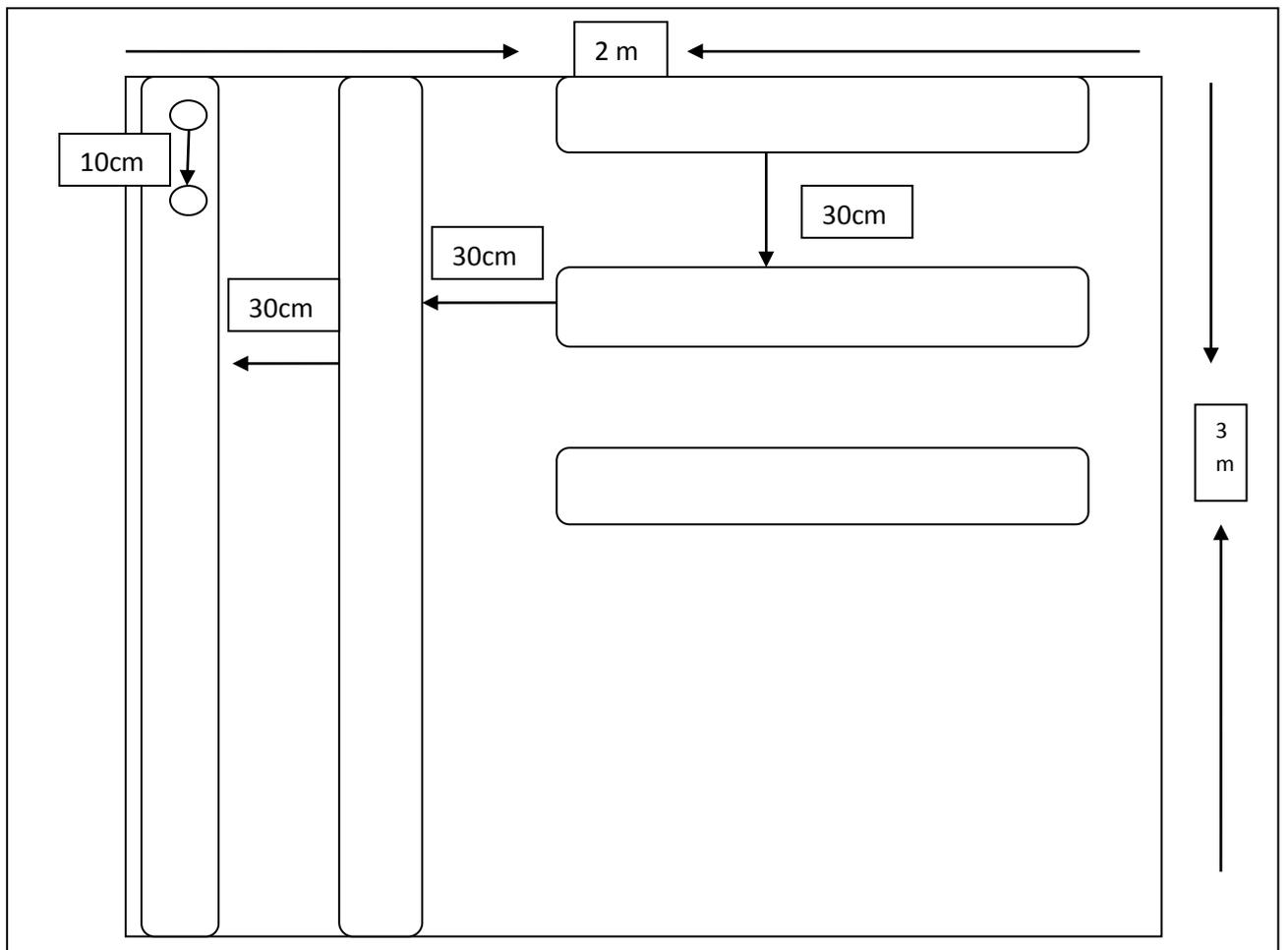
Quelques jours avant le semis, nous avons effectué un travail manuel à la houe des parcelles de 6 m<sup>2</sup> de superficie afin d'homogénéiser la surface du sol. Nous avons veillé sur le respect des principes agroécologiques afin de conserver les fractions fines du sol, qui est une ressource fragile que nous devons préserver et bien gérer (Fig.15).



**Figure 15. Etapes de préparation du sol.**

#### **4.4. Semis**

Le semis est mis en place entre le 29 août et le 2 septembre 2020 sur les deux sites élémentaires de 2m x 3m de surface. Chaque parcelle est divisée ; en 2 billons verticaux et 3 horizontaux. Cependant, les billons sont espacés de 30cm et les bulbes de 10cm pour les deux sites (Fig.16).



**Figure 16. Schéma d'expérience dans les deux sites.**

Les bulbes sont plantés à une profondeur de 20 cm et espacés d'une distance de 10 cm. Le safran étant une culture peu exigeante en eau, l'arrosage est peu important, apporté uniquement lors de stress hydrique important. Ce dernier sera justifié le suivi de l'humidité du sol. Durant cet essai, nous avons opté pour une irrigation hebdomadaire. A cela, un suivi du développement des adventices est au centre de l'entretien des sols, afin d'éviter le phénomène de compétition par rapport aux ressources. Un désherbage manuel est effectué régulièrement suivi d'un léger binage (Fig. 17 et 18).

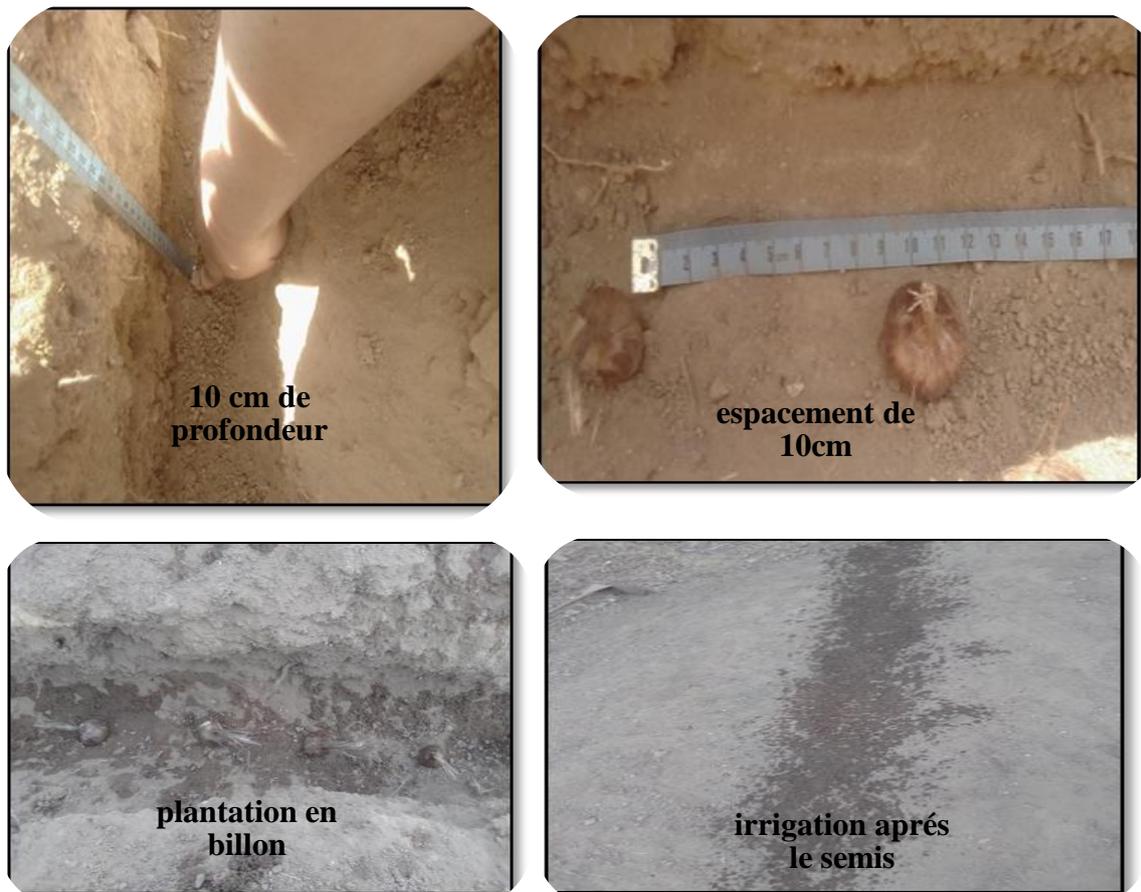


Figure17. Etapes du semis au niveau de la station de L.N.I.



**Figure18. Etapes du semis à Maâtkas**

#### **4.5. Cueillette et récolte**

La cueillette de la production est faite manuellement 48h au maximum après la floraison, puis les fleurs sont amenées soigneusement au laboratoire dans un sac en papier (Fig. 19).



**Figure19. Cueillette des fleurs du Safran**

#### 4.6. Emondage, séchage et conservation

Les stigmates ont été coupés du style à l'aide d'une épingle au-dessus de la partie jaune du style. Ensuite, ont été séchés sur un plateau en inox sur un chauffage jusqu'à ce que la couleur des stigmates devienne rouge vive et rigide (Fig. 20). Ces derniers sont conservés dans des flacons en verre enveloppés avec papier, à l'abri de la lumière à une température ambiante. Il est important de signaler que la durée de la conservation est courte mais. Toutefois, s'il s'agit d'une conservation pour une longue durée, d'autres paramètres doivent être considérés.



Figure 20. Etapes de l'émondage à la conservation des stigmates du Safran.

#### 4.7. Biométrie du safran

Un suivi de croissance et de développement ainsi des mesures ont été effectués (nombre de bourgeons, nombre de feuilles, taille des feuilles, nombre de fleurs ; taille des stigmates et poids des stigmates secs) afin de déterminer l'effet de l'altitude sur le rendement du Safran et la qualité de la production (Fig. 21).

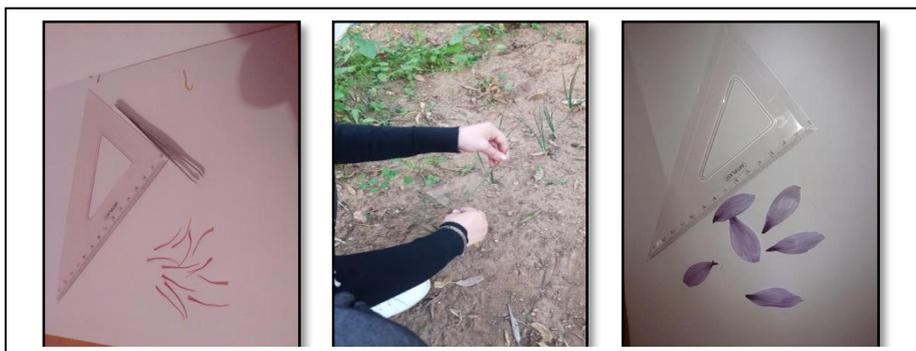


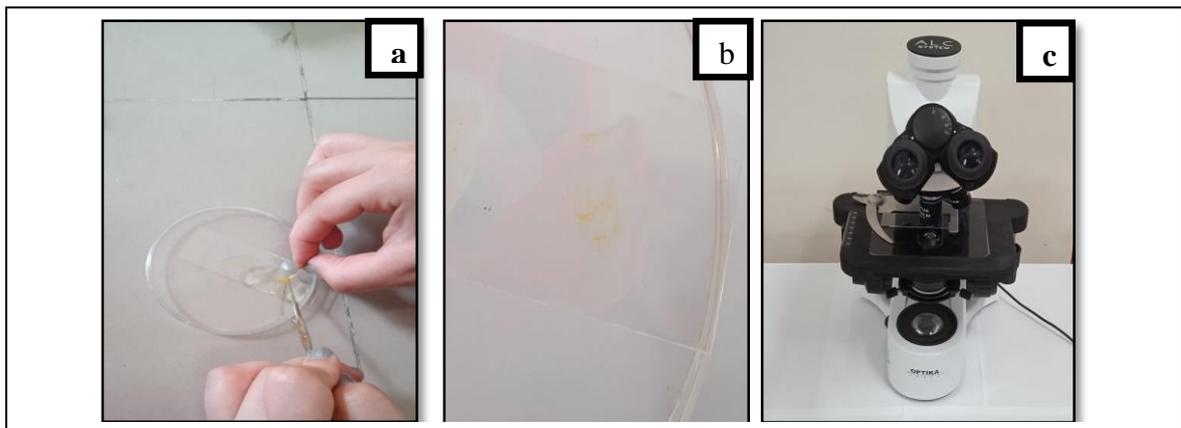
Figure 21. Mesures biométriques effectuées sur les différentes parties du *Crocus sativus*.

#### 4.8. Analyse du matériel végétal récolté

##### 4.8.1. Etude microscopique du grain de pollen du Safran

Afin de déterminer l'une des causes de la stérilité du Safran, nous avons opté pour l'une des techniques adoptées en biotechnologie végétale pour caractériser une espèce, la microscopie est recommandée particulièrement pour étudier le pollen

Dans cette partie de l'étude, une goutte d'eau distillée est mise sur une lame, dans laquelle les anthères de la fleur du Safran sont écrasées à l'aide d'un crochet (Fig. 22). Ensuite, déposer dessus la lamelle délicatement. L'observation est faite sous microscope optique à ( $G \times 100$  ;  $\times 400$  ;  $\times 1000$ ).



**Figure 22. Etapes de caractérisation du grain de pollen de *Crocus sativus***

- a : écrasement des anthères dans une goutte d'eau b : libération des grains de pollen  
c : observation sous microscope optique

##### 4.8.2. Extraction des polyphénols totaux (PPT) dans les stigmates du Safran

Cette analyse est effectuée en deux phases : l'extraction aqueuse puis le dosage des PPT.

###### a. Extraction (Fig.23)

Le protocole adopté est celui de MESTAR (2019), qui est décrit comme suit :

- ✓ dans un mortier on met 45mg de stigmates du Safran, auxquels 28.794 ml d'eau distillée sont ajoutés ;
- ✓ écraser les stigmates dans le volume d'eau distillée jusqu'à la dissolution totale de la matière ;
- ✓ centrifuger l'extrait pendant 14000 tours / 1h;
- ✓ filtrer et incubé à 4°C pendant 24h.



**Figure23. Etapes de l'extraction des PPT des stigmates du Safran**

### **b. Dosage des polyphénols totaux**

La teneur en polyphénols totaux des stigmates est déterminée par la méthode décrite par d'Amezouar et *al.* (2013) modifiée qui utilise le réactif de Folin-Ciocalteu en se basant sur le fait que les composés phénoliques forment un complexe redox avec les acides phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et phosphomolibdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) de ce réactif.

Un volume de 200  $\mu$ l de chaque extrait est introduit à l'aide d'une micropipette dans des tubes à essai, suivis de l'addition de 1000  $\mu$ l du réactif Folin-Ciocalteu (dilué 10fois : 1ml de folin+ 9ml de l'eau distillée) (Fig. 24(A)) Après 4 min ajouter 800  $\mu$ l de carbonates de sodium ( $Na_2CO_3$  avec une concentration de 75 g/l) (Fig. 24(B)).

Par la suite, les tubes sont incubés à l'obscurité pendant 2h à température ambiante. L'absorbance de chaque solution est déterminée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (Fig. 24(C)). Le blanc de la réaction ne contenant pas de polyphénols est réalisé comme le point 0 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  de la gamme.

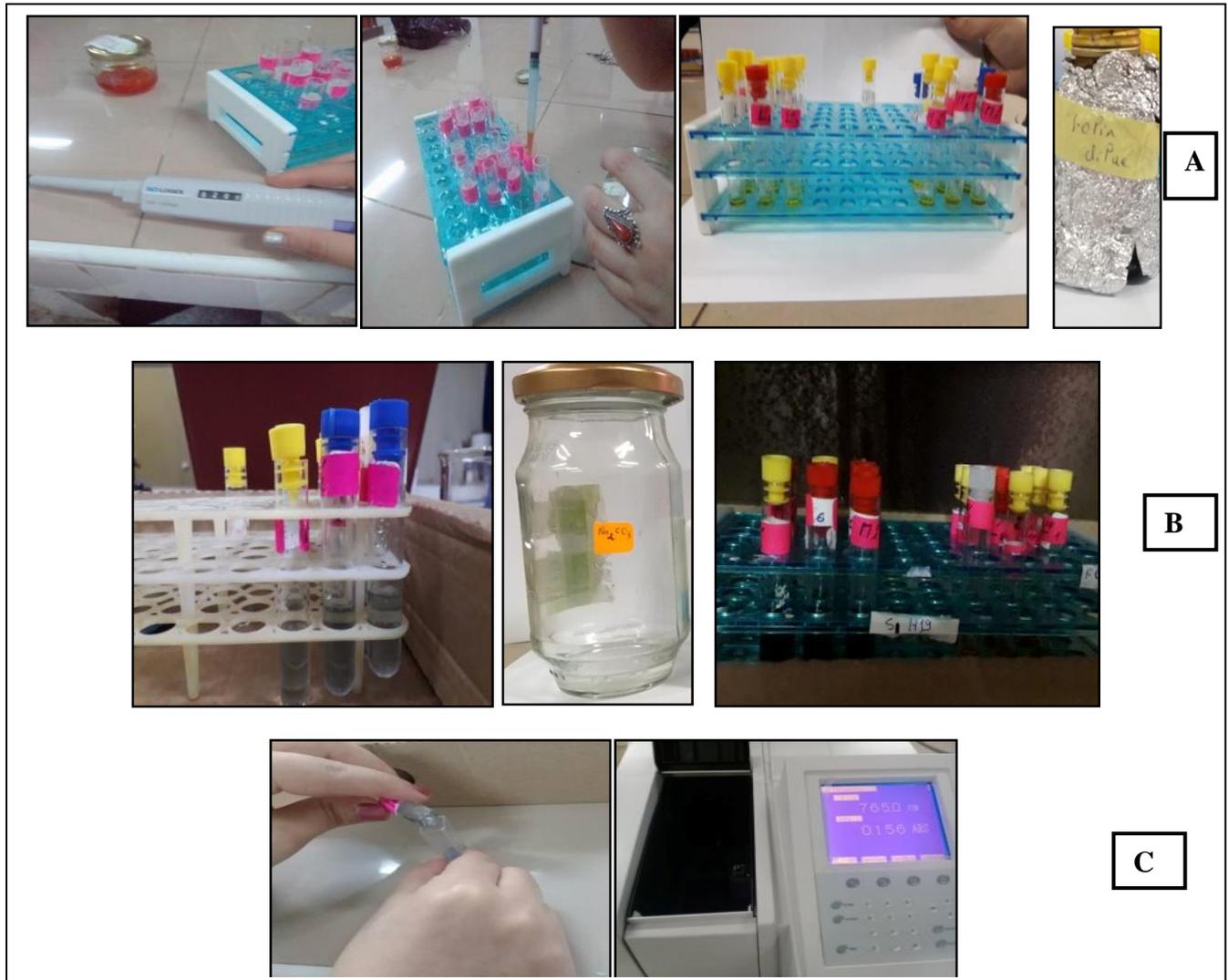


Figure 24. Etapes du dosage des PPT totaux dans les stigmates du Safran

### 5. Analyses statistiques

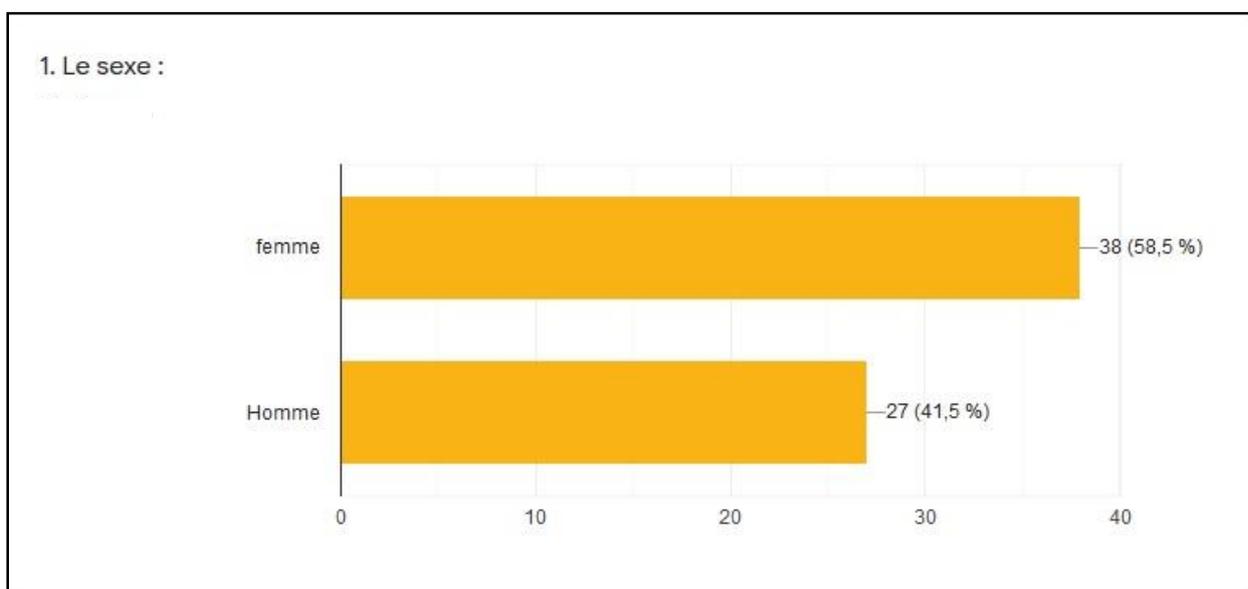
Pour étudier la corrélation entre les variables et les paramètres mesurés dans cette étude, nous avons opté pour une analyse en composantes principales (ACP). Suivi de l'analyse de la variance (ANOVA) afin de comparer les moyennes de la teneur en polyphénols totaux (PPT) dans les deux extraits aqueux des stigmates prélevés du safran des deux stations. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel **Statistica** et **Statbox**.

# Résultats et discussion

## 1. Résultats et discussion de l'étude ethnobotanique

### 1.1. Importance de l'utilisation du safran selon le sexe

Dans la région d'étude, les hommes et les femmes sont concernés par l'utilisation du Safran. Cependant, les femmes l'utilisent beaucoup plus. En effet, 58.5% des personnes questionnées qui ont répondu favorablement à l'utilisation du Safran ont été des femmes et 41.5% sont des hommes (Fig.25). Cette variation peut être expliquée par le fait que le Safran est connu dans la wilaya de Tizi Ouzou comme étant une épice chère que beaucoup de femmes aiment l'utiliser dans l'art culinaire.



**Figure 25. Utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou selon le sexe**

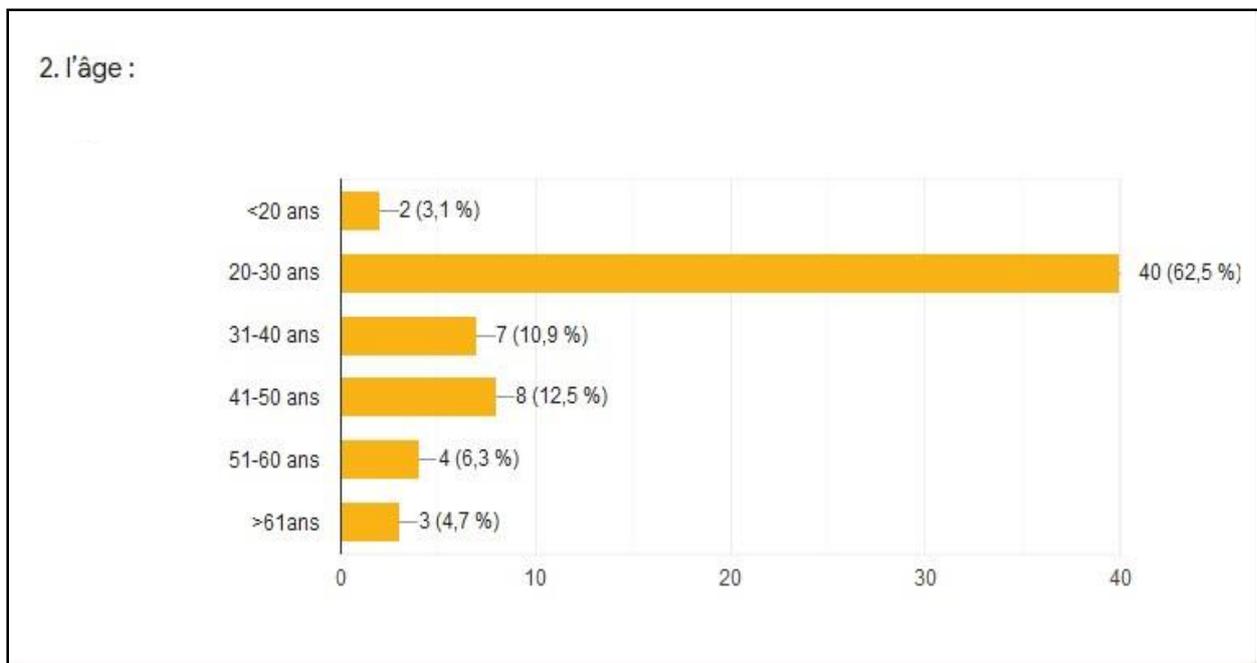
### 1.2. Utilisation du safran dans la région selon les classes d'âge

Le traitement des données a permis de relever une utilisation très répandue chez toutes les classes d'âge, dans la wilaya de Tizi Ouzou. Ceci dit, une prédominance est signalée chez les personnes dont l'âge varie entre 20 et 30 ans avec un taux de 62.5 %. Ce résultat semble être lié au fait que la plus part des personnes questionnées sont des universitaires.

Pour la classe d'âge inférieure à 20 ans, un taux plus faible a été noté (3.1%). Ceci est expliqué par le fait que le questionnaire n'est rempli que par 2 personnes de cette classe d'âge.

Un taux de 10.9% a été enregistré pour la tranche d'âge allant de 31 à 40 ans et un taux proche pour les personnes âgées de 41 à 50 à savoir, 12. 5%. Alors que pour les personnes âgées entre 51 et 60 ans, un taux de 6.3% uniquement est obtenu. Pour la classe d'âge supérieure à 61 ans, nous avons noté un taux de 4.7%. Ces résultats pourront être expliqués

par le fait que le questionnaire est distribué via les réseaux sociaux et que les personnes âgées de plus de 31 les utilisent moins que les personnes âgées entre 20- 30 ans (Fig.26).

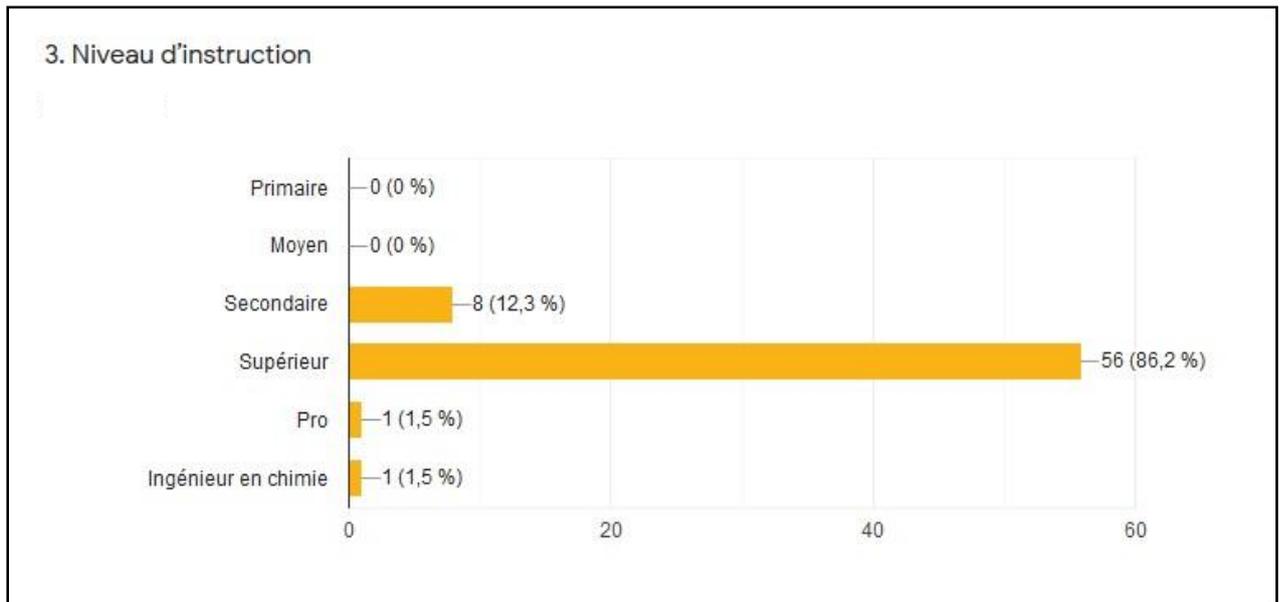


**Figure 26. Utilisation du Safran par classes d'âge dans la wilaya de Tizi Ouzou**

### 1.3. Importance du niveau d'instruction par rapport au safran

Dans la zone d'étude, la grande majorité des usagers du Safran ont le niveau supérieur, avec un pourcentage de 87.7%. Par contre, les personnes ayant le niveau secondaire ont un pourcentage d'utilisation de (12.3%) (Fig. 27).

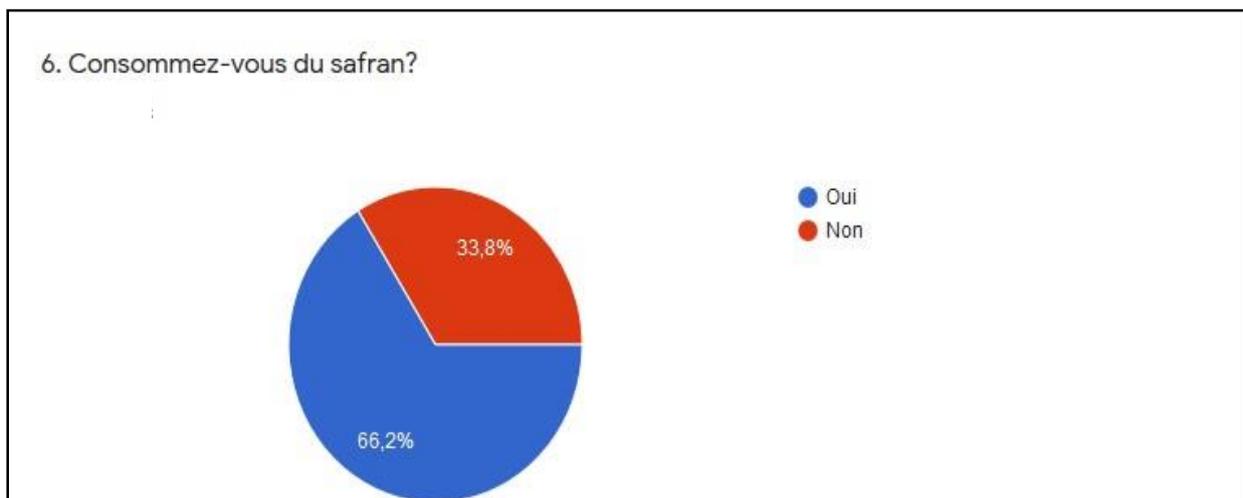
Les personnes ayant remplies le questionnaire sont des deux niveaux secondaires et universitaire, ceci pourrait être dû au fait que le questionnaire a été lancé via les groupes estudiantins et des groupes qui s'intéressent aux plantes médicinales et aromatiques.



**Figure 27. Utilisation du Safran selon le niveau d'instruction dans la wilaya de Tizi Ouzou**

**1.4. Taux d'utilisateurs du Safran dans la région**

Parmi les 65 personnes questionnées (Fig. 28), 66.2% utilisent le Safran ceci pourrait être dû à ce qui est disponible dans les épiceries de la région. Il est aussi important de signaler que ce sont les femmes qui l'achètent comme épice colorante surtout pour le riz. Par contre, 33,8% ne l'utilisent pas. Ceci pourrait être expliqué au fait qu'ils ne le connaissent pas ou bien non apprécié.



**Figure 28. Utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.**

### 1.5. Fréquence d'utilisation

Parmi les utilisateurs du Safran (Fig. 29), 25.6% l'utilisent par semaine. Tandis que 27.9% l'utilisent par année et la majorité (48.8%), l'utilisent par mois. Ces faibles fréquences, pourraient être dues au fait que l'utilisation du Safran ne fait pas partie de leurs habitudes.

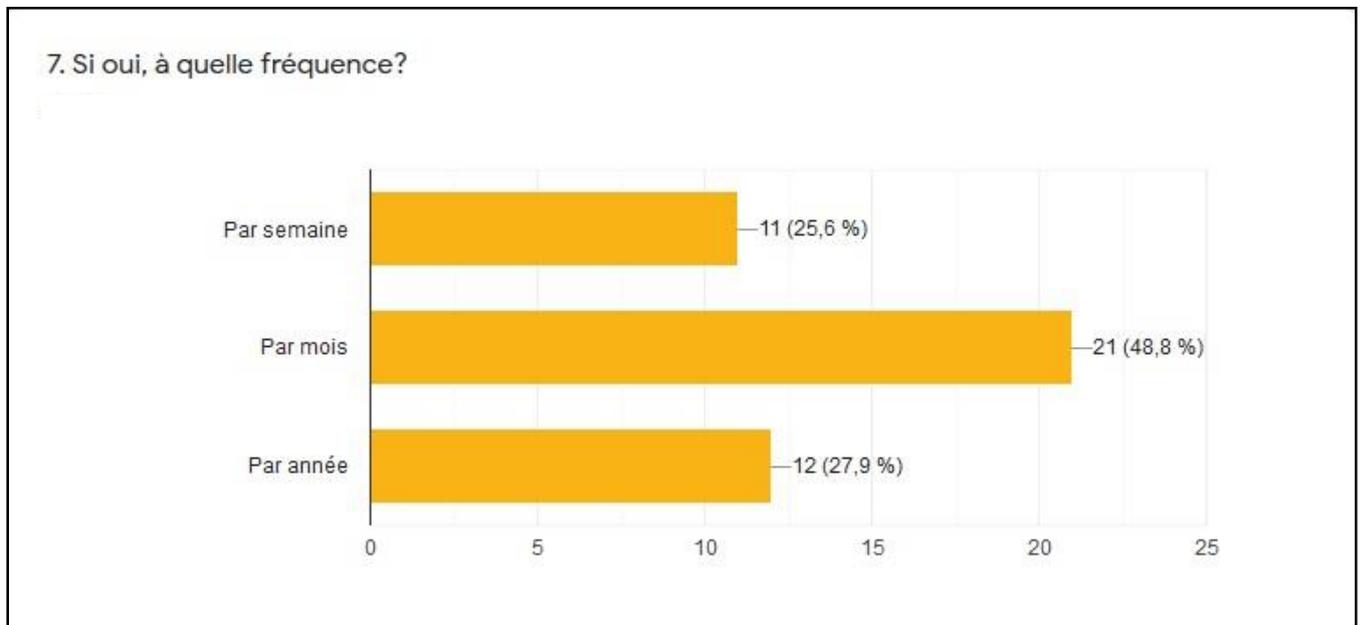


Figure 29. Fréquence d'utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou

### 1.6. Selon le lieu d'achat des gens questionnés

Nos aboutissements montrent que 46.7% des personnes qui utilisent le Safran, l'achètent du marché. Tandis que, 40% s'approvisionnent des grandes et moyennes surfaces et uniquement 8.9% l'achètent directement du producteur (Fig.30). Par conséquent, ce produit est connu notamment comme épice retrouvée dans les marchés à des prix raisonnables, à l'opposé du prix excessif affiché par le producteur.

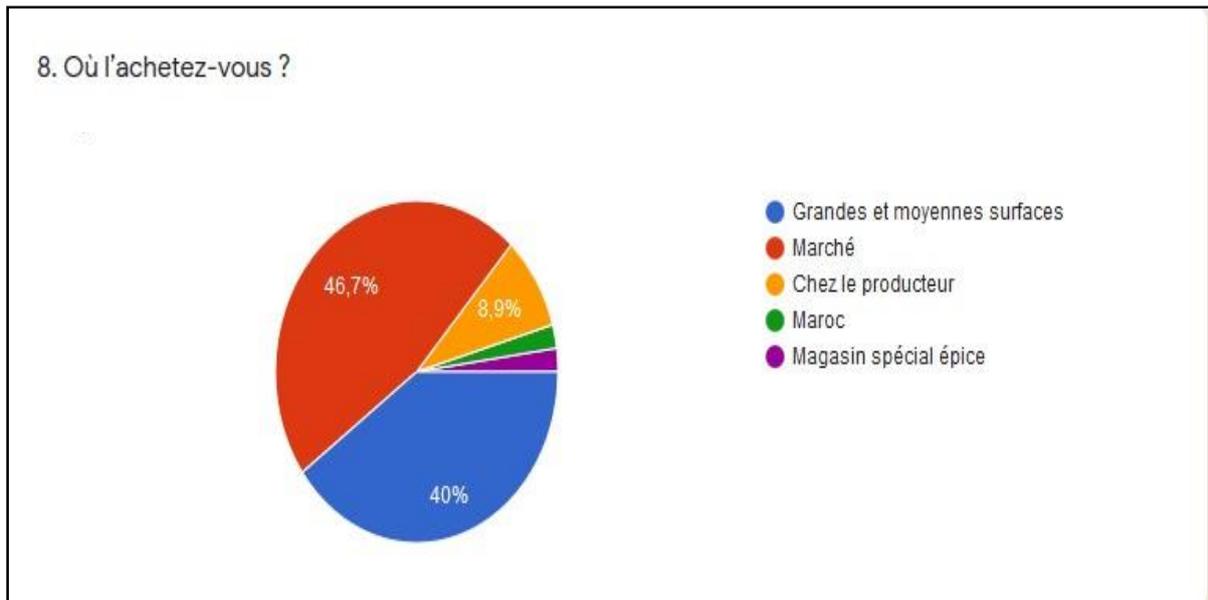


Figure 30. Lieux d'approvisionnement en Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou

1.7. Selon le prix d'achat

Comme les prix le montrent dans le tableau 3, toutes les personnes utilisant le Safran, l'achètent avec des prix symboliques. Cependant, le vrai Safran coûte environ 8000 da/1g.

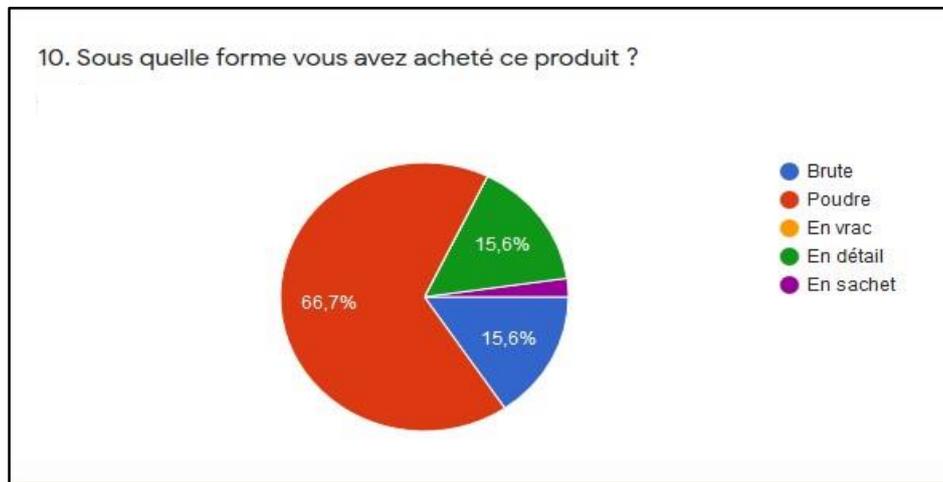
Les prix attribués au Safran vendu dans la wilaya de Tizi Ouzou, révèlent qu'il ne s'agit pas du vrai. La population est ainsi, ignorante de l'importance de cette plante donc de son prix.

Tableau 3. Prix d'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou

9. A quel prix ?	9. A quel prix ?	9. A quel prix ?
80da pour l 100g	900 DA le g	100
35da	1000 le gramme	300
50 da	Le prix dépend de la quantité	50 da
50da	50 gramme à 1000DA	2200Da
100da	45da	J'ai oublié
Je ne sais plus	70 da pour 50g	6euro 3g
100da	150da	50da le sachet
Environ 50 da pour 30grammes	Petit sachet a 50da	2200 Da
Je ne m'en souviens pas	4000 da le gramme	30€

**1.8. Selon la forme d’achat du Safran**

Les données relevées par l’enquête (Fig.31), 66.7% des personnes achètent le Safran, en vrac. Tandis que, 15.6%, l’achètent en détail et de même pour ceux qui l’achètent sous forme brute. Ceci pourrait être expliqué par la disponibilité auprès du consommateur.

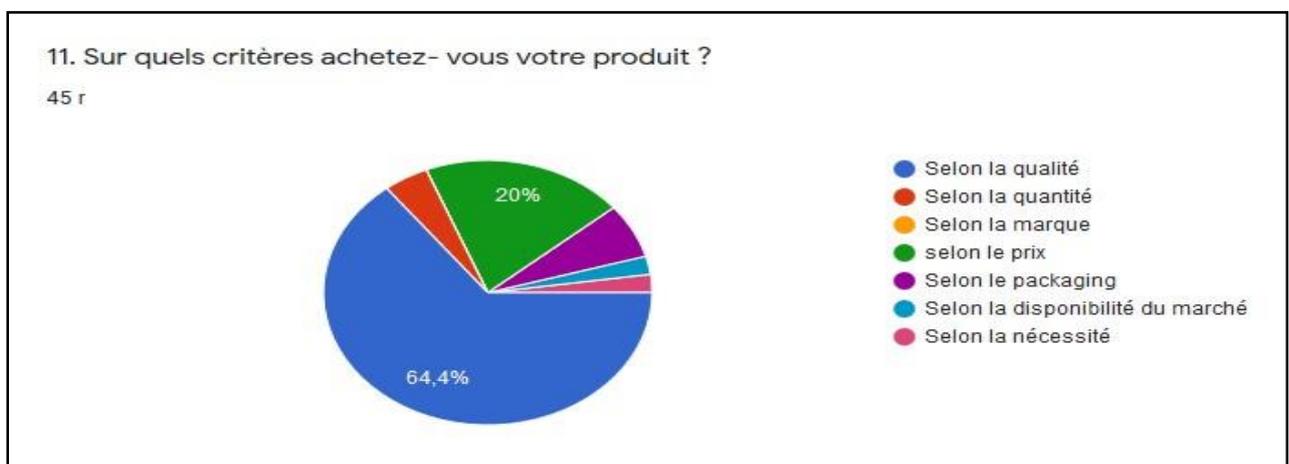


**Figure 31. Formes d’achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.**

**1.9. Critères d’achat du Safran**

64.4% des personnes questionnées, achètent cette épice pour sa qualité et 20% l’achètent pour son prix. Cependant, une minorité l’achète selon la quantité, le packaging, la disponibilité du marché et selon la nécessité (Fig. 32).

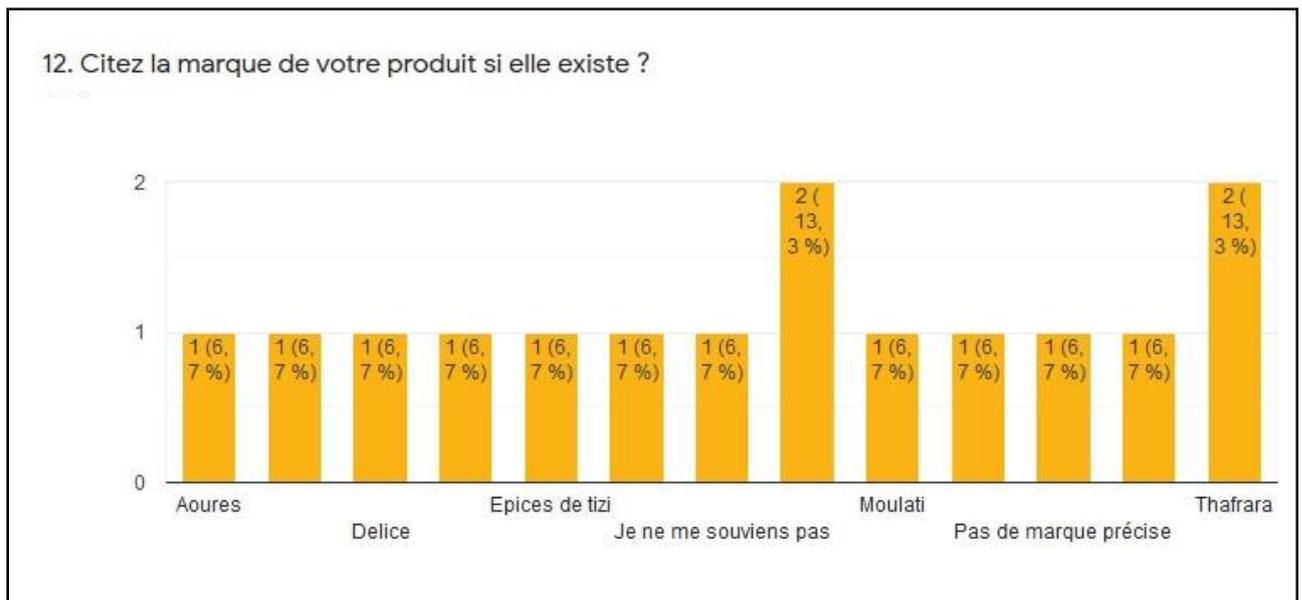
La majorité achète le safran selon la qualité. Or, les prix et la forme d’achat ont révélés qu’il ne s’agit pas du vrai safran. Ceci, pourrait être dû au fait qu’ils ne savent pas distinguer entre le vrai et le faux Safran.



**Figure 32. Critère d’achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou**

**1.10. Marque du Safran utilisée**

La marque la plus utilisée du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou selon les 65 personnes questionnées (Fig. 33), est Thafrara avec un taux de 13.3%. Cependant, d'autres marques sont utilisées à savoir Aoures, Delice et Moulati avec un taux de 6.7% pour chacune. Comme, d'autres personnes qui l'utilisent sans une marque précise. Le choix de marque, pourrait être expliqué par ce que juge le consommateur comme étant un produit de qualité ou bien par rapport aux prix.



**Figure 33. Marques du Safran utilisé dans la wilaya de Tizi Ouzou**

**1.11. Forme d'utilisation**

La majorité parmi les questionnés avec un taux de 93.2% l'utilisent en cuisine. Tandis que, la minorité l'utilise en cosmétique (Fig.34). Ceci, pourrait être dû au fait que la majorité ne connaît le Safran que comme épice.

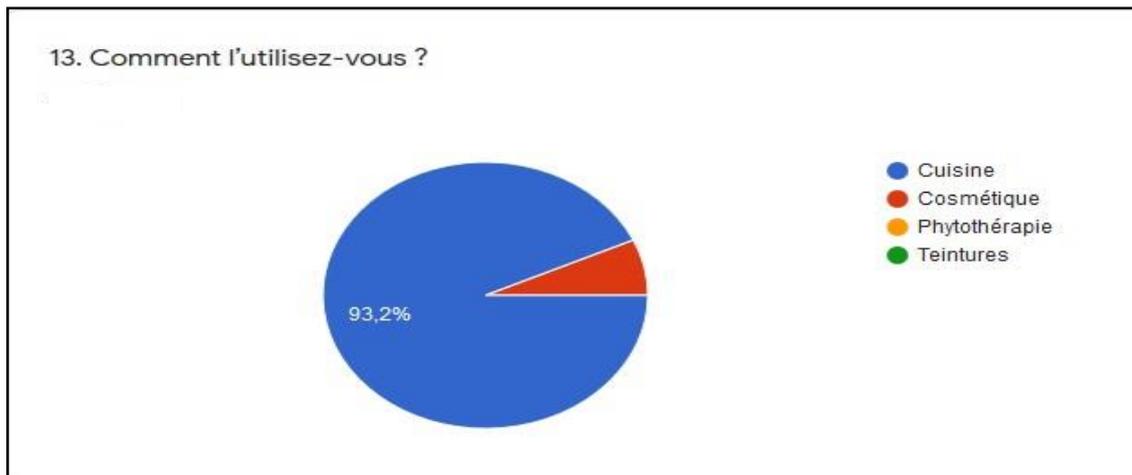


Figure 34. Formes d'utilisation du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou.

### 1.12. Prix souhaitable pour l'achat du Safran

Selon les prix souhaités par les personnes questionnées (Tab. 4), nous avons remarqué que d'une part ils ne savent pas la valeur du Safran. D'une autre part, ce dernier est avéré qu'il est cher dans le marché.

Tableau 4. Prix souhaitables pour l'achat du Safran dans la wilaya de Tizi Ouzou

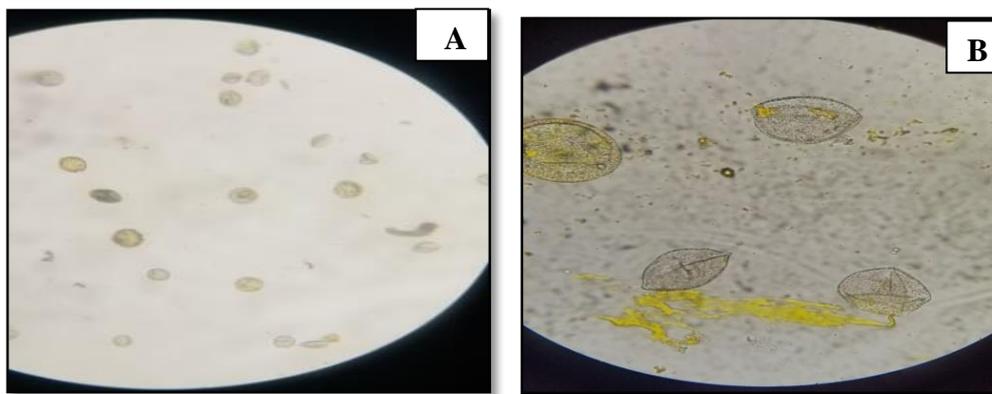
14. A quel prix souhaitez-vous l'acheter ?	
600 Da le g	500 DA le grammes
Moins cher a 1000 le kilo	50 da son prix fixe
1000DA pour 1 gramme	Son prix est abordable
50da max	2euro
30 da	Au prix abordable
Au prix normal	1500 da
2000 da le gramme	50dz le gramme
40	35da
500 DA le grammes	500da/kg

## 2. Observation des grains de pollen de *Crocus sativus* sous microscope optique

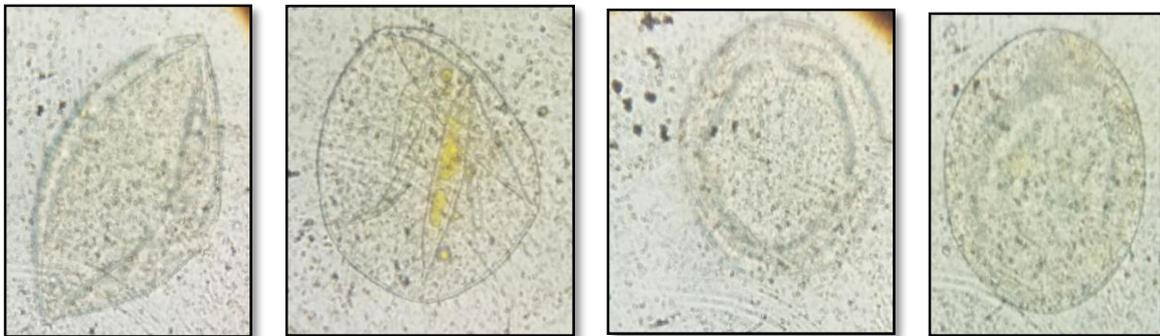
### 2.1. Résultats

L'observation des grains de pollen de *Crocus sativus* sous microscope optique, a révélé que le Safran possède plusieurs formes (Fig. 35).

Selon Grilli et *al.* (2001), la forme elliptique est la forme normale du grain de pollen de *Crocus sativus*. Tandis que, les autres formes, à savoir ovoïde, ovales et circulaire, sont des formes anormales qui prédisent la stérilité de l'espèce.



Observation des grains de pollen du Safran sous microscope optique : A (G×10), B (G×40)



Observation des grains de pollen du Safran sous microscope optique G× 100

Figure 35. Observation des grains de pollen de *Crocus sativus* sous microscope optique aux G× 10, 40 et 100

### 2.2. Discussion

Les formes des grains de pollen de *Crocus sativus* identifiées lors de notre étude sont similaires à celles révélées par Grilli Caiola (2000).

Selon Chichirico (1989), pendant la méiose de nombreuses anomalies peuvent se produire, trouvées aussi chez les espèces triploïdes. Les microspores montrent souvent des dégénérescences du cytoplasme ou des déformations cellulaires, donc ne peuvent pas terminer la méiose ou produisent des microspores anormales. Par conséquent, beaucoup de spores sont avortées ou les grains de pollen sont de tailles différentes (65-140 microns) et souvent malformés.

Toutefois, Grilli Caiola et al. (1985), ont signalé que jusqu'à 40% de grains de pollen du Safran, peuvent être de forme anormale aplatis ou détériorés. La surface de l'exine présente des spicules disposés au hasard et de gouttelettes lipidiques.

Cependant, Pfahler (1967), mentionne que la variabilité des grains de pollen du Safran dépasse 60% mais la germination n'est que de 20% après 5 jours dans le milieu de germination. Seulement 0.4% de grains de pollen du Safran en germination présentant un tube pollinique normal, la plupart des tubes sont affectés par des anomalies morphologiques.

### 3. Suivi *in situ* de la culture du safran

#### 3.1. Particularité de la croissance et du développement chez le *Crocus sativus*

Durant la partie expérimentale nous avons effectué un suivi des étapes de croissance et du développement de *Crocus sativus* sur une période de quatre mois (septembre à décembre), (Fig. 36). Notre intérêt est orienté particulièrement sur la germination et la floraison de la culture.

Il est important de rappeler que *Crocus sativus* est une plante triploïde stérile à multiplication végétative caractérisée par un cycle inversé. Son stade de dormance s'étale du mois d'avril au mois d'août et la levée s'effectue au mois de septembre succédée par la germination et l'enracinement (Fig. 36 (A)). Ensuite, à partir de la fin septembre le bourgeonnement commence. Il est à noter que l'élongation des bourgeons est relative à la profondeur du semis. Après la sortie du bourgeon du sol environ 3cm (Fig. 36 (B)), ce dernier, reçoit des photons lumineux par conséquent, la plante commence à synthétiser de la chlorophylle et le bourgeon commence à devenir vert ce qui rend la photosynthèse possible à partir de ce stade.

*Crocus sativus*, est une espèce monocotylédone, avec la formation d'une gaine sur les bourgeons permettant l'émergence des premières feuilles, à savoir 4 feuilles en moyenne par bourgeon (Fig. 36 (C)).

A partir de la fin octobre des boutons floraux commencent à apparaître (Fig. 36 (F)). Parallèlement, se fait l'élongation des feuilles (Fig. 36 (D et E)) et d'autres bourgeons

apparaissent sur le même plant. Le stade floraison commence de la fin octobre et peut s'étaler jusqu'à la fin décembre. Cependant, il est important de signaler que les fleurs chez cette espèce apparaissent et se fanent 48h après. Ces dernières peuvent être observées avant l'apparition des feuilles.

Toutefois, durant la première année de plantation, un bourgeon peut donner jusqu'à trois fleurs (Fig.36 (G)), comme nous avons observé des plants sans fleurs sur nos stations d'études.

En l'occurrence, l'élongation des feuilles continue y compris après l'achèvement de la floraison jusqu'au mois d'août avec les températures élevées ; ces dernières jaunissent et se fanent (Lopez, 1989). Cependant, nous n'avons pas achevé nos observations pour confirmer ces faits.

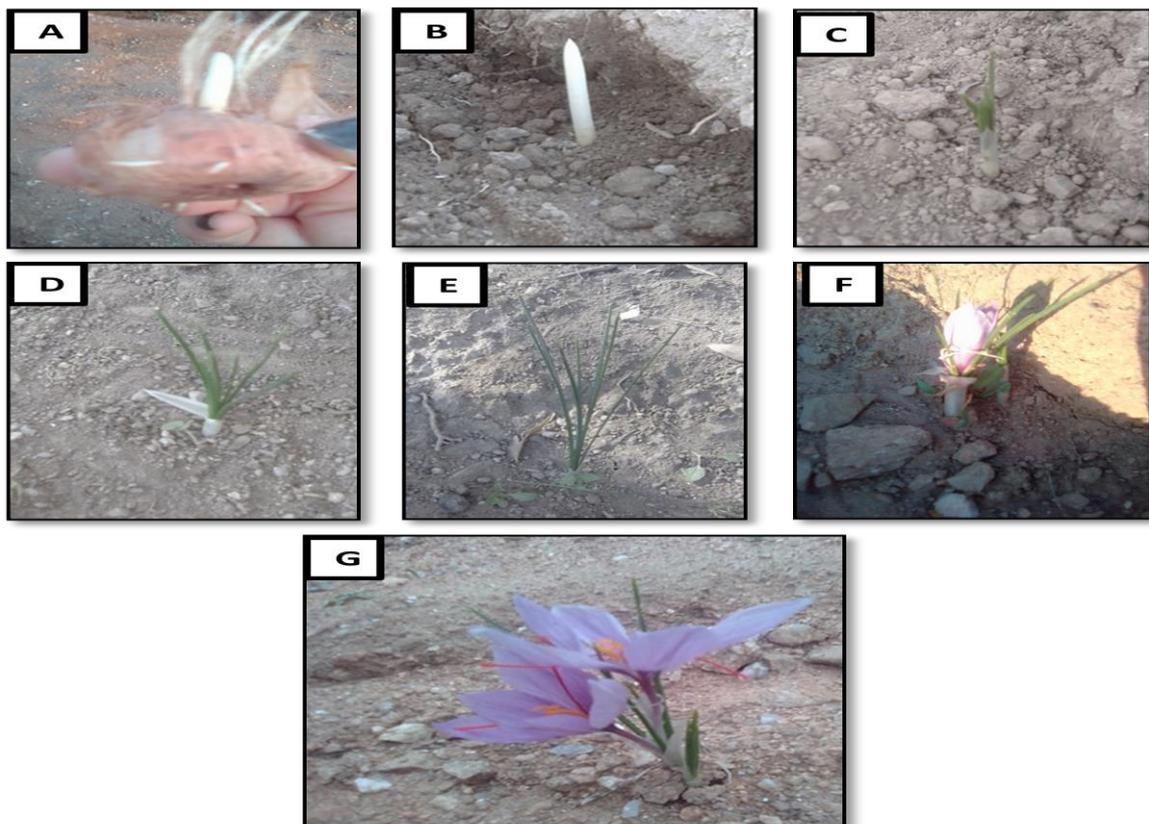


Figure 36. Cycle biologique de *Crocus sativus*

Il est important de mentionner que les plants de *Crocus sativus* n'arrivent pas au même temps au même stade de croissance et de développement au sein de la même parcelle d'une part. Ces stades varient au moment du déclenchement et de leur durée entre les deux sites

expérimentaux (Tab. 5). D'autre part, Lahmadi et *al.* (2013) ont noté les mêmes résultats mais sur des plantations faites dans la région des Aurés, le 30 octobre à une profondeur de 10 cm. Tandis que dans notre essai, la plantation est faite à la fin août avec une profondeur de 20cm.

En effet, pour le site de Maâtkas (402m), le nombre moyen de jours entre le semis et la levée est faible, il est de 25 jours. Par contre à L.N.I (750m), il est plus important à savoir 40 jours. En comparant avec les résultats de Lahmadi et *al.* (2013) ; le nombre de jours moyen entre le semis et la levée est faible à T'kout (1051 m) et il est important à El Outaya (203m).

La germination a été de mi-octobre au 2 novembre à L.N.I et d'une durée de 16 jours. Par contre, la germination a été de fin septembre à mi-octobre d'une durée de 15 jours à Maâtkas. La mise en feuilles est observée à partir du 2 novembre à L.N.I. cependant, à Maâtkas est précoce de deux semaines.

Dans notre essai, la première fleur est apparue le 31 octobre à Maâtkas avec une durée de floraison en nombre moyen de jour de 22 jours. Or, à L.N.I la première fleur est observée que le 11 novembre avec la même durée de floraison. En comparant avec les résultats de Lahmadi et *al.* (2013) ; la première fleur est apparue le 8 novembre à T'kout (1051m), le 12 novembre à El Kantra (468m) et le 23 novembre à El Outaya (203m) avec une durée de floraison courte par rapport à nos résultats qui est en nombre moyen de 15 jours.

La particularité de notre essai, est lié au cycle végétatif qui est long avec une floraison tardive à L.N.I. Par contre, à Maâtkas le cycle végétatif est court avec une floraison plus précoce. Lahmadi et *al.* (2013) ; ont observé un cycle végétatif long et une floraison avancée à T'kout (1051m). Alors que à El Outaya (203m), le cycle végétatif est plus court et la floraison est tardive.

**Tableau 5. Chronologie des phases de croissance et du développement de *C. sativus***

Station / Phase	L.N.I	Maâtkas
<b>Germination</b>	Mi-octobre → 2 novembre	fin septembre → mi-octobre
<b>Mise en feuilles et élongation</b>	A partir du 2 novembre	A partir de mi- octobre
<b>Floraison</b>	11 novembre → 2 décembre	31 octobre → 22 novembre

Le Safran est une culture exigeante pour l'altitude. Elle se situe entre 650 et 1200 m (Ait Oubahou et *al.*, 2002). Cependant, nos résultats nous montrent que le Safran peut se

développer et avoir une production importante même dans les basses altitudes. Ceci peut être expliqué par l'influence des autres facteurs.

Bien que l'utilisation du même matériel végétal dans cette expérimentation, l'espèce s'est exprimée différemment sur les deux lithotoposéquences. Ce qui peut révéler l'importance des interactions des plants avec leur environnement, sachant que ce dernier impacte significativement la physiologie de l'espèce allant jusqu'à l'expression du génotype.

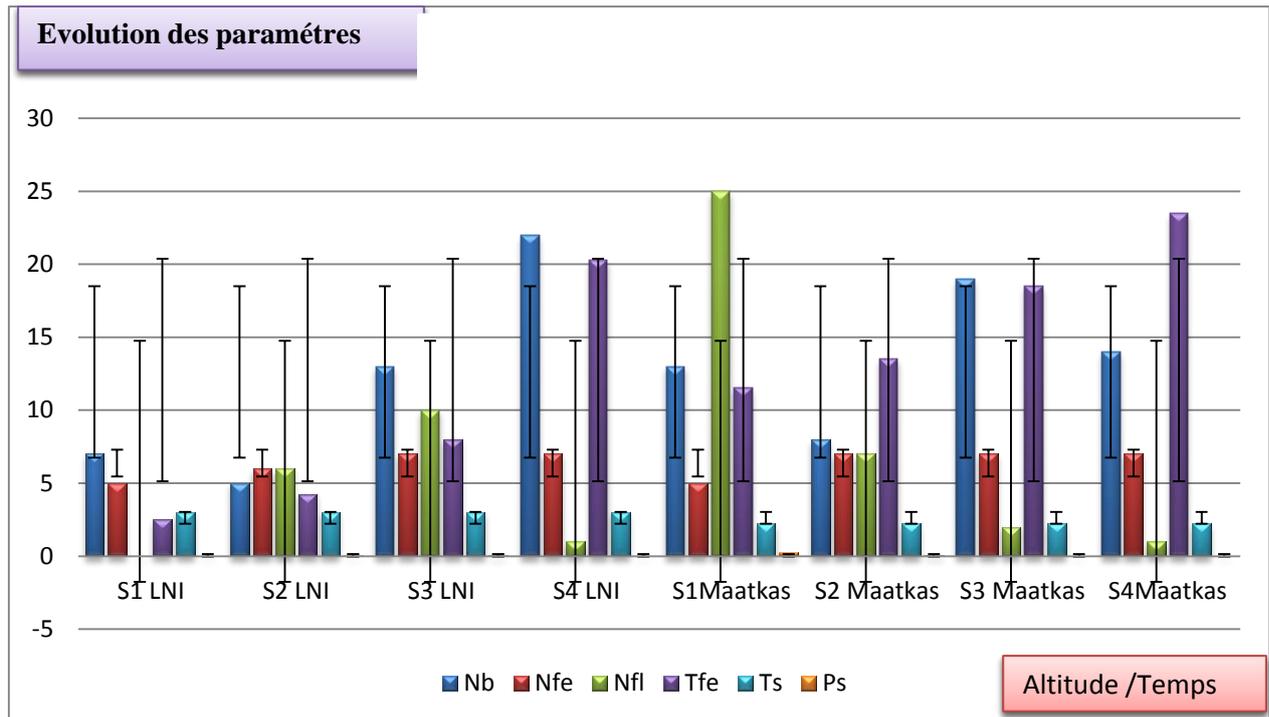
Le décalage des stades physiologiques entre les plants du même site, pourrait être dû à l'hétérogénéité de la biomasse et de la morphologie des bulbes. Cependant, l'hétérogénéité du moment du déclenchement et la durée de chaque stade entre les deux sites pourrait être dû aux facteurs édaphoclimatiques.

### **3.2. Suivi de la biométrie**

L'objectif fixé dans cette partie du travail, est de comprendre l'influence de l'altitude sur la croissance et le développement de *Crocus sativus*. Pour ce, des paramètres ont été mesurés (nombre de bourgeons, nombre de feuilles, nombre de fleurs, taille des feuilles, taille des pétales, taille et poids des stigmates) sur les plants des deux sites expérimentaux pendant 4 semaines.

Cette partie du travail, nous a permis de tracer un histogramme afin de mettre en valeur la variabilité des paramètres mesurés en fonction de l'altitude (Fig. 37).

Les résultats obtenus révèlent que le nombre de bourgeons, est croissant dans les deux sites à noter que lors de la deuxième semaine le nombre de bourgeons apparus est moins que celui de la première semaine pour les deux sites, puis il augmente lors des deux semaines qui l'ont succédé. Cependant, il est plus important à Maâtkas que L.N.I. Par contre, Lahmadi et *al.* (2013) ont noté que le nombre de bourgeons est important à T'kout (1051m) et faible à El Outaya (203m).



**Figure 37. Variations biométriques en fonction de l'altitude et du temps**

Au cours des deux semaines du 31 octobre au 15 novembre ; le nombre de feuilles est croissant et varie, y compris au sein de la même parcelle. Par contre, lors des deux semaines qui ont suivi ; du 16 novembre au 5 décembre, le nombre de feuilles est constant pour les deux sites.

Le nombre de fleurs pour l'essai de L.N.I, est croissant jusqu'à la troisième semaine pour qu'il redescende lors de la quatrième semaine à une fleur ce qui a marqué la fin de la floraison. Tandis qu'à Maâtkas, le nombre de fleur était beaucoup plus important lors de la première semaine puis redescend progressivement au cours des trois semaines qui suivent.

La taille des feuilles est croissante pour les plants des deux sites. Néanmoins, les feuilles des plants à Maâtkas sont plus longues que celles des plants à L.N.I (après 13 semaines du semis ; 45cm, 21cm respectivement). Les résultats de Lahmadi et *al.* (2013) ; révèlent qu'après 26 semaines du semis, la taille des feuilles à T'kout (1051m) est de 26,01cm, à El Outaya (203m) est de 26,69cm et à El Kantra (468m) est de 35cm. Quant aux pétales, elles sont plus longues et plus larges pour les fleurs des plants de Maâtkas que celles de L.N.I. Néanmoins, les stigmates sont plus longs pour les fleurs de L.N.I que ceux de Maâtkas.

Le poids des stigmates est relatif au nombre de fleurs. En effet, le poids des stigmates secs est important pour les stigmates retirés de l'ensemble des fleurs cueillies à Maâtkas

durant les quatre semaines. En comparant avec Lahmadi et *al.* (2013) ; El Kantra (468m) est plus productif en stigmates secs et faible à El Outaya (203m).

Mestar Guechaoui, (2019), l'effet des facteurs environnementaux exercent une forte influence sur le comportement d'un végétal. La combinaison de plusieurs facteurs externes comme le manque de précipitations, les fortes températures, une faible fertilité des sols, les infestations par les ravageurs et l'herbivorie exercent une pression sur le végétal. Celle-ci est exprimée, non seulement, par des changements morphologiques et anatomiques mais aussi par leur physiologie et productivité. Cette pression est plus prononcée chez les espèces herbacées que chez les espèces ligneuses.

De plus, les espèces végétales, notamment méditerranéennes et subméditerranéennes, réagissent aux variations altitudinales et saisonnières liées à leur exposition aux radiations des UV-B (Bernal et *al.*, 2013 in Mestar, 2019).

Des contraintes pédoclimatiques et culturelles (dans les agro-écosystèmes) agissant sur la disponibilité des minéraux particulièrement en azote, sont à l'origine d'une limitation de croissance du végétal. Ceci dit que le sol non exploité dans lequel l'essai à L.N.I a été effectué pourrait être pauvre en azote ce qui explique la croissance lente des feuilles sur ce site.

L'azote minéral est le principal facteur limitant de la production ce qui peut expliquer le faible rendement en fleur, en biomasse verte à L.N.I. L'assimilation de l'azote du sol puise environ 25 % de l'énergie issue de la photosynthèse et l'azote véhiculé par la solution du sol, exige des conditions d'humidité dans le sol or que le sol de L.N.I est sec. Ainsi, une contrainte hydrique agit sur la disponibilité de cet élément et sur la conductance stomatique, donc sur l'activité photosynthétique, productrice de glucides. Par conséquent, une contrainte hydrique s'accompagne d'une contrainte azotée d'intensité variable, occasionnant un déséquilibre dans la croissance affectant la physiologie de la plante et l'orientent vers le métabolisme secondaire (Goutouly, 2011 in Mestar, 2019).

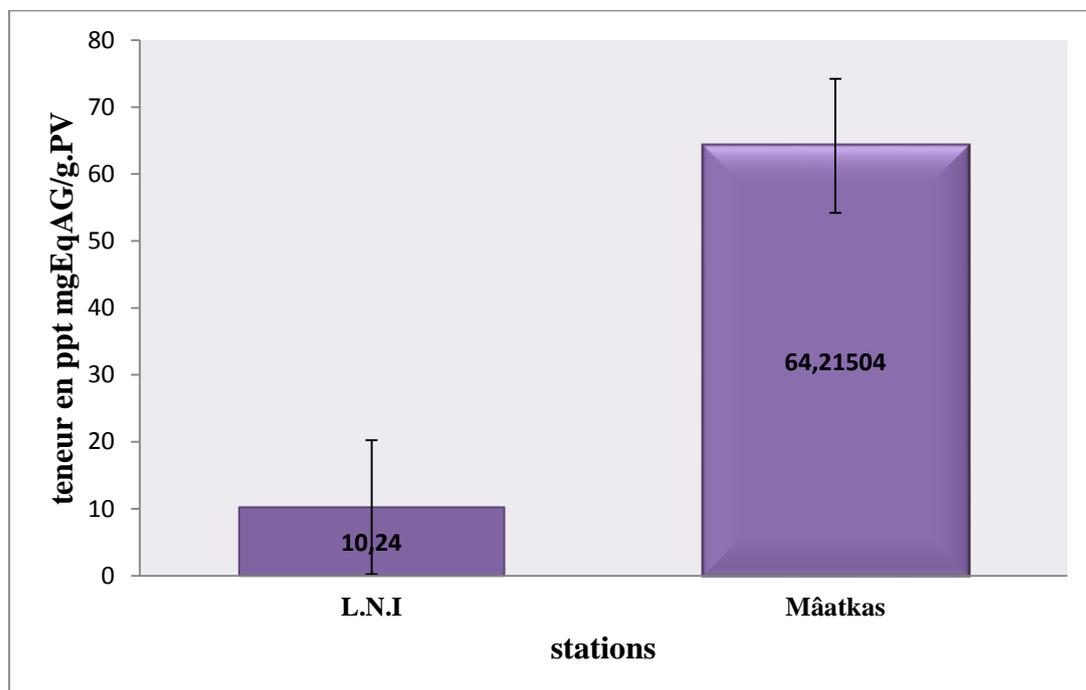
Toutefois, Ait Oubahou (2009), signale que les températures basses et l'humidité du sol favorisent le départ en floraison et l'inverse si le climat est sec et les températures élevées. Ceci explique la floraison précoce à Maâtkas caractérisée par un sol humide et des températures basses. Ainsi, la floraison tardive à L.N.I caractérisé par un sol sec et un climat chaud.

L'absence de floraison sur des plants au cours de la première année semble ordinaire chez le safran pour des besoins d'acclimatation. En effet, certains experts de la safranière,

signalent que la première année de la plantation dans de nouveaux endroits est considérée comme une année d'acclimatation où le plant ne fleurit pas (Lazerat, 2011).

#### 4. Caractérisation phytochimique

Afin de déterminer l'effet de l'altitude sur la variation de la synthèse des métabolites secondaires chez le safran ; un dosage des polyphénols totaux (PPT) d'une solution à base de stigmates broyés, par la méthode colorimétrique a été fait. La teneur en polyphénols est calculée en équivalence d'Acide gallique à l'aide de la courbe d'étannolage. La figure 38 représente la variation de la teneur en PPT dans les stations étudiées.



**Figure 38. Teneurs en polyphénols totaux dans les deux solutions aqueuses des stigmates du Safran de L.N.I et Maâtkas.**

Nous avons remarqué que la teneur en PPT est beaucoup plus importante dans la solution aqueuse des stigmates du Safran cultivé à Maâtkas que celle de la solution aqueuse des stigmates du Safran provenant de L.N.I. Les PPT sont de 64,21504 Eq AG/g.PV et 10,24 Eq AG/g.PV respectivement.

Les changements quantitatifs (composés préexistants) et qualitatifs (composés induits, synthèse de nouveaux) en composition phénolique confèrent aux différentes fonctions physiologiques des plantes une stratégie d'adaptation aux perturbations environnementales, mais ces changements dépendent également de facteurs génétiques. Comme, pourrait être dû à l'interaction du génotype-environnement (Derradji-Benmeziane, 2015 *in* Mestar, 2019).

Selon Ryan et al. (2002), plusieurs paramètres affectent la synthèse de ces composés ; la géographie, les saisons, le climat et le type de sol. D’ailleurs, Duarte et al. (2012) ont soulevé l’étroite relation qui apparait entre la variation des teneurs en polyphénols et le gradient d’hétérogénéité altitudinal (Mestar, 2019).

Arya et al. (2015), ont signalé un accroissement des (PPT) chez les végétaux, très exposés aux rayonnements solaires ce qui pourrait expliquer la variation importante en PPT entre les sites explorés.

En effet, Maâtkas est Caractérisée par une orientation sud - est. Ceci dit, elle bénéficie d’une durée d’ensoleillement plus longue. Par conséquent, elle est, potentiellement, plus exposée aux radiations UV. Contrairement à la station de L.N.I qui est exposée au nord-est.

**5. Traitement statistique des données**

**5.1. Analyse en composantes principales**

L’analyse en composantes principales (ACP) effectuée a permit de faire ressortir la corrélation entre tous les paramètres étudiés (Fig. 39 et Tab. 6) :

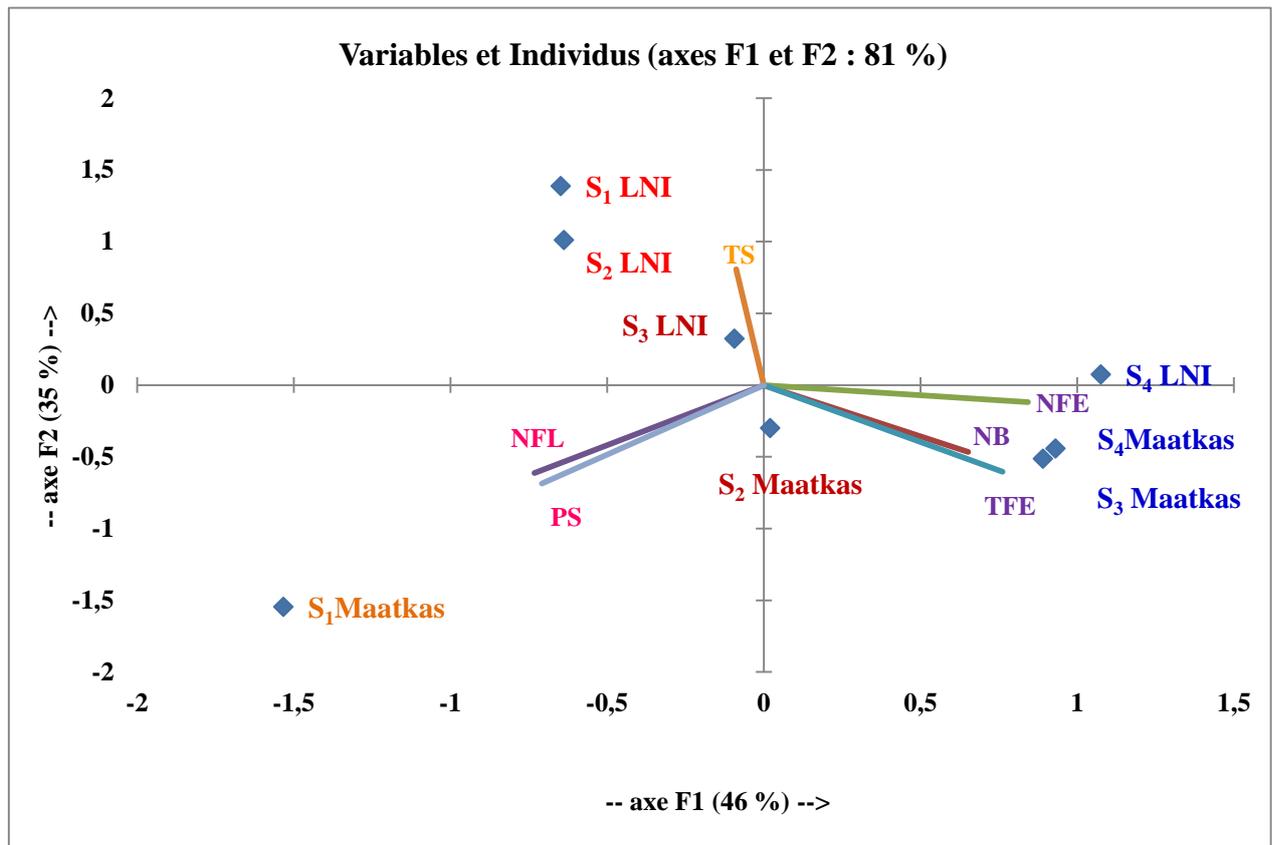


Figure 39. Projection des individus sur le plan factoriel (F1 X F2)

➤ **Le plan factoriel F1 X F2 de l'ACP, nous fournit 81% d'informations :**

\*Le groupe 1 : S<sub>1</sub> L.N.I et S<sub>2</sub> L.N.I ; est positionné sur la partie négative de l'axe F1 et sur la partie positive de l'axe F2.

\*Le groupe 2 : S<sub>1</sub> Maâtkas ; est positionné sur la partie négative de l'axe F1 et F2.

\*Le groupe 3 : S<sub>4</sub> L.N.I; est positionné sur l'axe F1 et concernant, S<sub>4</sub> Maâtkas, S<sub>3</sub> Maâtkas ; sont positionnés sur la partie négative de l'axe F1 et F2.

\*Le groupe 4 : S<sub>3</sub> L.N.I et S<sub>2</sub> Maâtkas ; S<sub>3</sub> L.N.I est positionné sur la partie positive de l'axe F1 et F2. S<sub>2</sub> Maâtkas est positionné sur la partie négative de l'axe F1 et F2.

\*Maâtkas est positionnée sur la partie négative de l'axe F1. Tandis que L.N.I est positionnée sur la partie positive de l'axe F1. Ceci explique que l'axe F1 nous renseigne sur l'effet de l'altitude sur les variables.

\* Les semaines sont représentées beaucoup plus par l'axe F2. Ceci dit que l'axe F2 nous renseigne sur l'effet du temps sur les variables.

\*Le nombre de fleurs et le poids des stigmates sont positionnés sur la partie négative de l'axe F1 et F2.

\*Taille des stigmates est positionnée sur la partie positive de l'axe F1 et F2.

\*Le nombre de bourgeons, taille des feuilles, et le nombre de feuilles sont positionnés dans la partie négative de l'axe F1 et F2.

➤ **Le plan factoriel F1 et F2 de l'analyse en composante principale (Fig. 39) nous a révélé les corrélations suivantes :**

\*S<sub>1</sub> L.N.I et S<sub>2</sub> L.N.I sont corrélés positivement avec la taille des stigmates et négativement avec le nombre de fleurs, le poids des stigmates, le nombre de feuilles, la taille des feuilles et le nombre de bourgeons.

\*S<sub>1</sub> Maâtkas est corrélé positivement avec le nombre de fleurs et le poids des stigmates et corrélé négativement avec la taille des stigmates, le nombre de feuilles, taille des feuilles et le nombre de bourgeons.

\*S<sub>4</sub> L.N.I, S<sub>4</sub> Maâtkas, S<sub>3</sub> Maâtkas : sont corrélés positivement avec le nombre de feuilles, taille des feuilles et le nombre de bourgeons et négativement avec la taille des stigmates, le nombre de fleurs et le poids des stigmates.

\*S<sub>3</sub> L.N.I corrélé positivement avec la taille des stigmates, le nombre des fleurs et le poids des stigmates et négativement avec le nombre de bourgeons, nombre de feuilles et taille des feuilles.

\*S<sub>2</sub> Maâtkas corrélé positivement avec le nombre de bourgeons, nombre de feuilles, taille des feuilles, nombre de fleurs et poids des stigmates et négativement avec la taille des stigmates.

**Tableau 7. Matrice de corrélation de Pearson**

	Nb	Nfe	Nfl	Tfe	Ts	Ps
Nb	1	0,48	-0,12	<b>0,76</b>	-0,16	-0,08
Nfe	0,48	1	-0,44	0,64	-0,15	-0,48
Nfl	-0,12	-0,44	1	-0,21	-0,29	<b>0,98</b>
Tfe	<b>0,76</b>	0,64	-0,21	1	-0,56	-0,13
Ts	-0,16	-0,15	-0,29	-0,56	1	-0,40
Ps	-0,08	-0,48	<b>0,98</b>	-0,13	-0,40	1
<i>En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,05 (test bilatéral)</i>						

De la matrice de corrélation (Tab.7), nous avons révélé que :

- Le nombre de fleurs et le poids sec des stigmates (forte corrélation positive ; R<sup>2</sup> = 0,98).
- Taille des feuilles et le nombre de bourgeons (bonne corrélation positive ; R<sup>2</sup> = 0,76).

L'ACP et la matrice de corrélation ont révélé que le nombre de bourgeons, le nombre de feuilles, la taille des feuilles, le nombre de fleurs, la taille et le poids des stigmates sont influencés d'une part, par le temps. Ceci, est expliqué par les stades physiologiques de cycle biologique du *Crocus sativus*. D'une autre part, ces variables ainsi les stades physiologiques sont influencés par l'altitude. En effet, lorsque l'altitude est haute ; le cas de L.N.I, le cycle végétatif est long, la floraison est tardive, le nombre de bourgeons et la taille des feuilles augmentent lentement. Ainsi, le nombre de fleur et le poids des stigmates secs sont faibles à noter que le nombre de fleurs augmente progressivement tout au long de la floraison. Tandis que en basses altitudes ; le cas de Maâtkas, le cycle végétatif est court, une augmentation importante du nombre de bourgeons et la taille des feuilles, une floraison avancée, un nombre

de fleurs important au moment du déclanchement de la floraison. Ainsi, le poids des stigmates secs est important.

**5.2.L'analyse de la variance (ANOVA)**

L'analyse de la variance (Tab. 7) nous a montré que la différence entre les deux moyennes est très hautement significative  $P = 0,00...$

Les deux stations appartiennent à 2 groupes distincts selon le tableau du test de Newman et Keuls (Tabl. 8).

**Tableau 8. Tableau d'analyse de la variance des teneurs en polyphénols**

<b>Tableau d'analyse de variance</b>					
	ddl	SC	CM	F	Proba
Station	1,00	166,64	166,64	63,18	0,00
Var. résiduelle	4,00	10,55	2,64		
Total	5,00	177,19			

**Tableau 9. Classement des groupes homogènes selon le test de Newman et Keuls.**

<b>Comparaison multiple</b>		
<i>Variance moyenne utilisée: 1,76</i>		
<i>Valeur seuil: 3,68</i>		
	Groupe	Moyenne
Niveau LR	A	2,00
Niveau MR		12,54

L'ANOVA, nous a révélé une différence hautement significative de la teneur en PPT entre les deux stations. Ceci pourrait être expliqué par la grande différence en altitude entre Maâtkas et L.N.I aussi à la forte interaction entre le génotype et l'environnement.

# Conclusion et perspectives

## ***Conclusion de notre étude et perspectives***

Les résultats relatifs à l'essai de la culture du safran dans la wilaya de Tizi Ouzou mettent en évidence l'importance de l'altitude qui détermine la précocité à la levée, à la floraison et l'avancement du cycle végétatif, la productivité en masse verte, en fleurs et en stigmates ainsi que la teneur en polyphénols totaux.

L'ACP, nous a révélé que lorsque l'altitude est haute ; le cas de L.N.I, le cycle végétatif est long, la floraison est tardive, le nombre de bourgeons et la taille des feuilles augmentent lentement. En conséquence, le nombre de fleur et le poids des stigmates secs sont faibles à noter que le nombre de fleurs augmente progressivement tout au long de la floraison. Tandis que en basses altitudes ; le cas de Maâtkas, le cycle végétatif est court, une augmentation importante du nombre de bourgeons et la taille des feuilles, une floraison avancée, un nombre de fleurs important au moment du déclenchement de la floraison. Ainsi, le poids des stigmates secs est important.

L'analyse phytochimique des extraits aqueux des stigmates suivie d'une ANOVA, ont démontré une différence hautement significative de la teneur en PPT entre les deux stations. Nous avons enregistré un taux très élevé en teneur en PPT dans l'extrait aqueux des stigmates prélevés sur le site de Maâtkas par rapport à celle enregistré dans l'extrait aqueux des stigmates prélevés sur le site de L.N.I.

Notre étude, nous a révélé aussi que d'autres facteurs edapho - climatiques influencent la production du Safran tel que l'humidité du sol qui favorise la levée de la dormance et la floraison ainsi que l'exposition qui influence la quantité et la qualité des polyphénols.

Comme perspective, il serait important de continuer ce travail, afin de déterminer l'effet de l'altitude sur la multiplication des bulbes et la composition biochimique des stigmates. En outre, l'étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne est souhaitable.

De plus, Le safran comme étant une culture qui s'inscrit dans le développement durable, il est important d'étudier son impact sur les indices de la qualité des sols dans plusieurs régions d'Algérie.

Enfin, serait important d'étudier la physiologie du *Crocus sativus* et établir des essais afin d'induire la variabilité dans les caractères économiquement important tel que la productivité et la qualité.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

1. Agbogidi, O. M. (2010). Ethno-botanical survey of the non-timber forest products in Sapele Local Government Area of Delta State, Nigeria. African Journal of Plant Science, 4(6), 183-189.  
~~Agbogidi O.M., (2010). Ethno-botanical survey of the non-timber forest products in Sapele Local Government Area of Delta State, Nigeria. African Journal of Plant Science, 4, 3, 183-189.~~

2. Ahmad, M., Zaffar, G., Habib, M., Arshid, A., Dar, N. A., et Dar, Z. A. (2014). Saffron (Crocus sativus L.) in the light of biotechnological approaches: A review. Scientific Research and Essays, 9(2), 13-18.

~~Ahmad, Mushtaq, Zaffar, Gul, Habib, Mehfuza, et al. Saffron (Crocus sativus L.) in the light of biotechnological approaches: A review. Scientific Research and Essays, 2014, vol. 9, no 2, p. 13-18.~~

3. Aimo, S., D'Agostino, G., Gamalero, E., Gianotti, V., Bottaro, M., Gennaro, M. C., Berta, G., ... et Gosetti, F. (2009, May). Use of arbuscular mycorrhizal fungi and beneficial soil bacteria to improve yield and quality of saffron (Crocus sativus L.). In III International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics 850 (pp. 159-164).

~~., F.Gosetti, G. D'Agostino, E. Gamalero, V. Gianotti, M. Bottaro, M. C. Gennaro et G. Berta (2010). Use of arbuscular mycorrhizal fungi and beneficial soil bacteria to improve yield and quality of saffron (Crocus sativus L.). Acta Horticulturae 850: 159-164.~~

2.4 Ait Oubahou, A. et Eloutman, M., (2002). Fiche technique la culture du safran. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA N°91; MADREF /DERD. 4p.

3.5 Ait Oubahou, A., (2009). Renforcement des capacités locales pour développer les produits de qualité de montagnes - Cas du safran. Projet FAO/TCP/MOR/3201.

4.6 Alam, A., (2007). Status and prospects of mechanization in saffron cultivation in Kashmir. Acta Horticulturae (739): 383-388.

~~Anonyme1, <https://www.google.com/url?sa=t&ret=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjvwaXQIJbuAhUXRxUIHUEYAG8QFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.dzentreprise.net%2Fflouisa-aknouche-safran-tariki-route-dun-safran-dune-qualite-exceptionnelle%2F&usq=AOvVaw2CY3lyfBhl7krP2JC6e6jo>. Doit être mis à part~~

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman)

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman)

**Mis en forme :** Interligne : 1,5 ligne

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman)

**Mis en forme :** Paragraphe de liste, Numéros + Niveau : 1 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0 cm + Retrait : 0,63 cm, Taquets de tabulation : Pas à 1 cm

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

**Mis en forme :** Taquets de tabulation : Pas à 1 cm

**Mis en forme :** Paragraphe de liste, Interligne : 1,5 ligne, Numéros + Niveau : 1 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0 cm + Retrait : 0,63 cm

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

**Mis en forme :** Retrait : Gauche : 0,63 cm, Sans numérotation ni puces

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

**Mis en forme :** Interligne : 1,5 ligne

**Mis en forme :** Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

## Références bibliographiques

5-7. Amezouar F., Badri W., Hsaine M., Bourhim N. & Fougach H. (2013). Évaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire de Erica arborea L. du Maroc. Pathologie Biologie, 61(6): 254-258.

8. Arslan N., B. Gurbuz, A.Ipek, S.Ozcan et E.Sanhar (2007). The effect of corm size and different harvesting times on saffron (Crocus sativusL.) regeneration. Acta Horticulturae(739): 113-117.

9. Arvy M., Gallouin F. Epices, aromates et condiments. Belin Ed. 2003, pp.216-219. Claire Palomares (2015). Le safran, précieuse épice ou précieux médicament.

7. Arya J.S., Singh N., Rinchen T., Maurya S.B. & Korekar G. (2015). Genotypes, geographical regions and solvents dependent antioxidant activity of Rumex patientia L. incold desert of trans-Himalaya Ladakh, India. Australian Journal of Crops Science, 9(2): 98-104.

9-11. Aytekin A. et Acikgoz A. O. (2008). Hormone and Microorganism Treatments in the Cultivation of Saffron (Crocus Sativus L.). DOI: 10.3390/molecules13051135.

12. Basker, D., et Negbi, M. (1983). Uses of saffron. Economic Botany, 37(2), 228-236.

13. Belem B., Olsen S.C., Bellefontaine R., Guinko S., Lykke A.M., Diallo A. et Boussim J.I. (2008). Identification des arbres hors forêt préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso). Bois et forêt des tropiques, 298, 4, 53-63.

14. Benmostefa I., & Guellil Z. Dosage des polyphénols de la fleur de crocus sativus L (Doctoral dissertation).

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Interligne : 1,5 ligne

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Gauche, Retrait : Gauche : 1,27 cm, Espace Après : 10 pt, Sans numérotation ni puces, Espacement automatique entre les caractères asiatiques et latins, Espacement automatique entre les caractères asiatiques et les chiffres

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : 12 pt, Couleur de police : Noir, Non Surlignage

Mis en forme : Police : 12 pt, Couleur de police : Noir, Non Surlignage

Mis en forme : Police : 12 pt, Couleur de police : Noir, Non Surlignage

Mis en forme : Police : 12 pt, Couleur de police : Noir, Non Surlignage

Mis en forme : Police : 12 pt, Couleur de police : Noir, Non Surlignage

Mis en forme : Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

## Références bibliographiques

~~13-15.~~ Bernal, M., Llorens, L., Julkunen-Tiitto, R., Badosa, J. & Verdager, D. (2013). Altitudinal and seasonal changes of phenolic compounds in *Buxus sempervirens* leaves and cuticles. *Plant physiology and biochemistry*, 70(1): 471-482.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Non Italique

16. Bhagyalakshmi, N. (1999). Factors influencing direct shoot regeneration from ovary explants of saffron. *Plant cell, tissue and organ culture*, 58(3), 205.

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

~~14.~~

Mis en forme : Police : Couleur de police : Noir

17. Brighton, C.A. (1977). Cytology of *Crocus sativus* and its allies (Iridaceae). *Plant Syst.* 128 : 137-157.

~~15.~~

18. Birouk, A., Aboudrare, A., Ait-oubahou, A., Kenny, L., & El Bennoury, H. (2011). Guide des Bonnes Pratiques de Production du Safran dans la Région de Taliouine-Tazenakht. Office Régionale de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate, rapport de la FAO.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : Non Italique

~~16.~~

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

~~17-19.~~ Britel, Z., A. Mouradi et T. Givernaud. *Afrique Science*, 13 (5) (2017) 262 – 274.

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : Non Italique

~~18-20.~~ Broertjes, C., & Van Harten, A. M. (2013). *Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops*. Elsevier.

Mis en forme : Non Surlignage

21. Caiola, M. G., Di Somma, D., & Lauretto, P. (2000). Comparative study of pollen and pistil in *Crocus sativus* L. (Iridaceae) and allied species. *Annali di Botanica*, 58.

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

~~19.~~

~~20-22.~~ Caiola, M. G., & Canini, A. (2010). Looking for saffron's (*Crocus sativus* L.) parents. *Saffron* (AM Husaini, ed.). *Functional Plant Science and Biotechnology*, 4, 1-14.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Non Surlignage

~~21-23.~~ Castillo, R., Fernández, J. A., & Gómez-Gómez, L. (2005). Implications of carotenoid biosynthetic genes in apocarotenoid formation during the stigma development of *Crocus sativus* and its closer relatives. *Plant Physiology*, 139(2), 674-689.

Mis en forme : Police : Non Italique

~~22-24.~~ Chichirico, G. and Grilli-Caiola, M. G. (1982). Germination and viability of the pollen of *Crocus sativus* L. *Giorn. Bot. Ital.* 116 : 167-173.

## Références bibliographiques

25. Chichiricco, G. (1984). Karyotype and meiotic behaviour of the triploid *Crocus sativus* Caryologia 37 : 233-239.

23.

24-26. Chichiricco, G. (1989b). Microsporogenesis and pollen development in *Crocus sativus* L. Caryologia 42 : 249- 257.

25-27. Claire Palomares. (2015). Le safran, ~~precieuse~~précieuse ~~epice~~épice ou ~~precieux~~précieux ~~medicament~~médicament.

26-28. Cronquist de 1981, An Integrated System of Classification of Flowering Plants (1981).

27.

29. Derradji Benmeziane. (2015). Effet de la nature du sol sur la teneur en antioxydants de quelques variétés de raisin de la région d'El Taref. Thèse de doctorat en Sciences, spécialité biologie végétale. Université Badji Mokhtar Annaba. 124p.

27.

28-30. Duarte, A. R., Santos, S C., Seraphin, J.C. & et Ferri P.H. (2012). Influence of spatial, edaphic and genetic factors on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* fruits. Journal of the Brazilian Chemical Society, 23 (4): 737-746.

31. Dubois, A. (2010). Analyse de la filière safran au Maroc: quelles perspectives pour la mise en place d'une Indication Géographique ?. Ciheam-iam Montpellier.

29. Dupont, G. Abrégé de botanique systématique moléculaire. 14e édition. Masson Ed. 2007,p. 108 in Claire Palomares, (2015). ~~le safran, precieuse epice ou precieux medicament. Tu cites juste Claire Palomares,~~

—Dupont, J. Dimensions culturelles et culturelles du safran en France. Empan. 41:34-38. 2001.

34. El aymani, I., Chliyah, M., Selmaoui, K., Mouden, N., El Gabardi, S., Touhami, A. O., ... & et Douira, A. (2019). Effect of a composite endomycorrhizal inoculum on the growth of saffron plants (*crocus sativus* l.) and the multiplication of corms. plant cell biotechnology and molecular biology, 1122-1136.

30.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Interligne : 1,5 ligne

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Retrait : Gauche : 0,63 cm, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt, Non Surlignage

Mis en forme : Justifié, Retrait : Gauche : 0,63 cm, Interligne : 1,5 ligne, Ne pas ajuster l'espace entre le texte latin et asiatique, Ne pas ajuster l'espace entre le texte et les nombres asiatiques

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Non Surlignage

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

## Références bibliographiques

~~35.~~ Fernández, J. A., Santana, O., Guardiola, J. L., Molina, R. V., Heslop-Harrison, P., Borbely, G., ... ~~&-et~~ De-Los-Mozos-Pascual, M. (2011). The world saffron and Crocus collection: strategies for establishment, management, characterisation and utilisation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(1), 125-137.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

~~34.~~

Mis en forme : Police : Non Italique

~~36.~~ Ferrence, S. C., ~~&-et~~ Bendersky, G. (2004). Therapy with saffron and the goddess at Thera. *Perspectives in Biology and Medicine*, 47(2), 199-226.

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

~~32.~~

Mis en forme : Police : Non Italique

~~37.~~ Galavi, M., M. Soloki, S. Mousavi et M. Ziyaie. (2008). Effect of planting depth and soil summer temperature control on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

~~33.~~

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

~~38.~~ Gismondi, A., Fanali, F., Labarga, J. M. M., Caiola, M. G., ~~&-et~~ Canini, A. (2013). *Crocus sativus* L. genomics and different DNA barcode applications. *Plant Systematics and Evolution*, 299(10), 1859-1863.

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

~~34.~~

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

~~35-39.~~ Grilli Caiola, M., Castagonola, M. and Chichiricco, G. (1985). Ultrastructural study of Saffron (*Crocus sativus* L.) pollen. *Giorn. Bot. Ital.* 119: 61-66.

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

~~36-40.~~ Grilli -Caiola, M. (1995). A study on pollen of *Crocus cartwrightianus* (Iridaceae). *Plant Syst. Evol.* 198 : 155-166.

Mis en forme : Interligne : 1,5 ligne

~~37.~~ Grilli Caiola, M., Di Somma, D. ~~and-et~~ Lauretti, P. (2001). Comparative study on pollen and pistil of *Crocus sativus* L. (Iridaceae) and its allies species. *Ann. Bot. (Roma)* 1 : 93- 103.

~~42.~~ Gutheil, W. G., Reed, G., Ray, A., Anant, S ~~and-et~~ Dhar, A. Crocetin: an agent derived from saffron for prevention and therapy for cancer. *Curr Pharm Biotechnol.* 13(1):173-9. 2012.

Mis en forme : Paragraphe de liste, Gauche, Sans numérotation ni puces

~~43.~~ Benmostefa, I., ~~&-et~~ Guelli, Z. Dosage des polyphénols de la fleur de *Crocus sativus* L (Doctoral dissertation).

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

~~39.~~

Mis en forme : Sans numérotation ni puces

## Références bibliographiques

40-44. Kashtwari, M., Wani, A. A., Dhar, M. K., Jan, S., & Kamili, A. N. (2018). Development of an efficient in vitro mutagenesis protocol for genetic improvement of saffron (*Crocus sativus* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(5), 951-962.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

41-45. Khan, M. A., Naseer, S., Nagoo, S., & Nehvi, F. A. (2011). Behaviour of saffron (*Crocus sativus* L.) corms for daughter corm production. *Journal of Phytology*.

Mis en forme : Police : Non Italique

42-46. Kianmehr, H. (1981). Vesicular—arbuscular mycorrhizal spore population and infectivity of saffron (*Crocus sativus*) in Iran. *New Phytologist*, 88(1), 79-82.

Mis en forme : Police : Non Italique

47. Kothe hans, W. (2007). 100 plantes aromatiques et médicinales. Terres Editions. France

p.

43. 48. Lahmadi, S., Guesmia, H., Zeguerrou, R., Maaoui, M., & Belhamra, M. (2013). la culture du safran (*Crocus sativus* L.) en regions arides et semi arides cas du sud est algerien.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

49. Lahmass, I., Sabouni, A., Elyoubi, M., Benabbes, R., Mokhtari, S., et Saalaoui, E. (2017). Anti-diabetic effect of aqueous extract *Crocus sativus* L. in tartrazine induced diabetic male rats. *Physiology and Pharmacology*, 21(4), 312-321.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

44.

45-50. Lazérat, V. Secrets de safranère. Lucien Souny Ed. Saint-Paul. 2009, 125 p.

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

46-51. Lazerat, V. (2011). Le safran de la font saint- plaise en limousin. <http://livre.fnac.com/a2701500/Veronique-Lazerat-Secrets-de-safranere>.

Mis en forme : Retrait : Gauche : -0,13 cm

47-52. López Rodríguez, F.N. (1989). Estudio histológico de *Crocus sativus* L. Tesina de Licenciatura, Universidad Pública de Pamplona, Pamplona, España.

Mis en forme : Interligne : 1,5 ligne

48-53. Mestar, Guechaoui. (2019). Effet des facteurs de l'environnement sur les activités antioxydante et bioinsecticide d'un extrait végétal aqueux de l'espèce *Olea europaea* subsp *sylvestris* dans la région de Tizi Ouzou.

## Références bibliographiques

~~49-54.~~ Pfahler, P. L. (1967). In vitro germination and pollen tube growth of maize (zea mays l.) pollen. ~~in~~ calcium and boron effects. ~~canadian journal of botany~~, 45(6), 839-845.

~~50-55.~~ Rödel, W., & ~~et~~ Petrzika, M. (1991). Analysis of the volatile components of saffron. ~~Journal of Separation Science~~, 14(11), 771-774 ~~in~~ Benmostefa, I., & ~~et~~ Guellil, Z. ~~Dosage des polyphénols de la fleur de crocus sativus L (Doctoral dissertation).~~

~~54-56.~~ Ryan, D., Antolovich, M., Prenzler, P., Robards, K. & ~~et~~ Lavee, S. (2002). Biotransformations of phenolic compounds in Olea europaea L. Scientia Horticulturae, 92(2): 147-176.

~~57.~~ Schenk, R. U., & ~~et~~ Hildebrandt, A. C. (1972). Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. ~~Canadian Journal of Botany~~, 50(1), 199-204.

~~52.~~

~~58.~~ Secu, C. V., Patriche, C., & ~~et~~ Vasiliniuc, I. (2008). Aspects regarding the correlation of the Romanian Soil Taxonomy System (2003) with WRB (2006). ~~Грунтознавство~~, (9, № 3-4), 56-62.

~~53-59.~~ Serghini, M. A., Lagram, K., Ben El Caid, M., Lachheb, M., Atyane, L. H., Salaka, L., et Karra, Y. (2016, November). Saffron (Crocus sativus): current state of scientific research. In V International Symposium on Saffron Biology and Technology: Advances in Biology, Technologies, Uses and Market 1184 (pp. 79-86).

~~60.~~ Siracusa, L., Gresta, F., Avola, G., Albertini, E., Raggi, L., Marconi, G., ... & ~~et~~ Ruberto, G. (2013). Agronomic, chemical and genetic variability of saffron (Crocus sativus L.) of different origin by LC-UV-vis-DAD and AFLP analyses. ~~Genetic Resources and Crop Evolution~~, 60(2), 711-721.

~~54.~~

~~55-61.~~ Teusher, E., Anton, R., Lobstein, A. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Lavoisier Ed., Illkirch. 2005, pp.429-435 in Claire Palomares (2015). ~~LE SAFRAN, PRECIEUSE EPICEOU PRECIEUX MEDICAMENT.~~

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Non Italique, Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Interligne : 1,5 ligne

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Police : (Par défaut) + Titres CS (Times New Roman), 12 pt

Mis en forme : Gauche, Retrait : Gauche : 1,27 cm, Espace Après : 10 pt, Sans numérotation ni puces, Espacement automatique entre les caractères asiatiques et latins, Espacement automatique entre les caractères asiatiques et les chiffres

Mis en forme : Police : Non Italique

Mis en forme : Normal, Sans numérotation ni puces

## *Références bibliographiques*

**Mis en forme :** Police :(Par défaut) +Titres CS (Times New Roman), 18 pt, Non Gras, Italique

## ***Anonymes***

**Anonyme1.**<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjd6Zj7lZbuAhUWUxUIHa4RAzQQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.aps.dz%2Fregions%2F108948-khenchela-culture-du-safran-succes-des-experiences-et-problemes-decommercialisation&usg=AOvVaw0sDI0MKK3FNEdnyfz2asbB>.

**Anonyme2.**[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FCrocine&psig=AOvVaw2Ov23uGZumq8d\\_OeDAEV9W&ust=1610536136905000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLCO7\\_Wglu4CFQAAAAAdAAAAABAX](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FCrocine&psig=AOvVaw2Ov23uGZumq8d_OeDAEV9W&ust=1610536136905000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLCO7_Wglu4CFQAAAAAdAAAAABAX)

**Anonyme3.**<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Far.bjherbest.com%2Fanalyticalstandard%2Fterpenoids%2Fpicrocrocine.html&psig=AOvVaw0kvgbfmLLOrNnOW7E NVQc&ust=1610536339538000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCJigmdah lu4CFQAAAAAdAAAAABAI>.

**Anonyme4.**[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FSafranal&psig=AOvVaw2YCg6cOMO4azgwOSR0mp\\_0&ust=1610536573879000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLDfhhbailu4CFQAAAAAdAAAAABAD](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffr.wikipedia.org%2Fwiki%2FSafranal&psig=AOvVaw2YCg6cOMO4azgwOSR0mp_0&ust=1610536573879000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLDfhhbailu4CFQAAAAAdAAAAABAD).

**Anonyme5.**[https://www.google.com/search?client=firefox-d&bih=626&biw=1366&hl=fr&ssrf=ALeKk02Oju4eCScwGy3imjaZVdR\\_Dpn7Sg%3A1610459345174&ei=0aj9X6mUCqbTlfAPpcqCgAk&q=climat+de+tizi+ouzou&oq=climat+de+tizi+&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWIQARgAMgYIABAWEB46BAgAEec6BggjECcQEzoECCMQJzoNCC4QxwEQQxCLAxCoAzoKCC4QsQMgQgwEQQzoECC4QQzoECAAQQzoFCAAQsQM6AggAOggIABCxAxCDAToICC4QxwEQrwe6AgguOgUILhCTAIDuxAtYrNwLYKDwC2gAcAJ4AIABrAKIAeQXkgEHMC45LjUuMZgBAKABAaoBB2d3cy13aXrIAQi4AQLAAQE&sclient=psy-ab#](https://www.google.com/search?client=firefox-d&bih=626&biw=1366&hl=fr&ssrf=ALeKk02Oju4eCScwGy3imjaZVdR_Dpn7Sg%3A1610459345174&ei=0aj9X6mUCqbTlfAPpcqCgAk&q=climat+de+tizi+ouzou&oq=climat+de+tizi+&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQARgAMgYIABAWEB46BAgAEec6BggjECcQEzoECCMQJzoNCC4QxwEQQxCLAxCoAzoKCC4QsQMgQgwEQQzoECC4QQzoECAAQQzoFCAAQsQM6AggAOggIABCxAxCDAToICC4QxwEQrwe6AgguOgUILhCTAIDuxAtYrNwLYKDwC2gAcAJ4AIABrAKIAeQXkgEHMC45LjUuMZgBAKABAaoBB2d3cy13aXrIAQi4AQLAAQE&sclient=psy-ab#).

# Annexe

.....  
*Fiche ethnobotanique sur l'utilisation du Safran  
dans la wilaya de Tizi Ouzou*  
.....

**I. Situation socioprofessionnelle**

1. **Le sexe :**

*Féminin*       *Masculin*

2. **l'âge :**

<20 ans  
 20-30 ans  
 31-40 ans  
 41-50 ans  
 51-60 ans  
 >61ans

3. **Niveau d'instruction :**

*Primaire*  
 *Moyen*  
 *Secondaire*  
 *Supérieur*  
 *Autre*

4. **Profession :** .....

5. **Commune :** .....

**II. Les habitudes**

1. **Consommez-vous du safran?** Oui  Non

2. **Si oui, à quelle fréquence?**

*Par semaine*  
 *Par mois*

*Par année*

3. *Où l'achetez-vous ?*

*Grandes et moyennes surfaces*

*Marché*

*Chez le producteur*

*Autre*

4. *A quel prix ?*.....

5. *Sous quelle forme vous avez acheté ce produit ?*

*Brute*

*Poudre*

*En vrac*

*En détail*

*Autre*

6. *Sur quels critères achetez- vous votre produit ?*

*Selon la qualité*

*Selon la quantité*

*Selon la marque*

*Selon le prix*

*Selon le packaging*

*Autre*

7. *Citez la marque de votre produit si elle existe ?*

.....

8. *Comment l'utilisez-vous ?*

*Cuisine*

*Cosmétique*

*Phytothérapie*

*Teintures*

*Autres*

9. *A quel prix souhaitez-vous l'acheter ?* .....



## ***Agezul***

Deg usatal n tneflit tunzigt, ad nesdukel leyella d imezgi n imagrawen n tfellaht tawendant, tusna i d- yejem3en tafellaht - tesnudert tatiknulujit, tessawed ad terr azal i tyebula tigamanin, d ayen ara yessiwden yer laman n tegulla, asehbiber yaf tezmert n yimedanen, akken dayen ashbiber yaf twenna. A3rad n tuzut n ze3fran deg Tizi Uzu, illa-d deg tmuyli agi. Akken ad neg aya, ane3rud n tuzut agui, yettewaxdem deg snat n temnadin : Larb3a Nat Iraten akud Me3tqa. Imediqen agi nefren-i –ten-id imi mgaraden deg le3li. Aceku, igmad n tezrawt agi vegnen-d d akken la3li is3a tazirt yef amak i d-ttemyi, ittenrnay, yaf leyella dayen d wayen i d-tettak.

**Awalen igejdanen :** *Crocus sativus* L (ze3fran), tafellaht - tesnudert tatiknulujit. Tasnudert tatiknulujit, tusna n wakal

## ***Résumé***

Dans le contexte du développement durable, alliant la productivité et la durabilité des agrosystèmes, l'agrobiotechnologie permet de valoriser les ressources naturelles, de contribuer à assurer la sécurité alimentaire, de prémunir la santé de la population et de préserver l'environnement. L'essai de la culture du safran dans la wilaya de Tizi Ouzou s'inscrit dans cette vision. Pour ce faire, l'essai est installé dans deux stations à savoir, L.N.I et Maâtkas. Celles-ci, ont été choisies sur la base des différences altitudinales. En effet, les résultats de cette étude, montrent que la variabilité morphologique et physiologique est très fortement liée au facteur altitude. Cette dernière, détermine la précocité à la levée et à la floraison, influe sur la croissance foliaire et la production en fleurs ainsi sur la quantité et la qualité des métabolites secondaires.

**Mots clés :** *Crocus sativus* L., biotechnologie, agrosystème, édaphologie.

## **Abstract**

In the context of sustainable development, combining the productivity and sustainability of agrosystems, agrobiotechnology makes it possible to develop natural resources, contribute to ensuring food security, protect the health of the population and preserve the environment. The trial of saffron cultivation in the wilaya of Tizi Ouzou is part of this vision. To do this, the test is installed in two stations, namely, L.N.I and Maâtkas. These were chosen on the basis of the altitudinal differences. Indeed, the results of this study show that morphological and physiological variability is very strongly linked to the altitude factor. The latter determines the precocity of emergence and flowering, influences leaf growth and flower production as well as the quantity and quality of secondary metabolites.

**Key words :** *Crocus sativus* L, biotechnology, agrosystems, edaphology.

ملخص:

في سياق التنمية المستدامة، بربط الإنتاج وإستمرارية الأنظمة الزراعية الإيكولوجية، التكنولوجيا الحيوية الزراعية جعلت ذلك ممكنا من أجل إعلاء قيمة الموارد الطبيعية للمساهمة في تحقيق الأمن الغذائي، حماية صحة السكان و حماية البيئة. تجربة زراعة الزعفران بولاية تيزي وزو ضمن هذه الرؤية. من أجل تحقيق ذلك، إختارنا منطقتين أينما قمنا بتجربة زراعة الزعفران: الأربعة ناث إرثن و معاتقة و ذلك أخذا بالإعتبار الإرتفاع. نتائج هذه الدراسة أظهرت أنه التنوع المرفلوجي و الفيزيولوجي مرتبط بالإرتفاع. هذه الأخيرة، تحدد الإنتاش و الإزهار المبكر، تؤثر على تطور نمو الأوراق، كمية الأزهار وكذا كمية و نوعية منتجات الأيضية الثانوية.

**الكلمات المفتاحية :** *Crocus sativus* (الزعفران)، التكنولوجيا الحيوية الزراعية، الأنظمة الزراعية الإيكولوجية، علم التربة.