

A1 **TECHNIQUES RÉGIONALES DE
CULTURE ET RECOLTE DU SAFRAN
EN ESPAGNE, GRÈCE ET ITALIE**



Récolte des fleurs (photo UCLM)

A1 TECHNIQUES RÉGIONALES DE CULTURE ET RECOLTE DU SAFRAN EN ESPAGNE, GRÈCE ET ITALIE

Ce premier annexe présente les méthodes de culture et de récolte du safran dans les trois régions méditerranéennes étudiées (Castille-La Manche (Espagne), Macédoine Occidentale (Grèce) et Sardaigne (Italie)).

A1.1 ÉCOLOGIE DE LA CULTURE DU SAFRAN

A1.1.1 CONDITIONS CLIMATIQUES

Le *Crocus sativus* L. s'adapte aussi bien au climat continental tempéré qu'au climat méditerranéen continental, avec des hivers frais et des étés secs et chauds ayant un régime d'humidité typique du climat méditerranéen sec. La culture supporte bien des températures très rigoureuses, pouvant atteindre jusqu'à 40 °C en été et -15 °C en hiver. Toutes les trois régions étudiées ont un climat méditerranéen, avec pourtant des différences quant aux températures et aux précipitations. En Castille-La Manche, il y a un climat méditerranéen continental, avec des étés très chauds et des hivers caractérisés par des gelées fréquentes et de faibles précipitations (entre 250 et 400 mm). En Sardaigne, le climat méditerranéen est plus doux et les précipitations se concentrent pendant la période automne- hiver ; les hi-



Culture de safran dans un champ (photo Corongiu)

vers sont doux, alors que les étés sont secs et chauds et les précipitations atteignent des valeurs de 560 mm environ. Le climat méditerranéen de la Macédoine Occidentale ressemble plus à celui de Castille-La Manche, même si les précipitations sont plus abondantes (700 mm).

A1.1.2 Conditions édaphiques

Les sols les plus propices à la culture du safran sont ceux ayant une texture franco- argileuse avec un taux de calcaire de 40-50 %, même si, en général, cette plante pousse aussi bien dans des sols ayant des caractéristiques peu favorables. On conseille de garder une profondeur de sol entre 60 et 70 cm, avec un bon drainage et une structure peu développée (en grumeaux ou sub-angulaire) ayant une texture moyenne pour rendre facile la pénétration des racines dans le sol et empêcher l'inondation du champ. Les sols les plus fertiles facilitent la croissance végétative au détriment de la floraison. Les zones de la Castille-La Manche où le safran est cultivé se caractérisent par des sols légèrement calcaires, profonds et friables ayant une structure développée à texture moyenne. En Sardaigne, par contre, les sols cultivés avec le safran sont caractéristiques, parce qu'il s'agit, en grande partie, de terrains alluviaux profonds à texture uniforme sablo-argileuse, perméables, sans squelette, fertiles, drainant et situés dans des zones à l'abri des intempéries, autour des villages. Au cours de ces dernières années, la culture a été étendue à des terrains moins fertiles, toujours d'origine alluviale, à texture uniforme sableuse, avec présence de squelette et une capacité de rétention moins importante par rapport aux premiers. Par ailleurs, en Macédoine Occidentale on cultive des sols légers, sablonneux, légèrement calcaires et alcalins, secs, et qui présentent une légère inclination du terrain.

A1.2 AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE

Le safran est une plante triploïde stérile dont la seule méthode permettant l'amélioration génétique conventionnelle est la sélection clonale.

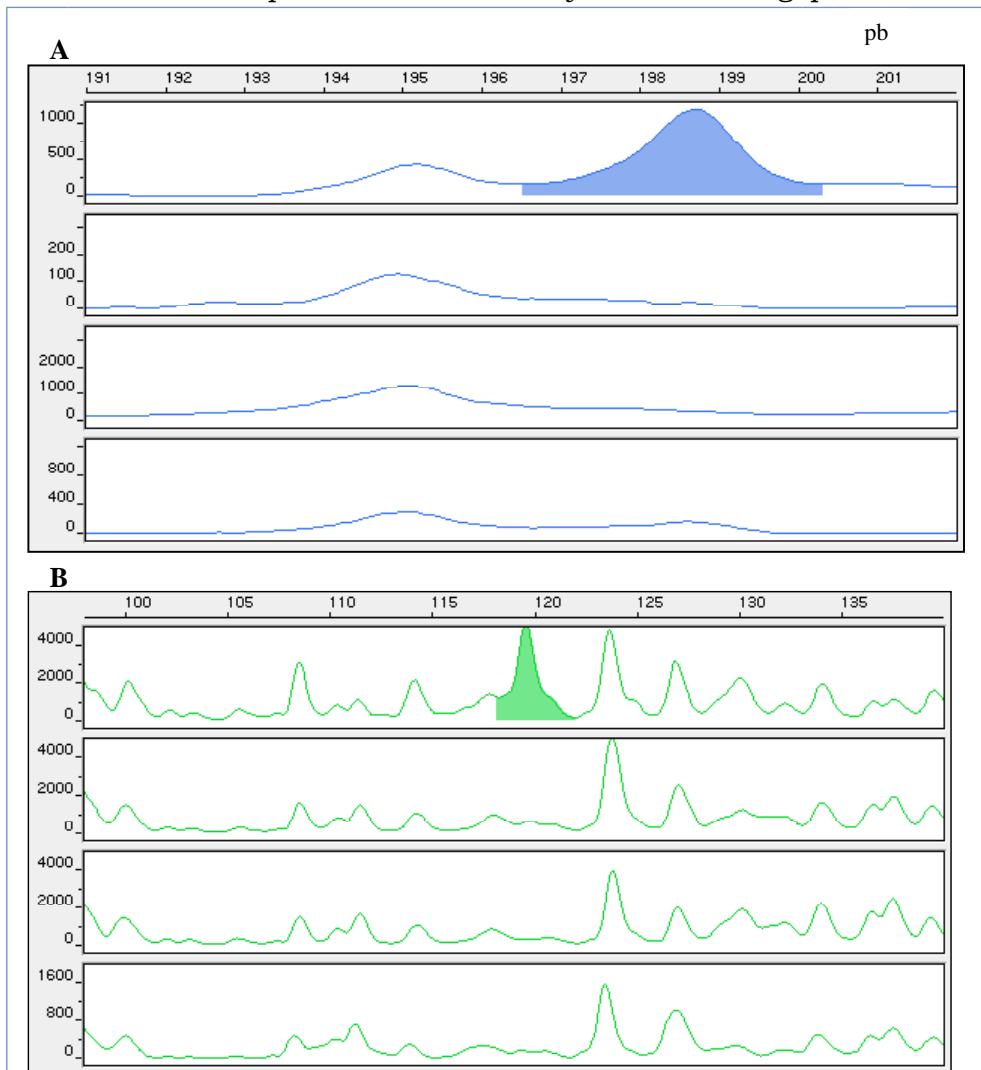
Ni la Sardaigne, ni la Macédoine Occidentale ont conduit des travaux de recherche scientifique sur l'amélioration génétique du safran.

En Castille-La Manche, depuis 1995 une équipe de chercheurs de l'Institut Technique Agronomique Provincial (ITAP) et l'Université de Castille-La Manche (UCLM) d'Albacete développent un programme d'amélioration du safran par sélection clonale qui présente des résultats très encourageants. Le matériel utilisé par ce programme (dont l'objectif est de chercher la variabilité maximum) est composé par les bulbes provenant des endroits les plus importants et traditionnels pour la culture du safran en Espagne.

De nombreux paramètres morphologiques ont été observés et le rendement a été mesuré. À travers l'analyse des composants principaux et de clus-

ter, les bulbes ayant les meilleures caractéristiques ont été sélectionnés.

Dans le cadre de ces travaux, on a étudié la typification du safran de la Manche au moyen des marqueurs moléculaires (AFLPs : Amplification Fragment Length Polymorphism). On a analysé des patrons d'AFLPs dans quatre localités cultivées avec safran d'origine différente : La Manche, Iran et Grèce. Les 4325 pics d'amplification (caractères moléculaires) ont mis en relief une grande similitude entre les quatre localités. Compte tenu de la propagation végétative du safran, la grande ressemblance entre les données collectées pour les localités analysées semble logique.



Graphique 4. Amplification de deux fragments différentiels de (A) 199 et (B) 120 paires de bases qui ne sont présentes que dans le safran produit dans la région de La Manche (Z1: Azafran de la Mancha, Z2: Iran 1, Z3: Iran 2 et Z4: Grèce)

A1.3 CULTURE TRADITIONNELLE DU SAFRAN

A1.3.1 LES CYCLES. LA ROTATION DE CULTURES

Dans le cycle du safran, on différencie deux étapes tout au long de l'année: une phase d'activité et une de dormance. La phase d'activité dure depuis août ou septembre jusqu'à avril ou mai et pendant cette période la plante recommence son activité métabolique et l'enracinement, l'éclosion, la floraison et la foliation ont lieu (López, 1989). Pendant la phase de dormance, les bulbes ne subissent pas de variations en termes de masse ou de poids, puisqu'ils ont déjà atteint la maturation. Entre ces deux étapes il y a une période de transition, pendant laquelle la mitose et la différenciation se produisent, bien qu'à un rythme moins important (Mylyaeva y Azizbekova, 1978; Azizbekova et al., 1978).

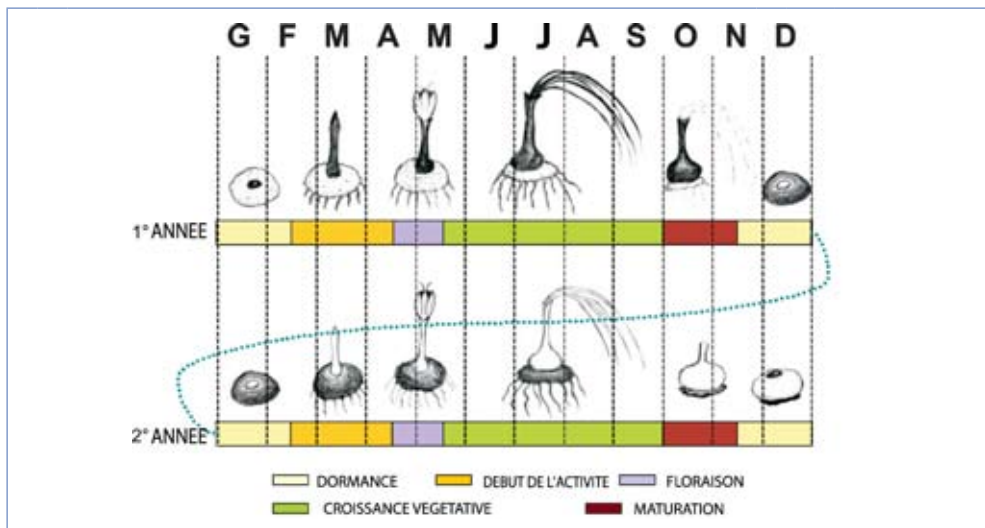


Figure 2. Cycle annuel du *Crocus sativus* L. (López, 1989).

En Castille-La Manche la période de production du safran a une durée de trois à quatre ans. Normalement, on utilise des sols dans lesquels il n'y a pas eu – pendant les 3 dernières années, la culture de luzerne, pommes de terre, carottes, trèfles ou d'autres ayant des pathologies communes au *Crocus sativus* L.

En Macédoine Occidentale, en revanche, la vie de la culture a une durée de 5 - 7 ans. Une fois que les bulbes sont extirpés, ils sont séparés, nettoyés et ensuite replantés dans un autre champ, ce qui permet au terrain en jachère d'acquérir à nouveau tous les éléments nutritifs perdus pendant la culture du *Crocus*.

En Sardaigne la période productive dure quatre ans. Il y a un espace entre cinq et dix ans entre deux cycles de culture du safran. La mise

en place du safran est traditionnellement précédée par la culture d'une légumineuse, comme les fèves, les pois chiches et les lentilles.

A1.3.2 PRÉPARATION DU SOL AVANT LA PLANTATION

A1.3.2.1 1 LABOURAGE

En Castille-La Manche, l'opération principale consiste à labourer le sol à une profondeur de 35 à 40 cm à l'aide de versoirs à disques. Toutefois, cette opération diffère en fonction de la région, de la climatologie et de la nature du sol. En général, il est conseillé d'effectuer le labourage en mars ou avril, pour profiter des pluies du printemps. Toutefois, il arrive que le labourage est fait en mai ou juin, pendant la période qui précède la plantation des bulbes (De Juan et Lozano, 1991; Pérez, 1995). Après le dernier sarclage, il conviendra utiliser une grosse planche pour niveler le terrain et le préparer à la plantation (Vidal, 1986).

En Macédoine Occidentale le travail de préparation du sol consiste tout d'abord en un labourage profond de presque 30-35 cm, un mois avant la plantation, suivi d'un labourage normal (moins profond) afin d'incorporer le fertilisant, ainsi que d'un hersage ou traitement avec fraiseuse pour rendre le sol bien nivelé. De plus, les mauvaises herbes, les petites pierres et tout autre élément qui pourrait nuire au développement naturel des bulbes sont enlevés.

En Sardaigne, le labourage d'été est effectué à une profondeur de 30-40 cm. Aujourd'hui encore, à San Gavino Monreale (Sardaigne, Italie), on utilise souvent une charrue traînée par un cheval, ou bien de petits motoculteurs ou tracteurs. Ensuite des travaux de fraisage et de rigolage sont réalisés en vue de la plantation, en utilisant les mêmes outils décrits ci-dessus.

A1.3.2.2 Fertilisation organique et minérale

En Castille-La Manche, pendant l'année zéro de la culture (pré-plantation), on recommande un épandage profond, trois mois avant la plantation, de 20 à 30 Mg ha⁻¹ de fumier. Cette opération s'effectue par le biais d'un binage à profondeur moyenne, tout en ajoutant de l'engrais minéral. L'époque d'incorporation de ce dernier s'effectue entre mai et juin. En moyenne, il est recommandé d'ajouter 40-50 kg ha⁻¹ de nitrogène sous forme de sulfate d'ammonium (21%N₂), 80-100 kg ha⁻¹ de phosphore sous forme de superphosphate de cal (18%P₂O₅) et 100-120 kg ha⁻¹ de potassium sous forme de sulfate de potassium (60%K₂O₅) (Muñoz, 1987; Pérez, 1995; I.T.AP., 1998).

En Macédoine Occidentale, il n'y a pas de stratégie spécifique de fertilisation, car elle dépend de la structure et de la constitution en éléments organiques du champ, du climat et des particularités de chaque culture qui a précédé la plantation du safran, ainsi que de l'expérience du producteur. En général, on évite l'épandage de fumier naturel, sauf pour les cultures

biologiques, en raison du risque de répandre des semences des mauvaises herbes dans le champ. L'engrais chimique proposé est un mélange de N-P-K selon les formules suivantes:

a) 100 kg (11N-15P-15K) + 20 kg (0N-0P-5K), à savoir 120 kg par hectare;

b) 60 kg (0N-20P-0K) + 40 kg (21N-0P-0K) + 50 kg (0N-0P-50K) à savoir 150 kg par hectare.

La seconde formule de fertilisation (b) est théoriquement meilleure quand elle est appliquée graduellement, juste avant la mise en place d'une nouvelle plantation, car elle permet une meilleure solubilité des éléments N-P-K qui sont ensuite absorbés par la plante de manière plus équilibrée.

En ce qui concerne le fumage de la culture, en Sardaigne une grande partie des exploitations effectuent un épandage de fumier en automne, l'année précédant celle de la mise en place, dans des quantités de 30-40 Mg ha¹ de fumier mûr (mouton – bœuf – cheval).

Outre l'apport organique, une partie des exploitations effectue des amendements minéraux, en ajoutant des petites quantités d'engrais minéraux azotés (ex : urée ou nitrate d'ammonium) à la fin de l'hiver pour stimuler l'activité végétative et, bien plus rarement, des engrais ternaires (ex : 8/24/24) à l'automne après la floraison.

1.3.3 PLANTATION

1.3.3.1 Dimension du bulbe

En Castille-La Manche les études conduites confirment que les dimensions du bulbe ont une influence décisive sur le rendement durant l'année de plantation à cause de leur répercussion sur la quantité de bourgeons floraux. Les années suivantes, ce facteur perd graduellement d'importance avec la production des bulbes fils et des bulbilles, etc. À partir de la troisième année de floraison, on n'observe plus aucune différence de rendement entre les stigmates secs obtenus à partir des bulbes ayant des dimensions différentes.

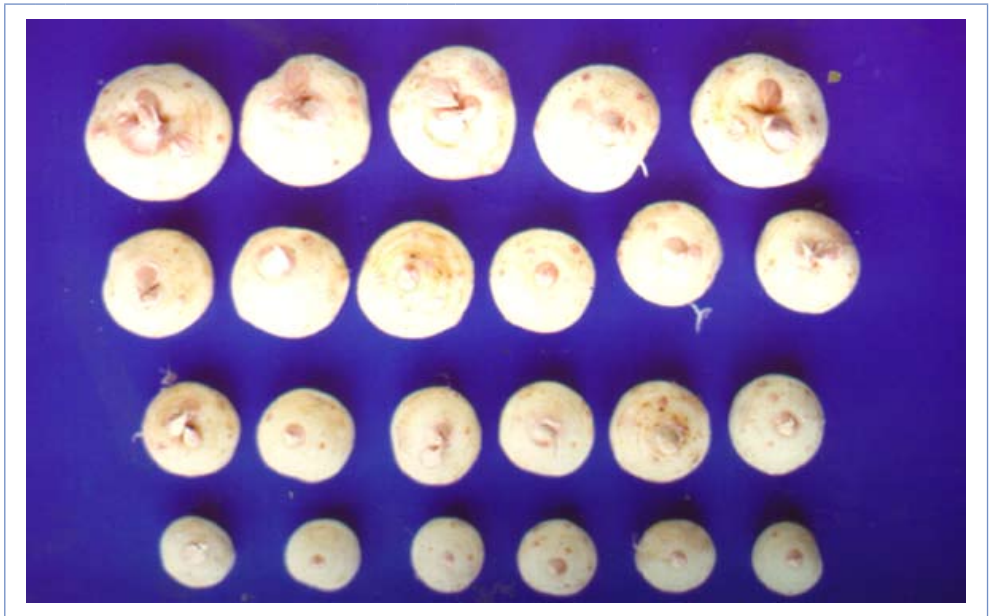
En Macédoine Occidentale il n'établit pas une taille bien définie, mais généralement les très petits bulbes ne sont pas utilisés.

En Sardaigne, les bulbes utilisés ont les dimensions suivantes : un diamètre dépassant 2,5-3 cm. Les bulbes les plus petits sont mis en place en les répartissant à la volée dans un sillon aux limites du champ.

A1.3.3.2 Profondeur de plantation

La profondeur de plantation a une grande influence sur le rendement des stigmates.

En Castille-La Manche il est courant de planter les bulbes à une profondeur variant entre 15 et 20 cm, pour que les bulbes ne remontent à la surface pendant la période de reproduction pendant les autres années de culture.



Bulbes dépourvus de tuniques (photo ITAP)

Les essais conduits sur le champ ont montré que lorsqu'on plante les bulbes à 20 cm de profondeur on atteint 3 kg ha⁻¹ an⁻¹ environ, ce qui est un chiffre bien plus important par rapport à celui obtenu d'une culture faite à 10 cm seulement. En effet, pendant les deux premières années de la culture (zéro et 1), le rendement obtenu à 10 cm de profondeur est meilleur de celui obtenu à 20 cm. Pendant la troisième floraison (année 2) on atteint l'égalité de rendement. A partir de l'année suivante les résultats subissent une baisse.

En Macédoine Occidentale la plantation se fait avec un tracteur équipé d'une machine spéciale à planter les bulbes, à une profondeur de 25 cm.

En Sardaigne les bulbes sont plantés à une profondeur de 15-20 cm.

A1.3.3.3 Densité de plantation

La densité de plantation a une grande influence sur le rendement de la première année, mais elle diminue au fur et à mesure que les années de culture s'écoulent. La première année, le rendement des stigmates a un lien évident avec la quantité de bourgeons floraux, ce qui dépend de la densité des bulbes plantés d'une part, et du nombre de bourgeons par bulbe de l'autre (ce dernier dépendant aussi du calibre des bulbes).

La densité de plantation courante en Castille-La Manche est de 60 bulbes m². On obtient un meilleur rendement de stigmates (en moyenne de 3,0 kg ha¹ an¹) avec une densité de 120 m². Les rendements obtenus avec des densités plus hautes sont meilleurs les 2 premières années de

culture (jusqu'à la floraison de la deuxième année), mais ils diminuent à partir de la troisième année.

En Macédoine Occidentale les bulbes sont plantés à une distance de 10-15 cm sur la même ligne.

En Sardaigne, la densité de plantation varie entre un minimum de 10 bulbes m² à plus de 50 bulbes m².

A1.3.3.4 Disposition des bulbes

En Castille-La Manche, les bulbes sont plantés dans des sillons à 50 cm les uns des autres, ce qui permet d'effectuer le sarclage et l'aération entre sillons à l'aide des cultivateurs. Les bulbes sont mis en demeure à une distance de 3,3 cm.

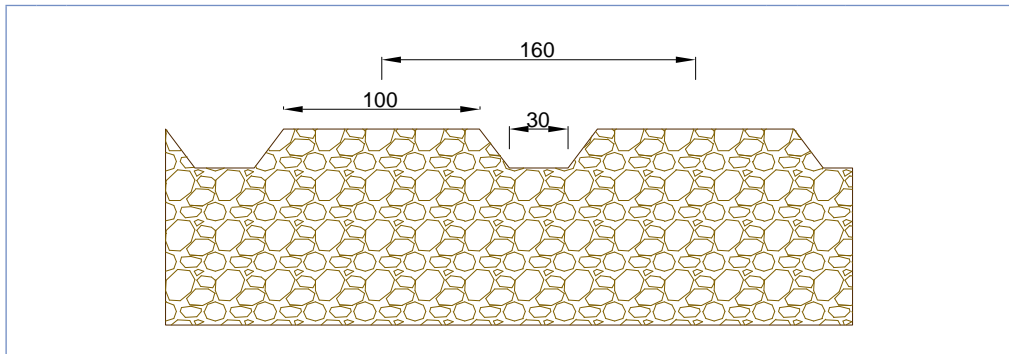


Figure 3. Variante de plantation dans un terrain profilé
(longueur des côtés en cm)

Une autre variante de disposition des bulbes consiste à profiler le champ sur des plateaux, de largeur variable, suivant en général les dimensions des machines agricoles utilisées. Les dimensions des plateaux sont généralement de 1,20 m de long, avec un écart de 50 cm, ce qui suppose une longueur totale de 1,70 m. Ce mode de plantation présente l'avantage d'avoir une surface plane et uniforme simplifiant la récolte mécanisée.

En Macédoine Occidentale la disposition de la plantation est en ligne (en sillons), avec une distance entre les lignes de 10-20 cm.

En Sardaigne, la distance entre les bulbes sur une ligne est de 5-10 cm, alors que la distance entre les lignes varie d'un minimum de 40-45 cm (traditionnelle) à plus de 100 cm, en fonction des outils utilisés par le producteur pour labourer le terrain. Il existe de différentes techniques de plantation, en fonction de la nature du terrain, des moyens mécaniques disponibles et des exigences spécifiques du producteur. Dans la plupart des exploitations agricoles, la technique utilisée est la mise en place en lignes simples, légèrement rehaussées dont l'entretien prévoit un rehaussement chaque année. Cette technique permet aussi une récolte des fleurs à la main plus aisée, et empêche la formation de flaques

pendant la saison des pluies. Dans certains cas, le terrain est tenu complètement plat pendant tout le cycle cultural.

A1.3.3.5 Époque de plantation

En Espagne, la plantation du safran peut s'effectuer à deux époques de l'année : la deuxième quinzaine de juin ou la première quinzaine de septembre. Aucune raison agronomique connue ne justifie le choix de l'une ou de l'autre date, sinon qu'on réalise cette tâche lorsqu'il y a disponibilité de ressources.

En Macédoine Occidentale habituellement la plantation commence au mois de mai et, en fonction des conditions météorologiques, elle continue jusqu'au mois de juillet.

En Sardaigne la mise en place des bulbes a lieu entre le 15 août et le 15 septembre.

Système d'irrigation	Irrigation de surface	Irrigation par aspersion	Irrigation goutte à goutte
Spécialement indiqué pour:	Climats frais qui ne demandent qu'une irrigation d'appui	Terrains argileux ou mal drainés.	Cultures intensives ou extensives avec densités de plantation élevées (plus de 200 bulbes m ⁻²)
Déconseillé pour:	Surfaces dépassant 1 hectare et demandant la mécanisation.	Lorsque les eaux sont de mauvaise qualité.	Cultures à cycle long et à basse densité.
Plantes adventices et parasites	Après l'irrigation, ce système rend plus aisé évaluer les dégâts causés par les plantes adventices et les parasites.	Système efficace pour dépister les colonies de parasites et évaluer les traitements à appliquer.	Ce n'est pas rentable par rapport aux autres systèmes
Arrachage des bulbes	Ce système rend plus aisée l'arrachage mais il est difficile à contrôler	C'est le système le meilleur étant donné qu'on obtient une humidité optimale dans chaque parcelle.	Ce système ne peut pas être utilisé dans ce cas
Mécanisation de la coupe des fleurs	Ce n'est pas très efficace.	Avec des densités élevées, la formation de croûtes est contrastée par des arrosages fréquents pendant l'épointage de la plante pour éviter que les parties tranchantes de la machine soient souillées par la terre	Ce système ne peut pas être utilisé dans ce cas.
Croissance des bulbes	Ce système ne peut pas concurrencer avec les autres deux systèmes.	Augmentation significative par rapport à l'irrigation de surface.	Ce système permet d'obtenir des bulbes de meilleur calibre parce qu'il conserve une humidité constante et augmente la période végétative
Labourage	Il ne pose aucun problème	C'est le système le plus ajusté pour le labourage du terrain.	Ce système ne permet pas de lutter contre les mauvaises herbes à l'aide des machines.

Tableau 4. Atouts et points faibles des systèmes d'irrigation adoptés

A1.3.4 IRRIGATION

En Sardaigne, la culture du safran est pratiquée entièrement à sec. En Macédoine Occidentale l'irrigation n'est pas appliquée aux plantations du safran. Il a été constaté qu'avec l'irrigation artificielle, dans les conditions de la Macédoine Occidentale, la croissance du feuillage augmente très rapidement au détriment du nombre et de la qualité des fleurs, et parallèlement elle empêche la récolte des fleurs.

A1.3.4.1 Qualité de l'eau

Traditionnellement, la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation du safran n'a jamais été un facteur pris en compte. La plante présente une haute tolérance à la salinité. Le tableau 1 indique les pertes de production des bulbes (%) pour le cycle suivant. Il n'y a pas de renseignements concernant le rendement de la floraison.

Conductivité électrique à 25° C (mS/cm)	Production de bulbes (%)
Jusqu'à 1 200	100
1200 – 2 200	85
2200 – 3 700	70
3700 – 4 500	50
4500 – 7 000	35
Plus de 7 000	Survie

Tableau 5. Tolérance de la plante du safran à la salinité

A1.3.4.2 SYSTÈME D'IRRIGATION

La culture ne demande pas un système d'irrigation particulier. En général, pour l'irrigation on utilise trois systèmes : irrigation de surface, par aspersion et goutte à goutte. L'irrigation de surface est de loin la plus répandue quand il s'agit de petites parcelles. En cas des sols argileux ou ayant un mauvais drainage, l'arrosage excessif peut provoquer l'asphyxie radiculaire, étant donné la sensibilité de la plante.

L'aspersion est sans aucun doute le meilleur système pour la culture de safran. Avec une culture disposant de cette méthode d'aspersion, on peut contrôler d'une manière plus efficace la distribution de l'eau. En outre, l'irrigation par aspersion permet d'appliquer des fertilisants par voie foliaire en mars et avril, ce qui induit une meilleu-

re croissance de la plante.

Le système goutte à goutte est spécialement indiqué pour les terrains ayant des problèmes de salinité, où la conservation d'un bulbe humide sans sels permet une correcte croissance de la plante. Ce type d'irrigation est approprié également pour des cultures intensives sous tunnel en plastique ou serre, où il faut augmenter la fréquence d'irrigation d'une manière constante pour fournir la solution nutritive à la plante sans provoquer de stress hydrique.

A1.3.4.3 Besoin en eau et programmation de l'irrigation

Le besoin en eau est tout à fait réduit par rapport aux autres cultures. Le safran est une plante qui fait preuve d'une grande résistance à la sécheresse, même si elle s'adapte très bien à l'irrigation.

Les périodes de floraison et de formation des bulbes sont les plus critiques de la culture, et la floraison est spécialement délicate. Il faut éviter une croissance élevée des feuilles avant l'éclosion des fleurs. Pour faire ceci, on prorogera le plus que possible l'arrosage, en connaissant bien l'état des racines et des bourgeons. L'arrosage sera fait après que les racines seront montées en surface.

Les champs irrigués pendant la période d'enracinement, trois semaines environ avant la floraison, présentent une taille de la fleur plus élevée (120.000 fleurs kg⁻¹) par rapport aux champs non irrigués (200.000 fleurs kg⁻¹). Un simple apport de 40 mm est suffisant. Ensuite, et s'il ne pleut pas jusqu'à la récolte, un léger arrosage de 15 mm élimine les problèmes occasionnés par la formation de la croûte.

Si le climat est froid, il convient d'arrêter les arrosages en hiver pour les reprendre au printemps. Dans le cas d'un hiver doux, on peut procéder à un arrosage d'appoint de 40 mm pendant la période libre de gelées. Les besoins majeurs en eau se font sentir lors de formation des nouveaux bulbes. Depuis le début de cette phase et jusqu'à l'épuisement des $\frac{3}{4}$ parts du sparte, on arrosera entre 35-45 mm chaque mois. En règle générale, on répartira 150 mm en quatre arrosages.

A1.3.5 FERTILISATION

A1.3.5.1 Fertilisation organique et minérale

Certains auteurs affirment que cette culture ne nécessite d'aucun type d'engrais, puisque l'abondance d'éléments de réserve et la quantité équilibrée des substances actives présentes dans les bulbes rendent inutile ce procédé. D'autres, au contraire, s'appuyant sur le fait que cette culture appauvrit peu le sol, préconisent l'ajout d'engrais organiques et des compléments minéraux tels que le phosphate ou le potassium.

En Sardaigne, outre l'apport organique initial, une partie des exploitations agricoles ajoute des amendements minéraux, en épandant

de petites quantités d'engrais minéraux azotés (ex : urée ou nitrate d'ammonium) à la fin de l'hiver pour stimuler l'activité végétative et, dans de rares cas, des engrais ternaires (ex : 8/24/24) en l'automne après la floraison.

En Macédoine Occidentale la fertilisation est faite avec des préparations non-organiques d'engrais, ou bien en incorporant aux fertilisants des matières organiques, des légumes frais compostés ou encore sans aucun type d'engrais. Exception faite pour les cultures biologiques, le fumier naturel n'est pas utilisé, pour éviter de transmettre les semences des mauvaises herbes au champ.

A1.3.5.2 Types de fertilisants

Sadeghi et al., (1992) ont réalisé plusieurs études comparant les effets de l'application des diverses quantités combinées d'azote, phosphore et potassium avec du fumier de vache sur la production de safran. Ces études ont démontré que l'azote est l'élément le plus influant sur le rendement des fleurs et sur la période végétative. En revanche, l'apport de phosphore et potassium n'entraînent pas des résultats statistiquement significatifs. En ce qui concerne les besoins en éléments secondaires (calcium, soufre,...) ou en oligo-éléments tels que le fer, on ne dispose pas d'informations fiables concernant les quantités nécessaires au safran.

En Castille-La Manche, les fertilisants les plus utilisés par les agriculteurs sont ceux composés d'un mélange d'ammonium, sulfate de potassium et nitrate d'ammonium.

A1.3.5.3 Doses de fertilisants

Dans la province d'Albacete on procède à l'épandage des doses annuelles suivantes de fumier naturel : 40-50 UF de nitrogène sous forme de sulfate d'ammonium (21%), 80-100 UF de P₂O₅ sous la forme de superphosphate de cal (18% P₂O₅) et 100-120 UF de K₂O sous forme de sulfate de potassium (60% K₂O).

Selon Sadeghi et al. (1992), la fertilisation avec 100 kg ha⁻¹ d'urée accroît le rendement de la floraison.

En Macédoine Occidentale, l'utilisation d'engrais chimiques proposé est un mélange de N-P-K selon les formules 100 kg ha⁻¹ (11N-15P-15K) + 20 kg ha⁻¹ (0N-0P-5K).

A1.3.5.4 Époque d'épandage

Le fumier et l'engrais minéral de pré-plantation sont ajoutés au sol trois mois environ avant la plantation. La deuxième année de culture ainsi que les suivantes on l'appliquera entre 20 et 30 jours avant la floraison en fonction des conditions pluviométriques (Pérez, 1995) ou pendant mai (De Juan et Lozano, 1991).

A1.3.5.5 Modalité d'épandage

L'incorporation du fumier organique a lieu immédiatement après l'épandage de celui-ci sur le champ ; l'enfouissement ne doit pas être accompagné de retournage étant donné que les deux actions unies entraînent la perte d'azote ammoniacal par volatilisation. La distribution doit être uniforme, en couches d'épaisseur similaire entre 12 et 15 cm de profondeur.

A1.3.6 DÉSHÉRBAGE

Les mauvaises herbes produisent des pertes à la culture de safran chiffrées entre 5 et 20% (Pérez, 1995). Les plantes adventices sont également propices à la prolifération des parasites et des maladies.

A1.3.6.1 Désherbage mécanique

En Castille-La Manche les mauvaises herbes sont traditionnellement éradiquées avec des bêchages manuels et plus récemment avec des bêchages mécaniques entre les lignes de culture. Le fumier est incorporé pendant la pré-plantation au moment où les mauvaises herbes sont éliminées. Le binage de pré-plantation et les suivants des mois d'avril et de mai suffisent pour les opérations de désherbage.

En cas de présence de mauvaises herbes, il est recommandé de réaliser un bêchage de 10 à 12 cm de profondeur un mois après la plantation en faisant bien attention à ne pas endommager les bulbes (Pérez, 1995). En septembre, un binage superficiel entre sillons est réalisé afin de rompre la croûte superficielle et éliminer les mauvaises herbes. En plus, un bêchage supplémentaire sera envisageable afin d'ameublir et aérer le sol.

En Macédoine Occidentale les mauvaises herbes sont éliminées avec un labourage léger ou un traitement avec une fraiseuse avant et après la plantation des bulbes. La profondeur du labourage après la plantation ne doit pas dépasser les 8 à 10 cm afin que les bulbes ne soient pas éradiqués ou blessés. Après la croissance des mauvaises herbes (printemps) et pendant l'hibernation des bulbes (été), les mauvaises herbes sont coupées et brûlées dans le champ, quelques jours après leur désherbage.

En Sardaigne les outils utilisés pour le contrôle des mauvaises herbes sont la houe manuelle pour les interventions sur la ligne, à laquelle s'ajoutent l'utilisation de motoculteurs pour les sarclages, fraisages ou le rechaussement des interlignes.

A1.3.6.2 *Désherbage chimique*

En Castille–La Manche les produits chimiques les plus utilisés sont deux carbamates (des herbicides de contact) de basse persistance dans le sol : le diquat et le paraquat, entre juin et août pendant la période de dormance végétative, généralement en doses de 2 à 4 l ha⁻¹ (ITAP, 1998). Le diquat est utilisé pour combattre les herbes à feuille étroite et le paraquat est appliqué en post émergence des mauvaises herbes.

De 1999 à 2004, l'ITAP a réalisé des études basées sur l'apport des divers herbicides tels que glyphosate, linuron, metribuzin, pendiméthaline et bentazone à la culture du safran. Ces herbicides étaient appliqués seuls ou en combinaison pendant les mois de décembre ou février en fonction de leur mode d'action. Concernant les applications individuelles, le metribuzin 70% (1 kg ha⁻¹) s'avère être le meilleur traitement contre les mauvaises herbes tout en ne touchant pas le rendement de fleurs. Le glyphosate 20% (8,5 l ha⁻¹) est le seul herbicide provoquant des fleurs anormales dans la récolte suivante à son application. Par rapport au traitement témoin, les meilleurs résultats, quant à l'augmentation du nombre et du poids des fleurs ainsi que du poids des stigmates, ont été obtenus à partir des mélanges de metribuzin 70% (1 kg ha⁻¹) et pendiméthaline 33% (3 l ha⁻¹), ou mélanges de metribuzin 70% (0.75 kg ha⁻¹), pendiméthaline 33% (3 l ha⁻¹) et bentazone 48% (3 l ha⁻¹). Ni en Sardaigne ni en Macédoine Occidentale on n'utilise aucun produit pour le désherbage.

A1.3.7 PROTECTION PHYTOSANITAIRE

En général, dans les différentes zones étudiées on a l'habitude de planter le safran dans des sols légers, bien drainés, sans problèmes d'inondation e sans cultures précédentes qui auraient pu donner lieu à des pathologies transmissibles au safran.

Les problèmes les plus graves qui rencontrent les bulbes sont généralement les champignons *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli*, *Rhizoctonia crocorum* et *Rhizoctonia violacea* Tul, ainsi que l'acarien *Rhizoglyphus*. Selon Benschop (1993), les principales maladies fongiques pouvant affecter le genre *Crocus* pendant le stockage sont *Penicillium verrucosum* var. *Corymbeferum*, *Uromyces croci* Pass et *Fusarium* sp.

A1.3.7.1 *Désinfection du matériel de plantation*

En Castille–La Manche la désinfection des bulbes en tant que mesure de prévention ou de traitement des symptômes se réalise suivant diverses alternatives : après l'application de la solution désinfectante, il est fondamental d'immerger les bulbes dans cette solution ou effectuer le séchage des bulbes par aération forcée ; de cette manière, les possibles agents pathogènes ne trouveront pas des conditions favorables à leur prolifération et leur développement sera freiné.

En Macédoine Occidentale, juste avant la plantation, la désinfection des bulbes se fait au moyen de fongicides comme le Brassicol ou le sulfate de cuivre.

En ce qui concerne la défense phytosanitaire de la culture en Sardaigne, la seule intervention se limite à un traitement du matériel de propagation avec des produits à base de cuivre. Plus précisément, la défense contre les maladies végétales se fait par la prévention de leur diffusion à travers la sélection du matériel à mettre en place et l'extirpation et la destruction des plantes atteintes de maladies durant le cycle cultural.

A1.3.7.2 Contrôle des agents nuisibles

Dans les trois pays la culture souffre des dommages de la part de rongeurs (rats, campagnols) car ils se nourrissent de tubercules. Actuellement il y a quelques méthodes pour le contrôle des agents nuisibles, parmi lesquelles on cite :

- la mise en place de pièges à l'entrée des tanières ;
- la mise en place des cartouches de fumigation dans les galeries ;
- La destruction mécanique des galeries ;

La tige de la fleur peut être endommagée par les lapins, les lièvres et les souris.

A1.3.8 RÉCOLTE

A1.3.8.1 Labourages préparatoires

En Castille-La Manche, un mois avant la floraison (en septembre) on prépare le terrain pour la floraison. Dans la culture traditionnelle il était courant d'appliquer un binage superficiel entre sillons afin de rompre la croûte, ameublir et aérer le terrain ainsi qu'éliminer les mauvaises herbes (Pérez, 1995). Si on effectue un sarclage chimique, le labour pour rompre la croûte doit être fait en utilisant des râteaux manuels en cas de petites surfaces ou traînés par de tracteurs en cas de surfaces plus grandes.

En Macédoine Occidentale, au début d'octobre les producteurs creusent à des trous à des différents endroits du champ et examinent les bulbes pour voir s'ils ont des aiguillons. Lorsque les aiguillons apparaissent sur la surface des sillons, la floraison commence normalement dans les 6-7 jours qui suivent.

En Sardaigne, avant la floraison, on effectue un ou deux binages, juste après l'arrivée des premières pluies de fin d'été.

A1.3.8.2 Dynamique de floraison

Planifier la récolte des fleurs est une tâche importante, étant donnée qu'elles sont éphémères et que leur qualité diminue en fonction de leur exposition aux intempéries.

En Castille-La Manche, en général, la période de floraison est de 10

jours mais les cinq premiers jours produisent 70 % du total récolté. Dans le graphique 1 on peut observer l'évolution de la floraison exprimée en rendement de stigmates secs tout au long des jours de floraison pour chaque année de la culture.

En Sardaigne la floraison commence pendant la première dizaine de novembre, et se maintient pendant environ 20 jours, avec des modalités variables selon l'évolution climatique. Pendant la floraison se produisent deux ou trois sommets de production, appelés localement groffu (gros coup).

A1.3.8.3 Prédiction de la floraison

Le début de la floraison du safran peut être prédit avec une petite marge d'erreur en fonction de la durée de l'ensoleillement et de la température ambiante. Pour ce qui est des températures, la moyenne quotidienne optimale évolue autour de 18° C. Toutefois, si l'on considère que les sauts thermiques commencent les jours de floraison, l'éclosion des premières fleurs se produit lorsque on enregistre entre 23 et 25° C le jour et 10°C la nuit. Un indicateur facile à utiliser est le quotient des heures d'éclairage à la température minimum. La valeur obtenue doit se ranger autour de 1,1. En période froide et pluvieuse il peut y avoir une anticipation de la floraison.

En Macédoine Occidentale au début d'octobre les producteurs creusent des trous à différents endroits du champ pour vérifier si les bulbes ont développé des bourgeons. Lorsque les bourgeons apparaissent sur la surface des sillons, la floraison commence normalement dans les 6-7 jours qui suivent.

En Sardaigne, pour pouvoir organiser les opérations de récolte, et surtout durant les jours de pleine floraison, les producteurs mettent à point des prévisions de floraison en observant la plante le jour précédent, et en particulier les hampes florales en phase de pré-émergence.

A1.3.8.4 Méthode de récolte des fleurs

A1.3.8.4.1 Méthode de récolte à la main

Traditionnellement en Castille-La Manche, la récolte des fleurs est faite à la main. Cette opération consiste à couper les fleurs à la base de la corolle et à les déposer dans de petits paniers (afin d'éviter qu'elles soient écrasées par leur poids).

Le rendement de la récolte varie en fonction des facteurs humains, des conditions culturelles et météorologiques. Galigani et Garbati (1999) estiment un rendement entre 8 et 16 kg de fleurs par journée par personne. Sur la base des informations obtenues de divers agriculteurs espagnols, les rendements sont estimés de 14 à 18 kg de fleurs par personne par journée de travail de 5 à 6 heures.

En Macédoine Occidentale la récolte de fleurs se fait tous les jours (entre 9h00 et 17h00). Les fleurs sont coupées très soigneusement à la base des pétales. La récolte est faite à la main et lorsque la fleur est complètement ouverte.



Récolte des fleurs de safran (photo ITAP)

A1.3.8.4.2 Méthode de récolte à la main à l'aide des machines

En Espagne on a testé quelques machines qui améliorent les conditions de récolte et la position de ramassage. L'opérateur est assis ou allongé, très proche du sol. Ces machines fonctionnent avec des moteurs électriques à batterie qui, de plus, ont l'avantage de disposer des supports qui permettent le transport des cageots contenant les fleurs.

A1.3.8.4.3 Méthode de récolte mécanisé

Des machines plus ou moins sophistiquées, conçues par l'entreprise espagnole « Cia General Azafran » sont utilisées pour la récolte des fleurs dans le champ. Au moyen d'une barre tranchante elles coupent les fleurs au niveau du sol. Ces dernières sont transportées dans les récipients d'une bande transporteuse et collectées dans des caisses prévues à cet effet.

Cette méthode accroît les rendements de la récolte des fleurs et réduit les coûts de production. Cependant elle présente des inconvénients, puisque on ramasse une grande quantité d'impuretés et les stigmates

des fleurs ouvertes sont souillées de terre. Les machines coupent aussi les feuilles qui ont émergé avec la fleur, ce qui pourrait affecter ensuite le développement et la croissance des futurs bulbes (Tammaro, 1990). Néanmoins, la présence de feuilles (sparte) est aussi un inconvénient pour la récolte à la main, puisque le fait de séparer les feuilles des fleurs fait baisser considérablement le rendement.



*Champ de safran au sommet de son activité végétative
(photo ERSAT)*



Figure 6. Machine pour la récolte des fleurs de safran

A1.3.8.5 RENDEMENT

En Castille-La Manche le rendement maximum est atteint lors de la première et de la deuxième année (c'est-à-dire la deuxième et la troisième floraison), alors que à partir de la troisième année, le rendement commence à diminuer. La diminution du rendement est directement liée à la salinité de la culture, et si cette dernière est bonne, le cycle productif peut être de six à sept années.

En Macédoine Occidentale la production annuelle du safran est en moyenne de 10 kg ha⁻¹ et elle dépend beaucoup des conditions météorologiques de l'automne.

En Sardaigne la production de safran varie au cours des quatre années de cycle cultural. La première année, on obtient une production de 650 000–700 000 fleurs ha⁻¹ (5 kg ha⁻¹ de stigmates séchés), la deuxième année d'environ 1 300 000–1 400 000 fleurs ha⁻¹ (10 kg ha⁻¹ de stigmates séchés), la troisième année de 1 950 000–2 100 000 fleurs ha⁻¹ (15 kg ha⁻¹ de stigmates séchés), la quatrième année, elle baisse de nouveau à 1 300 000–1 400 000 fleurs ha⁻¹ (10 kg ha⁻¹ de stigmates séchés).

A1.3.9 COLLECTE DES BULBES

A1.3.9.1 Arrachage des bulbes

L'arrachage des bulbes est la tâche la plus importante de la culture du safran. La qualité du matériel végétal obtenu est en étroite relation avec les blessures causées à la plante lors de cette opération. Voilà pourquoi il est important d'utiliser des systèmes qui ne nuisent pas aux bulbes. Il convient également de veiller pour que le temps d'expositions des bulbes au soleil ne dépasse pas les 2 heures. Les bulbes doivent être stockées dans des endroits clos et à aération naturelle ; ils seront étalés en couches d'épaisseur maximum de 40 cm. En outre, on conseille de manipuler les bulbes avec soin.

En Castille-La Manche cette opération a lieu normalement pendant juin et juillet, parce que pendant cette période les températures sont élevées et la terre est complètement sèche. Si le terrain n'est pas labouré et qu'il manque de sable cela produira des mottes de terre ; ce qui diminue le rendement et empire le risque de blesser la plante (spécialement si l'on utilise des moyens mécaniques). Il y a deux façons de pallier à cette situation :

- irriguer légèrement le terrain 48 heures avant l'arrachage. Une fois que l'irrigation a été réalisée, on procède à arracher les bulbes, qui ne doivent pas rester en milieu chaud et humides à cette époque de l'année ;
- effectuer un labourage des 10 premiers cm du terrain, ce qui n'entraîne aucun risque lorsque la plantation est faite à une profondeur uniforme.

La fin août n'est pas une bonne période pour l'arrachage des bulbes, car la plante est en phase d'enracinement. Les tiges mesurent entre 1 et

2 cm et la prochaine végétation du cycle pourrait en être affectée.

En Macédoine Occidentale l'arrachage définitif des bulbes qui met fin à la culture est fait après 7-8 ans. Les bulbes qui seront utilisés pour une nouvelle plantation, sont récoltés pendant les mois de mai-juin. Tout d'abord les bulbes sont extraits du champ à l'aide d'une charrue ou d'un tracteur ou toute autre machine d'extraction. 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.

En Sardaigne on utilise un buttoir tiré par un cheval, ou un petit motoculteur ou tracteur. Les bulbes arrachés sont récoltés à la main et déposés dans des cageots pour le transport de la campagne à l'habitation du producteur, où ils seront nettoyés. L'arrachage des bulbes est fait au terme du cycle cultural, aux mois de juin et juillet.

1.3.3.1 Nettoyage du matériel

En Espagne il est courant de procéder au nettoyage des bulbes dans le but d'éliminer le matériel endommagé et procéder au calibrage, ce qui permet d'obtenir la meilleure densité de plantation et la meilleure durée des cycles de la culture.

Pour procéder au nettoyage, il faut tout d'abord écarter les éléments étrangers au bulbe, tels que la terre, les herbes et restes végétaux. Ensuite on écarte les éléments intrinsèques à la plante, tels que les tuniques extérieures et les bulbes de cycles antérieurs qui sont accrochés à la base du nouveau bulbe. Toutes ces opérations doivent s'effectuer sans occasionner des blessures ni laisser la partie charnue et blanche du bulbe découverte. Aussi bien avant qu'après le nettoyage on prendra soin de protéger le matériel de la lumière directe du soleil en le superposant en couches d'épaisseur inférieure à 40 cm. Tous les restes du matériel contaminé devront être brûlés. Quelquefois, le matériel peut subir une contamination importante et avoir un poids inférieur à celui des bulbes sains. Une immersion de ce matériel dans l'eau est recommandée afin d'éliminer les restes de terre. On prendra la précaution de sécher le matériel à l'air.

En ce qui concerne la sélection du matériel de propagation pour la plantation, en Sardaigne c'est le producteur même qui effectue le tri au moment du nettoyage des bulbes de leurs tuniques externes, juste après l'arrachage (juin-juillet). La sélection permet en particulier de destiner à la propagation les bulbes d'un diamètre supérieur à 2,5 cm, en bon état, et exempts de symptômes d'attaques fongiques. Après l'arrachage, le nettoyage et la sélection, le matériel de propagation est conservé dans des sacs perméables ou des caisses en bois ou en plastique, à l'abri de la lumière et en milieu sec, jusqu'au moment de la plantation, qui se fait généralement et traditionnellement dans une période comprise entre la deuxième moitié d'août et la première moitié de septembre.

En Macédoine Occidentale, avant que les bulbes soient plantés, la maille à l'extérieur du bulbe est nettoyée à la main.

A1.4 MECANISATION DE LA CULTURE DU SAFRAN DANS LE CHAMP

Les techniques décrites ci-dessous sont utilisées surtout en Espagne.

A1.4.1 PLANTATION DES BULBES

A1.4.1.1 *Machines spécifiques*

La technologie qui est appliquée au reste des plantes bulbeuses peut être appliquée aussi au safran. Les semoirs commerciaux de crocus, frésias ou glaïeuls réalisent le semis du safran sans aucune adaptation, accomplissant toutes les exigences traditionnelles de la culture. La densité et la profondeur de plantation sont obtenues en réglant la machine.

Les semoirs s'adaptent au type de semis, ils sont soit en lignes avec des écartements variant entre 20 et 50 cm soit en plateaux de 1 m dans la partie supérieure.

Le semis en mailles est un procédé actuel qui facilite l'arrachage des bulbes. Le passage du tressé de la maille varie de 5 mm de lumière pour les bulbes les plus petits à 12 mm pour les bulbes les plus grands. Les fabricants de ces machines fournissent les appareils dotés de mailles qui sont introduites directement dans le système du semoir.

1.4.1.2 *Adaptation d'autres machines agricoles*

Dans le cas où l'exploitation agricole disposerait d'une machinerie à planter les pommes de terre, les oignons ou l'ail, on pourra utiliser ces machines pour la culture du safran, en les ajustant pour réduire les possibles dégâts au matériel, puisque ces cultures sont moins délicates par rapport au safran.

A1.4.2 NETTOYAGE, CLASSIFICATION ET DÉSINFECTION DES BULBES

A1.4.2.1 *Nettoyage*

Avant la classification, le matériel suit la procédure standard utilisée en bulbiculture : les bulbes traversent un vibreur à tringles recouvertes de plastique pour l'élimination de la terre du bulbe.

Ensuite le matériel passe entre deux bandes transporteuses dotées de doigts de gomme qui frictionnent au même temps à allures différentes. De cette façon, on parvient à égrener le matériel et à séparer les

vieux bulbes des nouveaux bulbes, en faisant détacher aussi la plupart des tuniques. Le matériel passe alors à travers des rouleaux d'épluchage et ensuite tombe dans des conteneurs. Il est conseillé de faire circuler les bulbes sur une bande de 3 m de longueur pour que l'opération de nettoyage se termine par l'élimination à la main des impuretés résiduelles. Il convient aussi de disposer de cloches d'aspiration pour éliminer complètement la peau.

A1.4.2.2 Classification

On utilise des machines à plateaux criblés ayant des trous de diamètres différents, où le matériel est fait avancer par des vibreurs ou des disques. Le matériel en contact avec les bulbes sera le bois ou tout autre matériel recouvert de caoutchouc ou de plastique. Les plateaux à trous de 18 mm de diamètre fourniront les bulbes qui ne vont pas produire des fleurs la première année ; les bulbes mesurant entre 18 et 30 mm seront susceptibles de fleurir la même année et en ils constitueront l'ensemble des bulbes choisis pour les cycles de 3 et 4 ans ; les bulbes de diamètre supérieur à 30 mm seront utilisés pour les cultures forcées ou pour des cycles de production plus brefs.

Maintenant, le matériel est prêt pour la désinfection.

A1.4.2.3 Désinfection des bulbes

Pour la désinfection en ligne, des systèmes à pluie arrosent les bulbes qui avancent sur les bandes transporteuses.

Il est possible aussi d'utiliser une méthode manuelle qui consiste à plonger les bulbes dans des conteneurs avec une solution désinfectante pendant 5 minutes, pour qu'elle pénètre facilement dans tous les bulbes.

A1.4.3 COLLECTE DES BULBES

A1.4.3.1 Machines spécifiques

Selon la présence ou l'absence de mailles lors la plantation des bulbes, on utilise de différents systèmes d'arrachage.

Si les mailles n'ont pas été utilisées, l'opération se réalise en une seule étape. La machine dispose d'un couteau vibreur qui s'enfonce à 40 cm sous terre assurant l'arrachage et la protection des bulbes. Ce système présente l'inconvénient de ramasser un volume important de terre. En plus, si le terrain n'est pas sablonneux, les agrégats de terre peuvent devenir tellement gros qu'ils risquent d'endommager les bulbes en les heurtant. L'angle d'inclinaison de cette bande par rapport au sol sera assez fermé afin d'éviter toute chute du matériel. Une fois le matériel se trouvant en fin de bande, il est déposé sur des baguettes

vibrantes qui le transportent jusqu'à des conteneurs de stockage équipés de toile de protection de chocs.

En cas de systèmes à mailles, deux étapes sont nécessaires. Dans un premier temps, les bulbes et la maille sont posés sur le sol. Un couteau est enfoncé à 30 cm du sol et la maille passe à travers un tambour de forme irrégulière qui enlève les restes de terre. Ensuite une autre machine coupe et défait les mailles au moyen d'un système de brûleurs. L'avantage est que seuls les bulbes parviennent aux conteneurs. La machine doit avancer lentement afin de ne pas abîmer le matériel ; le rendement obtenu arrive à 1 hectare par jour.

A1.4.3.2 Adaptation d'autres machines agricoles

Seul dans le cas de petites parcelles semées en ligne, il est envisageable d'adapter des machines non spécifiques, de préférence celles qui arrachent les pommes de terre et qui pourraient porter les bulbes à la surface, où ils seront collectés à la main. L'avantage de cette méthode c'est qu'on peut collecter les bulbes propres, sans terre ni herbe. Toutefois, une grande partie des bulbes reste dans le terrain, notamment les petits, recouverts par la terre révoltée.

A1.4.4 RÉCOLTE DES FLEURS

La mécanisation de la fleur n'est possible que lorsque le terrain a été préparé convenablement après le semis ou en fin d'été, s'il s'agit d'une culture des années précédentes. Dans ce cas-là, les machines nécessaires sont des fraiseuses qui labourent de 3 à 10 cm de profondeur en fonction de la position des bourgeons. Une fois la terre retournée, on nivelle et on tasse le sol au moyen d'un rouleau motorisé (un rouleau à tournure folle risquerait de remuer au lieu de compacter la terre). Le terrain doit être exempt d'herbes et de restes végétaux.

La machine pour la collecte mécanisée des bulbes a été décrite précédemment.

A1.5 CULTURE FORCÉE DU SAFRAN

A1.5.1 PRODUCTION DES BULBES DANS LES CHAMPS

Les systèmes de production des bulbes à travers la culture forcée demandent une grande quantité de matériel végétal provenant des champs. À Albacete (Espagne), des essais de culture forcée sont réalisés afin d'étudier les effets de la dimension du bulbe, la densité de plantation dans un système irrigué sur le rendement et la qualité de production des bulbes. Les meilleurs résultats ont été obtenus à partir de la plantation de bulbes dont le diamètre était supérieur à 30 mm avec une densité

de plantation de 200 à 300 bulbes m⁻². Avec ces facteurs on a obtenu des rendements de 28,4 Mg ha⁻¹ et 36,3 Mg ha⁻¹ respectivement (De Juan et al., 2003).

A1.5.1.1 Assainissement du matériel de reproduction

Les bulbes utilisés dans le processus de la culture forcée ne doivent pas présenter des blessures qui peuvent entraîner d'infections causées par des microorganismes. Les infections peuvent avoir des répercussions négatives sur le rendement et provoquer un taux moins élevé de floraison.

A1.5.1.2 Production annuelle, biennale et triennale

Les bulbes destinés à la culture forcée doivent avoir fleuri au moins deux fois dans le champ. Le matériel végétal provenant de la multiplication des bulbes l'année suivant la plantation n'est pas approprié pour la culture forcée. Sa capacité d'éclosion est très réduite par rapport à la production biennale et triennale, puisque les bulbes ne produisent que les fleurs correspondantes aux bourgeons développés.

A1.5.2 CULTURE DANS UN IMMEUBLE AGRICOLE EN CONDITIONS MICROCLIMATIQUES CONTRÔLÉES

A1.5.2.1 Stockage des bulbes

A1.5.2.1.1 Conditions thermiques

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 (Valero et al., 2004). (Figure 8)

A1.5.2.1.2 Modification et contrôle de l'atmosphère

L'humidité relative doit basculer entre 70 et 80 %, pour qu'elle empêche la prolifération de microorganismes et en même temps qu'elle ne génère pas d'excessives pertes de poids dans les bulbes. La température indiquée varie en fonction de la température de stockage des bulbes, des contrôles de poids et de l'état sanitaire des bulbes.

Les niveaux de CO₂ ne doivent pas dépasser 2500 ppm. On doit

contrôler attentivement le niveau d'éthylène, car sa concentration peut briser la dormance des bulbes, provoquer la floraison et causer des dégâts physiologiques (Valero et al., 2004).

A1.5.2.1.3 Durée du stockage

Il est possible de stocker les bulbes dans des chambres remplissant les conditions thermiques décrites ci-dessus (dans des conteneurs ou des plateaux permettant la circulation d'air). À 25°C la durée de stockage des bulbes se range entre 70 et 160 jours ; à 30° C, elle ne devra pas dépasser les 150 jours (les bulbes pourraient entamer la germination et par conséquent générer un nombre limité de fleurs (Valero et al., 2004). Quand la conservation est réalisée à 0° C elle n'a pas de limites de temps.

A1.5.2.2 Floraison dans des immeubles agricoles

A1.5.2.2.1 Densité de plantation en plateaux

Durant la culture forcée, il est intéressant d'empiler les plateaux pour conserver une quantité élevée de bulbes dans des petites surfaces.

La densité de plantation des bulbes dans ces plateaux est directement liée à la taille de ces derniers. Vu qu'il est recommandé d'utiliser des bulbes de diamètre supérieur ou égal à 30 mm, on aura besoin en moyenne de 472 bulbes/m² (Valero et al., 2004). Les bulbes restent dans les plateaux jusqu'à la fin de la floraison, puis ils sont transplantés dans le champ pour qu'ils se multiplient.

A1.5.2.2.2 Substrat

Les bulbes déposés sur les plateaux sont recouverts d'un substrat inerte tel que la vermiculite ou l'arlite qui permet de niveler et a pour tâche de retenir l'humidité de l'eau et d'agir comme support pour les pousses et les racines.

A1.5.2.2.3 Contrôle de la température et de l'éclairage

Quand les conditions permettent de passer du stockage à la floraison, c'est à ce moment là qu'on arrose. La fréquence et l'intensité de l'arrosage dépendent beaucoup du substrat de couverture des bulbes et des besoins de la culture. En fonction du premier arrosage il est possible de prévoir le début de la floraison dans chaque plateau bien qu'il soit possible d'observer une petite marge d'erreur.

A1.5.2.2.4 Contrôle de la température et de l'éclairage

Pour la floraison, il convient de maintenir une température de 17 à 18°C environ. Le temps nécessaire pour faire pousser les fleurs à cette température est variable et dépend de la durée du stockage. Si ce dernier a été prolongé, les fleurs poussent plus rapidement (Valero et al., 2004).

Les bulbes n'ont besoin de lumière qu'à l'époque de la floraison pour éviter l'étiollement (une croissance excessive et inégale des feuilles et du tube floral qui entraînerait l'épuisement des réserves de la culture et empêcherait la production de fleurs).

A1.5.2.2.5 Période de floraison

La floraison peut durer 100 jours environ. La durée moyenne de floraison pour chaque lot de bulbes est de 13 jours (Valero et al., 2004). La production de bulbes dans chaque plateau est faible en début et fin de période et on a de un à trois pics de floraison maximale dans cette période.

A1.5.2.3. Mécanisation des cultures forcées

La mécanisation de quelques unes des phases de la culture forcée telles que la plantation, l'arrachage, la désinfection et le séchage a été déjà expliquée précédemment. Cependant il est possible de mécaniser d'autres activités, comme décrites ci-dessous.

A1.5.2.3.1 Remplissage des plateaux

Cette opération pourrait être mécanisée, mais l'action humaine reste nécessaire. On pourrait utiliser un système composé par une trémie de sortie réglable située au dessus d'une bande transporteuse.

A1.5.2.3.2 Couverture avec des substrats

Même cette opération pourrait être accomplie à l'aide d'une trémie doseuse. Les plateaux remplis de bulbes pourraient avancer le long d'une bande sous la trémie.

1.5.2.3.3 Arrosage

On pourrait utiliser des micro-arroseurs placés sur les plateaux, intégrés au sein de la structure d'appoint du système d'éclairage dans la zone de floraison.

A1.5.2.3.4 Coupe des fleurs

On pourrait faire passer les plateaux sous une barre tranchante au moyen d'une bande transporteuse. Ce système entraînerait inévitablement des dommages, vu que toutes fleurs n'ont pas la même taille.

A1.5.2.3.5 Recyclage des substrats et des plateaux

Une fois le processus finalisé, aussi bien le substrat et les plateaux sont désinfectés et pour une utilisation ultérieure.

A1.5.3 Culture sous macrotunnels et tunnels serre

A1.5.3.1 Matériel de couverture

La culture forcée pourrait se réaliser sous des macrotunnels ou tunnels serre. En contrôlant la température, l'humidité relative et l'éclairage avec des dispositifs et des couvertures adéquates, il serait possible d'anticiper la floraison par rapport à l'époque de floraison dans le champ.

A2 **TRAITEMENT DU SAFRAN** **EN ESPAGNE, EN GRÈCE ET EN ITALIE**



Emondage des fleurs (photo Corongiu)

A2 TRAITEMENT DU SAFRAN

EN ESPAGNE, EN GRÈCE ET EN ITALIE

Dans les pages suivantes, on illustre en détail les processus auxquels est soumise la fleur depuis la récolte dans le champ jusqu'au moment où leur stigmates sont transformés en épice. Ce processus diffère dans les trois régions méditerranéennes étudiées : Castille-La Manche (Espagne), Macédoine Occidentale (Grèce) et Sardaigne (Italie).

A2.1 TRANSPORT ET CONSERVATION DES FLEURS

Les fleurs sont transportées dans des conteneurs spécifiques du champ jusqu'à l'endroit destiné au traitement afin de les conserver dans les meilleures conditions possibles. En Macédoine Occidentale on utilise des paniers fabriqués à partir des divers matériaux. En Castille-La Manche les paniers sont en osier ou en sparte ayant des hauteurs et diamètres variables. Les fleurs sont déposées délicatement dans les paniers en prenant soin de ne pas les superposer excessivement pour éviter de les endommager. En Sardaigne les paniers sont faites de brins d'olivier sauvage juxtaposés avec des tiges de roseaux jeunes. S'il y a du vent, on utilise des paniers à bouche étroite (avec une ouverture de 20 cm) pour éviter que les fleurs les plus légères s'envolent.

Une fois les fleurs récoltées, elles sont transportées au local destiné au



*Fleurs de safran dans la
typique corbeille sarde
(photo Corongiu)*

traitement le plus tôt possible dans des conteneurs en bois ou en plastique (Sardaigne) ou dans les paniers (Macédoine Occidentale et Castille-La Manche). Dans les trois régions, si le temps est pluvieux pendant la récolte, les fleurs sont étalées sur des sacs ou sur le sol pour les faire sécher. Dans des conditions normales, sans pluie et lorsqu'on va procéder à l'émondage des fleurs (séparer les stigmates du reste de la fleur) elles sont disposées sur la table où ce processus aura lieu. Dans les trois régions le temps d'émondage a une grande influence sur la qualité du produit final, voilà pourquoi il faut émonder et déshydrater le produit le jour même de la récolte.

A2.2 ÉMONDAGE

Il s'agit d'une opération qui a été traditionnellement observée tout au long des siècles et où les mains sont les véritables protagonistes. Jusqu'à présent, l'opération d'émondage qui consiste à retirer le stigmate des fleurs ne pouvait s'effectuer qu'à la main. Aujourd'hui en Macédoine Occidentale certains gros producteurs mènent cette activité à l'aide d'une machine semi-automatique faite sur place par eux-mêmes. Son fonctionnement consiste à séparer les stigmates et les étamines dont le poids est plus élevé par rapport à celui des pétales, à travers l'action de l'air produit par un ventilateur. Ils utilisent aussi le processus manuel qui permet d'obtenir un safran de meilleure qualité. En Macédoine Occidentale le rendement des fleurs varie de 3 à 15 Kg/ha. En général 1 Kg de fleurs produit 72 g des stigmates frais ou 12 g des stigmates secs. Pour la production de 1 kg de safran le nombre de fleurs nécessaires varie entre 70 000 et 200 000.

En Sardaigne la technique traditionnelle pour séparer les stigmates des autres parties de la fleur peut s'effectuer de deux façons différentes. L'une d'entre elles est la suivante : on ouvre la fleur en utilisant les deux mains et on coupe le style juste au dessus de la base des trois stigmates, en faisant attention à ne pas les séparer ; ensuite on élimine la partie blanche du style. Une autre technique d'émondage utilisée par les jeunes producteurs est la suivante : on coupe la fleur dans le tube du périanthe, sans ouvrir les pétales, par l'ongle ou bien au moyen d'une paire de petits ciseaux, en tenant les stigmates dans l'autre main. Une émondeuse expérimentée traite 600-700 fleurs l'heure, ce qui correspond à une production de safran séché de 5-6 g. La moyenne de rendement correspondant est de 4 grammes de safran séché par heure.

En Castille-La Manche on coupe la fleur dans le tube du périanthe avec l'ongle du pouce et l'index de la main droite, en laissant le moins possible de portion jaunâtre du stigmate (il faut faire attention à ne pas séparer les trois filaments du stigmate). En même temps on exerce une petite pression sur la fleur pour l'ouvrir légèrement et pouvoir extraire

le stigmate complet. Lorsque ce dernier est de bonne qualité, il est tellement long qu'il perce à travers la fleur fermée. Une fois retiré, le stigmate est déposé dans un plat, alors que le reste de la fleur est lancée dans le giron de l'émondeuse. La technique varie légèrement lorsque la fleur est ouverte.



Emondage en Castille-La Manche (photo UCLM)

A2.3 DÉSHYDRATATION DES STIGMATES

C'est le processus le plus important et délicat, pendant lequel les stigmates perdent 20 % de leur poids initial et sont transformés en épice. En général la déshydratation peut s'effectuer de deux façons différentes : la première, comme c'est le cas en Inde, en Iran ou au Maroc, les stigmates sont étendus sur des grandes surfaces et on les laisse sécher à température ambiante (au soleil ou à l'ombre dans un endroit aéré). L'autre possibilité consiste à les soumettre à des températures élevées à travers des flux d'air chaud ou à les faire griller sur une source de chaleur ou encore on les garde dans des chambres à température contrôlée.

Les régions européennes étudiées utilisent cette dernière façon de déshydrater les stigmates même si elles utilisent des processus différents entre elles, suivant l'expérience locale. Tous les producteurs des zones considérées partagent l'avis qu'il faut déshydrater les stigmates

le jour même de la récolte et de l'émondage. Lorsqu'il n'est pas possible d'émonder les fleurs le jour même de la récolte, elles sont disposées sur des toiles en plastique au sol dans des locaux bien aérés en couches épaisses moins de 10 cm (afin d'éviter qu'elles se collent et les stigmates en soient endommagés).

En Castille-La Manche, le processus de déshydratation consiste à étaler les stigmates frais en couches de moins de 2 cm sur des tamis en toile métallique ou en soie. Ensuite on met le tamis sur une source de chaleur. Actuellement les sources de chaleur les plus utilisées pour déshydrater le safran sont le feu, la cuisinière au gaz butane ou les braises de sarment. D'autres sources de chaleur utilisées, moins fréquemment, sont les fours au feu de bois, les braseros électriques, les résistances électriques et les caléfacteurs d'air chaud. Quant à la température de déshydratation elle est toujours supérieure à 70 °C et la durée est d'une demi heure environ. On détermine si le safran est bien déshydraté par les suivants paramètres : au toucher, sa couleur, son arôme et son aspect. Le point optimum de déshydratation se situe à 10 %, pour éviter une fragilité excessive de l'épice en phase de conditionnement : voilà pourquoi le safran n'a pas besoin d'être humecté préalablement.



Tamis utilisé en Castille-La Manche pour faire sécher les stigmates (photo UCLM)

En Macédoine Occidentale on étale les stigmates sur des tamis en soie où ils sont séchés à une température contrôlée entre 25 et 30 °C de 12 à 24 heures. L'humidité optimum pour le produit final varie entre 10 et 12%. Le safran est déshydraté lorsqu'il se décolle de la surface du tamis auquel il adhérerait quand il était frais.

En Sardaigne, avant le processus de déshydratation on effectue la « feidatura » qui consiste à humecter les stigmates avec l'huile d'olive extra- vierge (un quart de cuiller à café pour 100 g de safran frais). On pense que ce processus améliore l'aspect physique des stigmates et sa conservation. Ensuite, on dispose les stigmates sur des planches en bois et on les déshydrate à la chaleur du soleil ou au feu de la cheminée. Au cours de ces dernières années on utilise de plus en plus des séchoirs électriques de petites dimensions équipés d'un thermostat à une température de 45 °C environ.



Figure 3 L'émondage, la « feidatura » et la déshydratation du safran en Sardaigne (photo ERSAT)

La conclusion principale que l'on peut tirer quant au processus de déshydratation c'est que le moyen employé (source de chaleur, température et durée du processus) joue un rôle très important dans la for-

mation des caractéristiques organoleptiques du safran (couleur, saveur et arôme). De plus, une partie importante de la valeur du safran lui est attachée en raison de la taille des stigmates. À cet effet il est conseillé de choisir les conditions qui permettent d'obtenir une longueur et un volume plus importants. De façon générale, on peut affirmer que les systèmes à déshydratation plus rapide produisent des safrans ayant des stigmates moins longs et, parmi ceux-ci, plus d'air chaud on utilise et moindre sera la taille des stigmates et le volume obtenus. D'autre côté, la déshydratation à température ambiante produit toujours du safran aux tonalités sont plus foncées ; ce safran est ensuite moulu, car son aspect est d'un rouge plus intense.

A2.4 NETTOYAGE DU SAFRAN

En Macédoine Occidentale, après le processus de déshydratation et avant le conditionnement on élimine à la main toutes les matières étrangères présentes. Pour la présence de matériaux métalliques on utilise des machines spécifiques fournies d'un aimant. En Castille-La Manche les producteurs éliminent manuellement les étamines ou d'autres parties florales pouvant être présentes après le processus de déshydratation. En Sardaigne, une fois le processus de déshydratation accompli, on conserve le safran dans des caisses métalliques hermétiques (en attendant le conditionnement).

A3

**STOCKAGE ET EMBALLAGE
DU SAFRAN**

EN ESPAGNE, EN GRÈCE ET EN ITALIE



Récolte (photo Corongiu)

A3

STOCKAGE ET EMBALLAGE DU SAFRAN

EN ESPAGNE, EN GRÈCE ET EN ITALIE

Le stockage et l'emballage sont deux processus très importants pour la conservation de la qualité de départ de l'épice. Ci-dessous, on présente les différentes méthodes régionales employées en Castille-La Manche (Espagne), Sardaigne (Italie) et Macédoine Occidentale (Grèce) par les producteurs, les producteurs commerçants et les emballeurs.

Le producteur simple effectue toutes les activités post récolte (émondage, grillage et stockage) du safran, mais il ne vend pas le produit sous un label spécifique : sa fonction est celle de fournir le produit aux emballeurs/commerçants qui vont ensuite le conditionner. Dans le cas du producteur-commerçant il s'occupe de tous les passages liés à la post- récolte et à la vente. L'emballeur distributeur ensuite se charge de l'achat du safran, du nettoyage, de la classification et de la vente.

Ces professionnels ont la tâche de conserver le safran dans les conditions les meilleures jusqu'à la vente du produit.

Pendant la période de stockage du safran et, dans le but de conserver le safran dans les meilleures conditions possibles, il est recommandé de contrôler les facteurs suivants :

- temps de stockage
- température



Stigmates séchés au pesage (photo: ERSAT)

- taux d'humidité relative
- radiations ultraviolettes
- composition de l'échantillon

A3.1 STOCKAGE AVANT LE CONDITIONNEMENT

En Castille-La Manche les producteurs et les producteurs commerçant gardent le safran en stock pendant un an environ et aujourd'hui on suit de moins en moins l'usage de le garder pendant longtemps. La tendance du marché est celle d'acquérir et commercialiser le safran de l'année (condition requise indispensable en cas d'Appellation d'Origine). En ce qui concerne les conditions environnementales, grâce aux thermo-hygromètres on peut vérifier le taux d'humidité et la température mais la pratique la plus courante est celle de conserver le produit dans un endroit frais et à l'abri de la lumière.

En Castille-La Manche l'emballeur distributeur stocke souvent le safran dans une chambre de réfrigération et, s'il ne dispose pas de chambre de stockage spécifique, il le garde dans un endroit frais, sec et à l'abri de la lumière. Les conditions de stockage sont les suivantes :

- température : entre 5 et 10°C.
- taux d'humidité: les valeurs admises varient entre 30-50% HR.

Le temps qui va du stockage au conditionnement varie en fonction de l'emballeur. Quelques-uns achètent la provision annuelle de la récolte et ils la conditionnent tout de suite après, selon les demandes du marché. Il est plus fréquent d'acheter le safran de l'année et de rejeter celui des années précédentes, puisque avec le temps le produit perd ses caractéristiques organoleptiques.

Une fois le safran mis dans la chambre de stockage, il est conservé dans des sacs en plastique à l'intérieur de récipients de polystyrène ou de caisses en bois.

En Macédoine Occidentale producteur garde le safran dans des récipients de 2.5 kg dans un endroit à basse température, dans des tonneaux de 10-15 kg ou dans des sacs en plastique, en général pendant un à deux mois. L'humidité relative du produit est de 10% environ, celle de l'environnement 40-60%. La température de l'entrepôt ne doit pas atteindre 10°C. Quant au producteur commerçant, il conserve le safran dans le réfrigérateur, dans des récipients de 2.5 kg, dans des tonneaux de 10-15 kg ou dans des sacs en plastique. Le temps moyen de conservation est jusqu'à cinq ans. L'humidité relative de chaque échantillon est de 10% environ, alors que celle de l'environnement est égale à 40-60%. La température de l'entrepôt est 4°C.

En Sardaigne les producteurs et les producteurs commerçants avant le conditionnement et l'écoulement sur le marché conservent le safran après déshydratation dans des conteneurs étanches en tôle ou en verre

opaque pour éviter toute exposition à la lumière et à l'air. En général, le produit est écoulé dans les 12 mois suivant la production. Les locaux de stockage ne sont pas soumis au contrôle de la température et de l'humidité relative.

En Sardaigne et en Macédoine Occidentale les conditions de stockage pour l'emballer distributeur sont les mêmes que dans le cas du producteur commerçant.

A3.2 2 PROCESSUS PRÉCEDANT LE CONDITIONNEMENT

En ce qui concerne les processus préalables au conditionnement du safran, ils impliquent le pesage au moyen de petites balances de précision et manuelles ainsi que le nettoyage, la désinfection, le contrôle de l'humidité, l'homogénéisation du lot et le broyage.

A3.2.1 NETTOYAGE: IMPURETÉS ET RESTES FLORAUX

Parmi les restes floraux on comprend : les pétales, les styles libres (séparés des stigmates), les étamines, le pollen et les parties de l'ovaire de la fleur *Crocus sativus* L. (ISO TS-3632-1: 2003), ainsi que des matières étrangères aux feuilles, comme les parties de la tige, les pailles et d'autres parties végétales de la fleur *Crocus sativus* L. (ISO TS-3632-1: 2003).

En Sardaigne (producteurs commerçants) le nettoyage des impuretés a lieu au moment de l'émondage des fleurs.

En Macédoine Occidentale (producteurs commerçants) on dispose d'un banc spécifique sur lequel on contrôle visuellement la présence des matières étrangères (gravier, herbes, poils, feuilles, terre, insectes, morceaux de plastique etc.) Le safran est posé et passés par un tamis spécifique, pour un temps maximum de cinq secondes dans le but d'éliminer le pollen.

En Castille-La Manche, (emballeur distributeur) le nettoyage des impuretés est fait à la main en faisant attention à ne pas rompre les filaments, facteur qui fait monter le coût de la manipulation. Quelques emballeurs ont réalisé des essais pour automatiser ce processus, sans obtenir cependant des résultats très satisfaisants.

A3.2.2 DÉSINFECTION: PROCESSUS

En Castille-La Manche plusieurs emballeurs utilisent des produits désinfectants autorisés en vue de lutter contre la prolifération d'insectes, puisque la normative actuelle interdit l'utilisation de bromure de méthyle et oxyde d'éthylène.

En Sardaigne et en Macédoine Occidentale le producteur commerçant ne réalise aucun processus de désinfection.

A3.2.3 CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ

Il est nécessaire de contrôler l'apport d'humidité au produit, car un excès d'humidité pourrait non seulement faire dépasser les limites établies par la loi ou les spécifications des clients, mais aussi favoriser la croissance de moisissures et levures et causer la perte des unités de pouvoir colorant (par la dissolution des crocines). Les valeurs d'humidité pour le safran en filaments sont plus élevées que pour le safran en poudre.

En Sardaigne le producteur commerçant ne réalise aucun contrôle de l'humidité. Les analyses faites sur des échantillons indiquent une humidité du produit qui n'atteint pas 10%.

En Macédoine Occidentale (producteur commerçant) le safran collecté par la «Coopérative de Safran» est reçu avec une humidité jusqu'à 11,5%. Lorsque celle-ci est supérieure à cette valeur le produit est envoyé au séchage dans un four spécifique de la coopérative.

En Castille-La Manche, (emballeur distributeur) une pratique habituelle dans la manipulation du safran en filament consiste à humidifier légèrement les filaments, ce qui rend plus élastique et plus résistant à la rupture le stigmaté.

A3.2.4 SÉLECTION DU SAFRAN, MÉLANGE ET HOMOGENÉISATION DU LOT

En Sardaigne la sélection est faite lors de l'émondage des fleurs.

En Macédoine Occidentale le safran est posé sur une grande table sur laquelle les types de safran provenant des récoltes des différents producteurs sont mélangés à la main par quantité de 20-50 kg dans le but d'obtenir un lot homogène.

En Castille-La Manche, les emballeurs sélectionnent le produit acheté sur la base de critères qualité spécifiques : le profil analytique du produit, le niveau de pureté au nettoyage (présence de restes floraux, de cheveux, de graines, de lentilles, de peluches, de gravier,...), l'absence d'insectes, la couleur, le pouvoir colorant, la longueur des filaments et le nombre réduit de safran cassé.

D'habitude on sélectionne les lots analysés et on les mélange à la main pour satisfaire les exigences et les besoins du client par rapport à la longueur du filament, la qualité de l'épice, le pouvoir colorant, l'intégrité des filaments,... On rappelle aussi le procédé du tamisage, qui sert à obtenir des safrans ayant une longueur de filament spécifique

A3.2.5 MOULAGE: SAFRAN EN POUDRE ET BROYÉ

En Sardaigne (producteur commerçant) le safran vendu en poudre est moulu après grillage traditionnel (par exemple, en utilisant un fer

à repasser qui est passé sur une feuille de papier pour aliments repliée renfermant les stigmates) ou au moyen de petits moulins à café ou, encore, dans les grandes exploitations, avec les mêmes machines doseuse conditionneuses.

En Macédoine Occidentale (producteur commerçant) le safran est moulu dans une machine spéciale.

En Castille-La Manche cette opération est complètement automatique ou semi-automatique en fonction du type d'installation de broyage utilisée. Dans ce processus on peut sélectionner la granulométrie du safran par tamisage (à la main ou automatique). Si le safran est déshydraté, il sera plus facile à moudre.

A3.3 CONDITIONNEMENT

A3.3.1 Matériaux et présentation du produit

En Castille- La Manche (producteur commerçant) le type de matériel utilisé pour le conditionnement primaire (le matériel en contact avec le produit) peut varier, des celluloses, aux plastiques (polyéthylène, polypropylène, polystyrène, PET, PVC, cellophane), au verre, à l'aluminium, le fer blanc, etc. Tous ces matériaux ne sont pas appropriés pour une conservation optimale, mais ils obéissent aux conditions et aux usages du marché. Les meilleurs matériaux pour la conservation du safran sont ceux qui le protègent de la lumière et de l'humidité et ne transmettent rien au produit (odeur, saveur...). On a l'habitude de conditionner le safran dans des formats établis et en petites quantités (moins de 5 g). Le format le plus utilisé est en vrac. En général le produit est gardé dans des sacs en polyéthylène à l'intérieur de cartons ou de récipients métalliques.

Chez l'emballleur distributeur, même si les présentations du safran sont variées, c'est la mono dose celle qui l'emporte (jusqu'à 1 mg) et les emballages de moins de 5 g. En général, au détail on ne demande pas des récipients avec plus de 5 g de safran. Le matériel utilisé pour ces emballages est de type cellulose ou film transparent (surtout pour le safran en filaments). Il existe aussi un marché pour la vente en vrac, destiné aux entreprises qui préparent des plats cuisinés, aux restaurateurs ou aux entreprises emballeuses : dans ce cas-là, les récipients utilisés habituellement sont des sacs en polyéthylène introduits dans des emballages métalliques ou des cartons. Ces entreprises sont les plus avancées technologiquement et utilisent des emballages sous atmosphère contrôlée ou inerte (à l'aide de machines à emballer sous vide et à injection de gaz, ou en utilisant des récipients fabriqués à partir de matériaux ayant de propriétés d'étanchéité contre l'oxygène et l'humidité).

En Sardaigne (producteur commerçant) le safran est conditionné

dans des récipients en verre, en papier ou en plastique pour aliments. On utilise également des pots en terre cuite ou en liège, deux matériaux typiques sardes. Les quantités conditionnées vont 1/10e de gramme à 5 grammes.

En Macédoine Occidentale (producteur commerçant) pour conditionner le safran on utilise des récipients en fer-blanc, des boîtes, des sacs en plastique pour aliments, des pots en verre, ou encore des sachets à couches multiples pour aliments. Le safran en filaments est conditionné comme suit :

A) Boîtes en plastique :

- boîte de 1 g (emballage 12 x 1 g = 12 g et 6 x 12 g = 72 g),
- boîte de 1 g (emballage 12 x 1 g = 12 g et 6 x 12 g = 72 g, 12 x 12 g = 144 g),
- boîte de 2 g (emballage 12 x 2 g = 24 g et 6 x 12 x 2 g = 144 g),
- boîte de 4 g (emballage 12 x 4 g = 48 g et 6 x 48 g = 288 g),

B) Récipient en fer-blanc de 28 g (emballage 6 x 28 g = 168 g),

C) Pots en verre:

- pot de 1g (emballage 6 x 1 g = 6 g et 6 x 6 g = 36 g),
- pot de 2 g (emballage 6 x 2 g = 12 g et 6 x 12 g = 72 g)

Le safran biologique est emballé comme suit :

A) En filaments, dans des pots en verre :

- pot de 1 g (emballage 2 x 1 g = 2 g)

B) En filaments dans des boîtes en plastique :

- boîtes de 0,5 g (emballage 12 x 0,5 g = 6 g).

C) En poudre dans des sachets :

- 1 g (emballage 12 x 1 g = 12 g et 6 x 12 g = 72 g et 12 x 12 g = 144 g)
- 0,5 g (emballage 12 x 0,5 g = 6 g)
- 0,25 g (emballage 40 x 0,25 g = 10 g et 12 x 10 g = 120 g)
- 0,125 g (4 x 0,125 g = 0,50 g)

A3.3.2 PROCESSUS DE CONDITIONNEMENT

En Castille-La Manche le conditionnement chez le producteur commerçant de safran est fait complètement à la main, dès le remplissage des récipients jusqu'à son étiquetage, alors que le processus automatique est plutôt rare.

Même si dans quelques entreprises d'emballage on a essayé d'automatiser le processus d'emballage du safran en filament, la plupart du secteur safranier accomplit cette phase de la production manuellement, et notamment le pesage et le nettoyage. L'automatisation de cette partie du processus est très difficile, car il faut veiller à la fragilité du filament pour éviter sa rupture, ainsi qu'à la précision du poids de la quantité de safran. Le pesage du safran dans des petits formats se réalise en utilisant des balances de précision, où la variation maximum admise est très strictement indiquée par la loi, ou bien fixée par l'emballleur ou le client. Parmi les processus automatiques utilisés par l'emballleur distributeur on cite le conditionnement du safran moulu en monodose. Ce processus est très développé et actuellement les entreprises disposent des machines emballeuses dont le rendement et la fiabilité de dosage sont très élevés. Ces machines ont également la fonction d'étiquetage du produit.

En Sardaigne (producteur commerçant) les confections sont préparées à la main dans la plupart des cas. Seules les grandes entreprises commerciales conditionnent mécaniquement le produit avec des machines mouleuse-doseuses automatiques. En Sardaigne il n'existe que deux entreprises de ce genre.

En Macédoine Occidentale (producteur commerçant) le safran en filaments est pesé sur des balances de précision et ensuite rangé dans les boîtes à la main.

A l'extérieur des boîtes, des étiquettes autocollantes sont appliquées à la main. Les sachets sont remplis à l'aide d'une machine spécifique. La poudre de safran est pesée et les sachets sont fermés par la même machine. Ensuite les sachets sont rangés dans les boîtes par des ouvriers.

A3.3.3 EMPLOI DE GAZ INERTE

En Castille-La Manche l'emballleur distributeur utilise les gaz inertes pour conditionner le safran. Il s'agit d'une pratique développée très récemment. Avec cette technique on compte prolonger la vie utile du safran et freiner ainsi les processus d'oxydation qui fait dégrader les caractéristiques chimiques et organoleptiques du produit. Pour que l'emballage dans une atmosphère inerte soit adéquat, il est nécessaire de vérifier la qualité du matériel d'emballage et l'étanchéité du récipient.

A3.4 STOCKAGE APRÈS CONDITIONNEMENT

En Castille-La Manche (producteur commerçant) le safran est conditionné sur la base de la demande des clients, puisqu'il n'est conditionné qu'en vue d'une commercialisation rapprochée dans le temps.

Dans le cas du safran écoulé au détail, le matériel d'emballage choisi est le carton qui rend plus facile le transport du produit grâce à son poids léger. Ce type d'emballage est utilisé également pour présenter le produit à la vente directe, qui permet d'écouler tout le contenu en deux jours. Dans le cas de l'emballer distributeur, en Castille-La Manche le temps de stockage dans ses locaux n'est pas prolongé, puisque le produit est vendu tout de suite après son emballage. Le safran conditionné est conservé à température et humidité ambiantes, même s'il est recommandé de le garder dans un endroit frais et sec jusqu'au moment de son expédition.

Même en Sardaigne, (producteur commerçant) le stockage ne dure que quelques jours, puisque le produit est conditionné suivant la demande des commerçants.

En Macédoine Occidentale (producteur commerçant) en moyenne le stockage après l'emballage peut durer jusqu'à cinq ans.

**A4 TECHNIQUES POUR
LA DETERMINATION
DE LA QUALITE DU SAFRAN**



Fleur de safran (photo ULCM)

A4 TECHNIQUES POUR LA DETERMINATION DE LA QUALITE DU SAFRAN

LA QUALITE DU SAFRAN EN ESPAGNE, GRÈCE ET ITALIE

Il est difficile de définir le concept de « qualité du safran » car il y a trop de paramètres à étudier. D'une façon simplifiée, tous ces paramètres peuvent être englobés dans deux grands groupes : paramètres intrinsèques (ceux qui déterminent les caractéristiques propres de l'épice) et extrinsèques (ceux qui sont externes à l'épice). En ce qui concerne le premier groupe il est possible de déterminer deux sous-groupes : les paramètres physico-chimiques tels que l'humidité, la teneur en cendres, le pouvoir colorant, etc., qui sont déterminés à partir de certaines techniques analytiques et les paramètres organoleptiques qui sont déterminés par l'analyse sensorielle. Par rapport aux paramètres extrinsèques, il est possible de certifier qu'il n'y pas de frelatages et que les teneurs en flore bactérienne et en pesticides se trouvent au dessous des limites fixées par la législation grâce à des contrôles de qualité. Ce paragraphe rassemble toutes les techniques employées dans les trois régions permettant d'établir la qualité du safran.



*Fleurs de safran dans
la typique corbeille
espagnole (photo
ULCM)*

A4.1 DÉTERMINATIONS PHY- SICO-CHIMIQUES

Ce groupe inclut les paramètres les plus utilisés en ce qui concerne le

contrôle de la qualité du safran tels que le pouvoir colorant ou la teneur en humidité.

La différence la plus significative entre les trois régions porte sur le type de normes servant à la certification des différents paramètres. Alors que la Sardaigne utilise des techniques basées sur la Pharmacopée Européenne, la Grèce et l'Espagne utilisent comme référence la Norme ISO/TS 3632. De plus, l'Espagne utilise aussi d'autres Normes et Règlements ayant différents buts : certifier la qualité du safran à exporter, de celui qui est vendu sur le marché intérieur ou garantir et protéger le safran produit dans différentes zones géographiques. Les informations disponibles sur les déterminations physico-chimiques ont été structurée en trois paragraphes : techniques basées sur la Norme Pharmacopée Européenne, techniques basées sur la Spécification Technique ISO/TS 3632 et, enfin, autres spécifications techniques.

A4.1.1 TECHNIQUES BASÉES SUR LA PHARMACOPÉE EUROPÉENNE

Dans la région productrice de Sardaigne, sont employées des techniques basées sur la Pharmacopée Européenne et sur des méthodes développées par des chercheurs de la région. Ces dernières méthodes certifient que les différents paramètres se situent dans les limites fixées par la législation. Elles sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

Paramètre	Limite admise
Perte de poids (% p/p)	non supérieure à 10%
Pouvoir colorant (A – 440 nm)	non inférieure à 0,44
Cendres totales (% p/p)	non supérieure à 7 %
Crocine (% p/p)	non inférieure à 7,28 %

Tableau 6. Paramètres établis par la législation italienne sur le safran

A4.1.1.1 Evaluation de la perte de poids au séchage

Elle s'effectue en utilisant un séchoir à circulation d'air forcée à une température de 105°C. Un échantillon de safran de 0,2 g en filaments pesé exactement est inséré dans une capsule d'aluminium de 10 cm de diamètre et il est tenu dans le séchoir à la température indiquée jus-

qu'à ce que le poids soit constant. A l'issue du test, effectué sur tous les échantillons le lendemain de leur livraison, le résidu sec est pesé. A partir du poids initial et final, on calcule pour chaque échantillon le pourcentage de perte de poids au séchage.

A4.1.1.2 Détermination des cendres totales

Elle s'effectue selon la description de la Pharmacopée Européenne, sur des échantillons de safran en filaments séchés au séchoir à 105°C jusqu'au poids constant. Un échantillon de safran (pesé exactement) est inséré dans une capsule de porcelaine et on le brûle à la flamme directe. Le poids des cendres obtenues est exprimé en pourcentage du poids de drogue séchée. Les valeurs que nous avons relevées pour les productions de San Gavino Monreale sont toutes inférieures à la limite maximale et sont comprises entre 4,98% et 5,60%.

A4.1.1.3 Détermination des substances extractibles avec n-hexane

Elle s'effectue sur des échantillons de safran en filaments séchés au séchoir à 105°C jusqu'au poids constant, par traitement à froid avec n-hexane dans un percolateur à colonne. Au terme de l'extraction, la substance résiduelle est séchée en courant d'azote et pesée. La variation du poids est exprimée en pourcentages pour 100 g de substance séchée. Compte tenu de la technique traditionnelle consistant à humecter les stigmates de safran avec de l'huile extra vierge d'olive, un lavage à froid est effectué avec du n-hexane et on détermine la valeur en poids de l'extrait. Les données quantitatives obtenues sont comprises entre 0,89% et 1,09%.

A4.1.1.4 Détermination du pouvoir colorant

Elle s'effectue selon la description de la Pharmacopée Européenne, sur des échantillons de safran en brin séchés au séchoir à 105°C jusqu'au poids constant, et traités avec un volume donné d'eau bidistillée pendant un temps donné. Le pouvoir colorant du safran est déterminé par la mesure de l'absorbance à 440nm de la solution extractive opportunément diluée. Les mesures de l'absorbance sont effectuées au moyen d'un spectrophotomètre UV Vis à double rayon.

A4.1.1.5 Extraction du safranal et hydrolyse de la picrocrocine

Dans un ballon de 50 ml, muni d'un agitateur mécanique et réfrigérant à retombée, on charge 5,00 g de safran séché, dégraissé et finement pulvérisé, et 30 ml de n-hexane. La suspension est tenue en agitation à température de reflux du solvant, à l'abri de la lumière et en présence

d'une légère charge battante d'azote. Au bout de trois heures, on refroidit à température ambiante et on sépare la fraction surnageante par filtration par aspiration sur des filtres Hewlett - Packard cod. HP - 5181-1246 de 0,45 µm. Le résidu solide est lavé trois fois avec 10 ml de solvant frais, en récupérant chaque fois les solutions de lavage et en les unissant au premier filtrat. La solution obtenue est additionnée d'une quantité donnée de phencone (standard interne) et soumise à des analyses chromatographiques en phase gazeuse pour la détermination du safranal contenu en tant que tel dans la drogue, selon le procédé décrit par Moretti et al. La substance résiduelle, après éloignement du solvant par insufflation d'un léger flux d'azote, est soumise à distillation en courant de vapeur en présence d'alcali (NaOH 0,1 N) dans un appareil de Clevenger. La phase huileuse qui se forme au cours du processus d'extraction est recueillie dans la partie graduée du condensateur, contenant un volume donné de xylène purifié, additionné d'une quantité donnée de phencone (standard interne). Au terme de la distillation de l'huile essentielle, on détermine l'augmentation de volume de la phase organique, qui est ensuite pesée après déshydratation sur sulfate de sodium anhydre, et transférée dans des récipients de verre foncé, conservés à une température de 4°C jusqu'au moment de la détermination chromatographique en phase gazeuse du safranal, formé par l'hydrolyse de la picrocrocine contenue dans la drogue.

A4.1.1.6 Détermination chromatographique en phase gazeuse du safranal

Elle s'effectue en utilisant un chromatographe en phase gazeuse Carlo Erba HRSGC série Mega 5300 muni de détecteur à ionisation de flamme (FID) relié à un intégrateur Hewlett - Packard 3396 série II et doté d'une colonne capillaire en silice fondue, à phase liée, de Carbowax 20M (15 m x 0,25 mm; épaisseur du film 0,25 mm). Les analyses s'effectuent dans les conditions suivantes : température de la chambre thermostatique programmée de 50 à 180°C, avec une augmentation de 3°C/mn, un isotherme initial de 8 mn et une phase finale de 20 mn ; température du bloc d'injection et du détecteur respectivement de 200 et 220°C. On utilise comme carrier de l'hélium à un débit de 0,5 ml/min. La détermination qualitative du safranal est effectuée en utilisant la technique du standard interne. Dans les échantillons examinés, la quantité est comprise entre 3,83% et 4,82%.

A4.1.1.7 Extraction des composants caractéristiques du safran

Les essais d'extraction s'effectuent avec du méthanol à température ambiante. En bref, 100 mg de drogue desséchée et dégraissée pesée précisément sont placés dans un ballon jaugé contenant 25 ml de méthanol anhydre et une armature magnétique. Le système est maintenu

en agitation (600 rpm) à température ambiante, en absence de lumière et en atmosphère d'azote jusqu'à l'obtention d'un résidu incolore. Au terme du processus d'extraction, la drogue épuisée est séparée de la solution d'extraction par un filtrage sous vide et lavée avec du méthanol frais jusqu'à ce que les eaux de lavage soient incolores. Les eaux de lavage sont jointes à la solution d'extraction et portées au volume de dilution désiré, tandis que le résidu est desséché en étuve à 105 °C jusqu'à un poids constant.

Les valeurs obtenues, pour la drogue préalablement desséchée, sont autour de 70% avec un minimum de 67,63% et un maximum de 72,25 %. Les données de la littérature qui se rapportent à l'extrait aqueux total varient de 55% à 60%.

A4.1.1.8 Détermination de la crocine, de la picrocrocine et du safranal dans les extraits méthanoïques

La détermination quantitative des composants caractéristiques du safran s'effectue au moyen de mesures d'absorbance sur les extraits métaboliques de la drogue, opportunément dilués, aux longueurs d'onde suivantes :

- 440 nm pour la crocine;
- 318 nm pour il safranal;
- 257 nm pour la picrocrocine.

On utilise comme blanc le même solvant présent dans l'extrait. Les mesures d'absorbance ont été effectuées en utilisant un spectrophotomètre UV-VIS à double rayon. Les données quantitatives ont été calculées en faisant référence aux valeurs de A (1%, 1 cm). Les lois en vigueur établissent une limite non inférieure à 0,44 pour l'absorption à 440 nm de la solution extractive obtenue en traitant 0,10 g de safran avec 5 ml d'eau et en diluant ensuite 1 ml de la solution mère à 500 ml. Les valeurs d'absorption à 440 nm des extraits aqueux du safran produit à San Gavino Monreale sont en effet comprises entre 0,96 et 1,13. Les données quantitatives obtenues par la mesure d'absorption à 440 nm des extraits métaboliques mettent en évidence un contenu en crocine, exprimé en crocine 1, compris entre 17,54% et 19,27%. Les données quantitatives de la picrocrocine obtenues sont comprises entre 24,54% et 30,09%.

A4.1.2 TECHNIQUES BASÉES SUR L'ISO 3632

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) a en vigueur la spécification technique ISO/TS 3632 2003 (parties 1 et 2, respectivement relatives aux spécifications et méthodes d'essai du safran). La norme ISO du safran a été modifiée trois fois (1980, 1993 et 2003)

depuis sa création en 1975. Le texte de la norme a été amélioré depuis la première édition et adapté au commerce international de l'épice. L'édition de 1980 établissait trois catégories commerciales avec des tolérances pour la teneur en restes floraux oscillant entre 7 et 20%. Quant aux conditions chimiques, il était permis une humidité maximum du 14 % pour le safran en filaments et de 8% pour le safran en poudre. Elle établissait aussi des valeurs minima pour la teneur en cendres totales, extrait soluble en eau froide et teneur en nitrogène. En dernier lieu, des valeurs minima pour le pouvoir colorant étaient incluses, et celles-ci étaient mesurées à travers l'absorbance d'une dissolution aqueuse du safran à 440 nm. Cette dissolution aqueuse était la dissolution surnageant obtenue avant la filtration lors de la détermination de l'extrait soluble en eau froide selon le procédé décrit dans la norme ISO 941 :1980.

L'édition suivante, celle de 1993, a redéfini les catégories commerciales antérieures et a consolidé les paramètres définissant la qualité de l'épice dans le commerce international du safran. Un des principaux paramètres était le pouvoir colorant permettant de mesurer les crocines, la picrocrocine et le safranal. En fait, cette nouvelle édition de la norme établissait quatre différentes catégories de safran (I à IV) classées par pouvoir colorant et picrocrocine. Les valeurs minima de pouvoir colorant pour chaque catégorie étaient : 190, 150, 110 et 80. Une nouvelle méthode servant à déterminer les crocines, picrocrocine et safranal a été décrite. Cela était possible grâce à la spectrophotométrie ultraviolette visible, laquelle est utilisée actuellement avec quelques modifications. D'autre part, la norme ajustait les teneurs maxima en humidité et les matières volatiles et incluait de nouvelles valeurs pour la cellulose. Les spécifications éliminaient aussi les critères concernant les pourcentages minima pour l'extrait soluble en eau froide et nitrogène.

La version de l'année 2003 rassemble d'importants changements demandés par des entreprises du secteur, surtout en ce qui concerne la détection des frelatages.

En ce qui concerne les catégories de qualité du safran sous forme de filaments, coupés ou en poudre, elles ont été ramenées de quatre à trois, différenciées par le pouvoir colorant à 440 nm (190, 150 et 100), de telle façon que la catégorie IV de la norme précédente a été éliminée étant donné qu'un produit avec plus de 80 unités de couleur ne doit pas être considéré comme du safran. Avec la nouvelle norme, le critère « contenu maximum en cendres insolubles » pour les trois catégories a été unifié et les spécifications relatives à l'azote et à la cellulose brute ont été éliminées. Les références au pouvoir amer de la picrocrocine ont aussi été éliminées de la norme.

Le safran produit aussi bien dans la région de Kozani (Grèce) qu'en Castille-La Manche (Espagne) possède l'inscription à l'ISO 3632, Caté-

gorie I (conditions de qualité maximum), leur production dépassant les critères établis dans les spécifications techniques.

Caractéristiques	Catégories		
	I	II	III
Restes floraux (fraction massive), % max..	0,5	3	5
Matières étrangères (fraction massive), % max..	0,1	0,5	1,0

Tableau 7 Classification du safran en fonction des conditions physiques établies dans la Spécification Technique ISO 3632-1

Caractéristiques	Catégories Spécifiques		
	I	II	III
Teneur en eau et matières volatiles (fraction massive), % max.			
Safran en filaments	12	12	12
Safran en poudre	10	10	10
Cendres totales (masse) sur sec, % max..	8	8	8
Cendres insolubles dans l'acide (fraction massive), % sur sec, max.	1,0	1,0	1,5
Extrait soluble dans l'eau froide, (fraction massive) sur sec, max..	65	65	65
E _{1%_{1cm}} 257 nm sur sec, min.(valeur maximum d'absorption de picrocrocine)	70	55	40
E _{1%_{1cm}} 330 nm sur sec :Min.Max.(valeur maximum d'absorption de safranal)	20 50	20 50	20 50
Pouvoir colorant E _{1%_{1cm}} 440 sur sec, min.(À cette longueur, l'absorption de crocine est maximale)	190	150	100
Colorants acides artificiels hydrosolubles	Absence	Absence	Absence

Tableau 8. Classification du safran en fonction des conditions physiques et chimiques établies dans la Spécification Technique ISO 3632-1

A4.1.2.1 Humidité et composantes volatiles du safran

Actuellement, l'Organisation ISO a publié la Norme ISO 939:1980 qui établit la méthode pour déterminer l'humidité des condiments et des épices. Cette méthode n'est pas applicable dans le cas du safran car elle nécessite une prise d'essai trop élevée. Pour cette raison, une méthode spécifique pour déterminer ce paramètre dans le safran a été adjointe dans la Spécification Technique ISO/TS 3632-2:2003, alinéa 7.

La détermination de l'humidité et des composantes volatiles du safran, tant sous forme de filaments (entiers ou coupés) que sous forme de poudre, se fait conformément à la procédure suivante : ils sont pesés avec une balance analytique avec une précision \pm de 0,001 grammes, exactement 2,5 grammes du safran dans un verre de montre lequel a été bien séché précédemment. Le verre de montre avec l'échantillon est placé dans le four à $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 16 heures. La détermination de l'humidité et des composantes volatiles se fait avec la formule $W_{mv} = (m_0 - m_4) \times (100/m_0)$ %. Où m_0 est la masse en grammes initiale de l'échantillon en grammes et m_1 est la masse de l'échantillon après séchage en grammes.

Le matériel desséché sera gardé pour l'ultérieure détermination des cendres totales et de celles insolubles dans l'acide, respectivement selon les Normes ISO 928:1997 et ISO 930:1997.

A4.1.2.2 Cendres totales sur matière sèche

En prenant deux grammes de l'échantillon de safran (déjà utilisé pour déterminer l'humidité) et suivant le protocole ISO 928 :1997, on peut calculer le taux de cendres totales qui est d'environ 8%. On suit le processus suivant : peser à une précision de 0.1 mg environ 2g de prise d'essai sur une capsule de porcelaine. Cette capsule devra avoir été chauffée pendant 1 heure dans le moufle à $550 \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Refroidir dans le séchoir et ensuite peser avec précision de 0,1 mg. Chauffer la capsule dans une plaque jusqu'à la carbonisation de la prise d'essai. Puis introduire la capsule dans le moufle à $550 \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 2 heures. Refroidir et humecter les cendres avec des gouttes d'eau qui s'évaporent dans un bain thermostatique jusqu'au séchage de celles-ci. Réchauffer la capsule dans le moufle à $550 \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 1 heure et peser à des intervalles de 30 minutes jusqu'à atteindre un poids constant. Répéter les opérations de chauffage, refroidissement et pesage jusqu'au moment où la différence entre les pesages successifs ne dépasse pas 0,5 mg.

Les cendres totales, exprimées en pourcentage de masse, se calculent avec la formule $W_{CT} = (m^2 - m^0) \times (100/m^0)$ % où m_0 est la masse en grammes de la capsule vide incinérée, m_1 est la masse en grammes de l'échantillon analysé et m_2 est la masse en grammes de la capsule et des cendres totales.

A4.1.2.3. Cendres insolubles en acide sur matière sèche

La détermination de la teneur en cendres insolubles à une solution de l'eau acide se fait pour le safran en filaments ou en poudre suivant le protocole ISO 930 : 1997. La teneur maximale en cendres insolubles en acide, exprimée en matière sèche, est d'environ 1%. L'ensemble de cendres insolubles en acide est défini comme la proportion de cendres totales restant après avoir été traitées avec de l'acide chlorhydrique et chauffage de l'échantillon jusqu'au pesage constant.

Ajouter 15 ml de solution d'acide chlorhydrique dilué à l'ensemble de cendres totales dans la capsule utilisée pour sa préparation. Chauffer la solution pendant 10 minutes à travers un bain thermostatique avec de l'eau bouillante, en couvrant la capsule avec un verre de montre afin d'interdire toute projection. Filtrer le contenu de la capsule à travers un papier filtre sans cendres. Nettoyer le papier filtre avec de l'eau chaude pour éliminer l'acide chlorhydrique des eaux de lessivage, ce qui est vérifié à l'aide d'une solution de nitrate d'argent. L'absence de turbidité lorsqu'on ajoute une portion de solution de nitrate d'argent au filtré indique l'absence d'acide chlorhydrique. Mettre de nouveau le papier filtre sur la capsule et incinérer dans le four à moufle à 550 ± 25 °C pendant une heure. Répéter les pesages jusqu'à l'obtention d'un poids constant à des intervalles de 30 min. Répéter les opérations de chauffage, refroidissement et pesage jusqu'au moment où la différence entre les pesages successifs ne dépasse pas 0,5 mg.

Les cendres insolubles en acide exprimées en pourcentage de masse se calculent à travers la formule $W_{CI} = (m_2 - m_0) \times (100/m_0)$ %. Où m_0 est la masse en grammes de la capsule vide, m_1 est la masse en grammes de la prise d'essai et m_2 est la masse en grammes de la capsule et des cendres insolubles en acide. Le résultat sera exprimé par un chiffre décimal et en pourcentage.

A4.1.2.4. Restes floraux

Par « restes floraux du safran » on entend les filaments jaunes (styles) libres et écartés, le pollen, les étamines, des parties des ovaires ainsi que d'autres parties de la fleur du safran (*Crocus sativus* Linnaeus).

Le détermination de la quantité de restes floraux se fait de la façon suivante : 3 grammes exacts de safran sont pesés avec une balance analytique dont la précision est de $\pm 0,01$ grammes. L'échantillon est mis sur une feuille de papier gris. On sépare les restes floraux des stigmates avec une pince. Ces restes sont transférés et pesés sur un verre de montre précédemment séché et pesé. Le calcul de la quantité des restes floraux se fait avec la formule $W_{RF} = (m_2 - m_1) \times (100/m_0)$ %. Où m_0 est la masse en grammes de l'échantillon de safran, m_1 est la masse

en grammes du verre de montre et m_2 est la masse en grammes du verre de montre qui contient les restes floraux.

A4.1.2.5 Matières étrangères

Le terme « matières étrangères » englobe les feuilles, tiges, paille et toute matière végétale. Les seules matières minérales permises sont le sable, la terre et la poudre. Celles-ci doivent être écartées selon le processus qui décrit la norme ISO 927:1982.

Peser un échantillon de trois grammes avec une précision de $\pm 0,01$ grammes dans une balance analytique. L'échantillon est ensuite mis sur une feuille de papier gris. Les matières étrangères au safran sont séparées à l'aide de pinces. Les matières étrangères sont transférées et pesées sur un verre de montre qui a été auparavant pesé seul. Le calcul de la quantité du contenu en matières étrangères se fait grâce à l'emploi de la formule $W_{ME} = (m_2 - m_1) \times (100/m_0) \%$. Où m_0 est la masse en grammes de l'échantillon de safran, m_1 est la masse en grammes de verre de montre seul et m_2 est la masse en grammes du verre de montre avec les matières étrangères. Le résultat est exprimé avec deux décimales et en pourcentage (m/m).

A4.1.2.6 Extrait soluble en 'eau froide sur matière sèche

Il tenore massimo in estratto solubile in acqua fredda espresso in termini di materia secca, viene determinato su due grammi di zafferano seguendo il protocollo ISO 941:1980. Tale estratto è di circa il 65%.

La teneur maximale en extrait soluble à l'eau froide, exprimée en terme de matière sèche est déterminée sur deux grammes du safran suivant le protocole ISO 941 :1980. Cet extrait est autour 65%.

Le processus à suivre est le suivant : peser 2g de la prise d'essai avec une précision de 1 mg. Transvaser la prise d'essai dans un ballon jaugé de 100 ml. Remplir avec de l'eau du troisième grade selon la norme ISO 3696:1996 et couvrir le ballon. Agiter le ballon pendant un minute chaque 30 minutes pendant huit heures. Laissez reposer pendant 16 heures sans agiter. Filtrer l'extrait à travers un papier filtre à porosité moyenne. Prendre une prise aliquote de 50ml et transférer dans une capsule préalablement desséchée et pesée avec une précision de 1 mg. Faire évaporer jusqu'au séchage sur un bain d'eau bouillante. Chauffer la capsule avec l'extrait dans une étuve à 103 ± 2 °C pendant 1 heure. Refroidir dans le dessiccateur et peser. Répéter les procédés de chauffage, refroidissement et pesage jusqu'à obtention d'une différence entre les pesages successifs inférieure à 2mg.

L'extrait soluble dans l'eau froide, exprimé en pourcentage de masse et concernant la matière sèche est $W_{ES} = (P_F - P_O/P_M) \times (100/100-H) \times 200$

(%). Où P_F est le poids de la capsule avec l'extrait, P_O est le poids de la capsule, P_o est le poids de la prise d'essai et H est la teneur en humidité de l'échantillon. Le résultat est exprimé en pourcentage (m/m) avec 2 chiffres décimaux.

A4.1.2.7 Extrait étheré

L'extrait étheré est défini comme l'ensemble des substances obtenues à partir de l'éther de pétrole dans les conditions spécifiées par la méthode. Cette méthode peut se réaliser avec une installation d'extraction continue ou avec un extracteur Soxhlet. Introduire un papier filtre dans un petit cartouche de l'installation d'extraction continue ou dans l'extracteur soxhlet et peser 1g de la prise d'essai desséchée à 1mg. Introduire le cartouche dans l'extracteur. Ajouter 50 ml d'éther de pétrole au verre extracteur ou 150 ml au ballon rond du soxhlet. Extraire pendant une heure et demie dans l'installation d'extraction continue ou 8 heures dans le système soxhlet. Faire évaporer le dissolvant et transvaser dans le verre de l'installation d'extraction continue ou le ballon rond de l'étuve de dessiccation pendant 30 minutes à 103 ± 2 °C. Laissez refroidir dans le dessiccateur jusqu'à température ambiante et peser.

L'extrait étheré, exprimé en pourcentage de la masse de la prise d'essai desséchée initiale est calculé à partir de la formule $W_{EE} = (P_1 - P_o / P_M) \times 100 \%$ où P_1 est le poids du verre de l'extracteur ou ballon rond avec l'extrait étheré, P_o est le poids du verre de l'extracteur ou ballon rond vide et P_M est le poids de la prise d'essai desséchée de safran. Le résultat sera exprimé avec deux décimales et en pourcentage.

A4.1.2.8 Azote

Le procédé pour cette détermination est contenu dans la Norme ISO1871:1975 "Agricultural food products – General directions for the determination of nitrogen by the kjeldhal method". Peser 1 g d'échantillon dans le tube de digestion avec une précision de 10 mg. Ajouter trois morceaux de catalyseur Kjeldhal (Cu-Se) (1,5% $CuSO_4 \pm 5H_2O$ + 2% Se) dans chaque tube. Ajouter 25 ml d'acide sulfurique dans chaque tube. Chauffer l'échantillon à 420 °C. Une fois cette température atteinte, maintenir pendant une demi heure en vérifiant que la dissolution reste propre et transparente. Retirer les tubes de l'unité de gestion et laissez refroidir pendant 15 minutes à température ambiante. Ajouter à chaque tube 50ml d'eau distillée. Brancher le tube froid au distillateur et ajouter 120ml d'hydroxyde de sodium à 32%. Faire fonctionner le distillateur, en recueillant 150 ml de la distillation dans un ballon Erlenmeyer de 250 ml qui contient 25ml de solution d'acide borique à

4% avec indicateur. Valoriser les 150ml de la distillation avec de l'acide chlorhydrique 0,25N jusqu'à l'apparition de la couleur rouge.

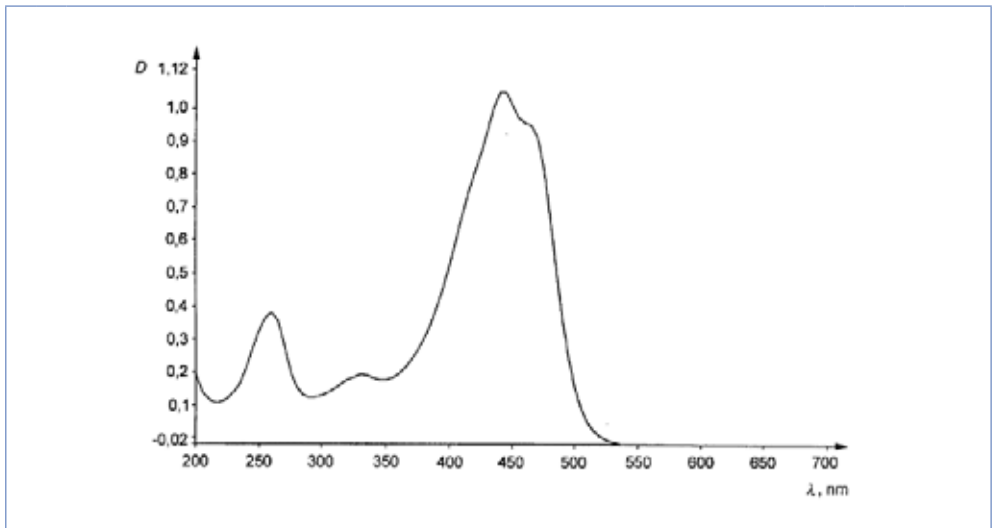
Le pourcentage d'azote sur l'échantillon sera obtenu à travers l'expression $\text{Azote \%} = (N \times v) \times (1.4 / P)$ Où v est le volume d'acide chlorhydrique 0,25 N en ml, N est la normalité exacte de la dissolution de HCl 0,25 N et P est le poids de l'échantillon en grammes. Le résultat sera exprimé avec deux décimales et en pourcentage (m/m).

A4.1.2.9 Spectrophotométrie UV-Vis

Cette méthode permet de déterminer les principales caractéristiques du safran en ce qui concerne la teneur en picrocrocine, safranal et crocine. Les producteurs et les entreprises de Grèce et Espagne utilisent la méthode contenue dans l'alinéa 14 de la Spécification Technique ISO/TS 3632-2:2003; et l'Administration Espagnole (Service d'Inspection SOIVRE) utilise la méthode SOIVRE afin de déterminer le pouvoir colorant pour les contrôles réalisés dans des lots de safran à exporter vers les pays non communautaires.

Spécification Technique ISO/TS 3632-2:2003, alinéa 14

La procédure appliquée est la suivante : 500 mg de safran sont pesés avec une précision de ± 1 mg dans une balance analytique. L'échantillon est transféré dans un flacon volumétrique de 1000 mL et on ajoute 900 mL d'eau distillée. Il est agité au moyen d'un agitateur magnétique (à 1000 rs / min) pendant une heure et en absence de lumière. Ensuite de l'eau est ajoutée jusqu'au volume de 1000 ml et l'échantillon est homogénéisé avec agitation. 20 ml de cette solution sont transférés dans un flacon volumétrique de 200 ml, on ajoute de l'eau jusqu'à la marque et la solution est homogénéisée par agitation. La solution est filtrée avec l'emploi de filtre hydrophile du polytetrafluoroéthylène (PTFE) dont le diamètre des pores est de 0,45 μm . Cette solution est placée dans une cuvette à quartz et on registre une variation entre 200 et 700 nm dans l'absorbance de cette dissolution filtrée en utilisant de l'eau comme liquide de référence. La norme contient un exemple du spectre caractéristique de cette dissolution entre ces deux longueurs d'onde (Figure 1). Des changements dans ce spectre caractéristique indiquent l'existence d'adultérations comportant des quantités importantes de colorants exogènes.



Graphique 5. Spectre d'absorption UV-Vis caractéristique d'un extrait aqueux de safran

D'autre côté, on détermine l'absorption à trois longueurs d'onde (λ_{max}) : à 257 nm où la picrocrocine a son niveau d'absorbance maximum, à 330 nm (λ_{max}) où le safranal a son niveau d'absorbance maximum et à 440 nm (λ_{max}) pour déterminer le pouvoir colorant. Les trois longueurs d'onde sont obtenues à partir de la suivante formule : où D est la valeur de l'absorption à chaque longueur d'onde, m est la masse de l'échantillon de safran en grammes et H la teneur de l'échantillon en humidité et de la matière volatile en %. La valeur minimale pour le pouvoir colorant (440 nm) du safran de catégorie I est 190. L'absorbance minimale à 257 nm (257 nm) pour le safran de catégorie I est 70 et l'absorbance à 300 nm (330 nm) de safran varie entre 20 (min) et 50 (max).

Cet essai montre deux points importants en ce qui concerne les résultats obtenus pour déterminer le pouvoir colorant du safran : plus la dimension de la particule après le broyage du safran est petite, plus grande est la valeur obtenue pour le pouvoir colorant. C'est pour cette raison qu'il faut moulinier le safran en filaments, de telle façon que plus de 95% passe à travers un tamis de 500 μm de taille de maille. Dans le cas du safran en poudre, il faut vérifier aussi s'il remplit cette condition. Dans le cas contraire, on devrait moulinier la prise d'essai jusqu'à atteindre cette dimension de particule.

L'autre point important est la vitesse d'agitation pour l'extraction des pigments caractéristiques du safran : plus grande est la vitesse, plus grande est l'extraction. La norme stipule qu'on doit atteindre 1000 révolutions par minute même si la plupart des agitateurs magnétiques

ne permettent pas de vérifier cette donnée. On peut estimer qu'on atteint cette vitesse d'agitation quand le tourbillon généré dans la dissolution arrive jusqu'à la base du ballon..

A4.1.2.10 Méthode SOIVRE pour déterminer le pouvoir colorant du safran

Ce procédé permet de déterminer le pouvoir colorant d'une prise d'essai de safran en moins de deux heures. Cette méthode est utilisée pour sa vitesse dans les contrôles réalisés par l'Administration espagnole (Service d'Inspection SOIVRE) sur les lots de safran à exporter vers des pays non communautaires. Le principal avantage de ce procédé est qu'on le réalise sur la prise desséchée, tandis que la méthode de la norme ISO 3632 requiert d'avoir préalablement calculé la teneur de la prise d'essai, en humidité ainsi qu'en matières volatiles. Pour cela, il faut dessécher la prise dans l'étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 16 heures. Les deux procédés montrent le résultat sur matière sèche, mais la méthode SOIVRE donne des résultats immédiats. Des exercices de comparaison ont été réalisés afin de vérifier l'exécution des exigences de la norme ISO 17025. Ils ont démontré que les valeurs obtenues concernant le pouvoir colorant avec les deux méthodes (ISO/TS 3632 versus SOIVRE) sont très similaires, mais qu'ils ont des déviations standards relatives toujours inférieures à 2.5%.

Le processus peut se résumer comme suit : on pèse 3 g de la prise d'essai et on le dessèche dans l'étuve à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 30 minutes. Quand la prise d'essai est desséchée, on intervient en fonction de la présentation du safran: le safran broyé et desséché doit être homogénéisé avec une spatule et passé dans un tamis de 0,5 mm de taille de maille, de telle façon que 95 % environ passe à travers celui-ci. Le safran en filaments et en poudre doit passer à 95 % à travers un tamis de 0,5 mm de taille de maille. On pèse 1 g de la prise d'essai et on la transfère dans un ballon (où on ajoute 500 ml d'eau du troisième grade selon l'ISO 3696:1996). On l'agite durant 15 minutes, puis on laisse décanter la prise 5 minutes. On prend une aliquote de 2 ml de la zone intermédiaire et on remplit jusqu'à 100 ml avec de l'eau. On effectue une lecture directe d'absorption à 440 nm. La valeur d'absorption est multipliée par le facteur 250, et on obtient le valeur du pouvoir colorant selon l'expression:

$$\text{Pouvoir colorant } (E_{1\text{cm}}^{1\%}) = \text{Absorbance}_{440} \times 250$$

A4.1.3 AUTRES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

En Espagne, en plus de la Spécification Technique ISO/TS 3632 qui certifie la qualité du safran, il existe d'autres Normes, Règlements et Spécifications Techniques dont le respect est obligatoire pour tou-

tes les entreprises et producteurs du secteur, ce qui est différent de la norme ISO.

Norme sur la qualité du commerce extérieur du safran (NCCEA, 1988, 1999): stipule les qualités et spécifications pour le safran exporté depuis l'Espagne.

Règlementation technique sanitaire pour l'élaboration, la circulation et le commerce des condiments et épices (RTS, 1984): établit les caractéristiques que doit avoir le safran importé et commercialisé sur le marché espagnol.

Appellation d'Origine (A.O) « Azafran de la Mancha » (DOP, 1999) : fixe des spécifications pour le safran protégé par cette A.O. L'A.O englobe les safrans produits et desséchés dans une zone géographique délimitée de Castille-La Manche.

Règlement technique pour l'utilisation de la marque « Qualité Alimentaire » pour le « Safran d'Aragón » (RT, 2003) : stipule des spécifications pour que le safran des régions d'Aragón déterminées puisse avoir la marque « Qualité Alimentaire ».

Chaque norme ou règlement a ses propres spécifications techniques avec les définitions qui en découlent concernant les catégories et les valeurs des différents paramètres. Le Tableau 5.4 présente un résumé comparatif par rapport à la Spécification Technique ISO/TS 3632:2003. Elle montre comment certains paramètres comme par exemple le pouvoir colorant du safran protégé par l'Appellation d'Origine « Azafran de la Mancha » stipule des exigences plus grandes encore que celles de la norme ISO.

	ISO/TS 3632:2003			Norme qualité commerce extérieur					DOP Azafran de la Mancha	R.T. Safran d'Ara- gon	RTS Espa- gne
Catégorie											
Paramètre	I	II	III	Selecto	Rio	Sierra	Stan- dard	Cou- pé	--	--	--
Restes floraux (% max.)	0.5	3	5	4	7	10	7	-	0.5	0.5	10
Matières étrangères (% max.)	0.1	0.5	1.0	NS					0.1	0.1	NS
Humidité -matières volatiles (%max.)											
- safran en filaments	12	12	12	15	15	15	15	15	11	12	15
- safran en poudre	10	10	10	8	8	8	8	8	--	12	15
Cendres totales, sur matière sèche (% max.)	8	8	8	5 - 8	5 - 8	5 - 8	5 - 8	5 - 8	8	5 - 8	8
Cendres insolubles en acide, sur matiè- re sèche (% max.)	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2

Tabella 9 .Confronto fra le condizioni fisico-chimiche dello zafferano secondo le norme di controllo della qualità applicate in Spagna

A4.2 ANALYSES ORGANOLEPTIQUES

Dans les régions productrices de Sardaigne et Castille-La Manche, on utilise l'analyse sensorielle dans différents buts. En Castille-La Manche, l'objectif est de caractériser les différents types de safran. En Sardaigne l'objectif est de discriminer les qualités.

A4.2.1 SARDAIGNE

Les échantillons de safran ont été présentés en quantités homogènes à température ambiante dans des récipients de verre recouverts de papier aluminium, pour l'évaluation de l'amer, du doux et du fleuri. On a préparé une solution aqueuse contenant 250 mg/l de safran. Lors de la dégustation, chaque dégustateur disposait d'eau minérale à bas résidus fixes et de biscuits non salés à utiliser comme neutralisateurs pour passer d'un échantillon à l'autre. Trois échantillons au maximum ont

été présentés au cours chaque séance.

Au cours de la phase de formation des juges à la méthode du profil sensoriel (UNI U 590° 1950,1998), les premières séances ont été consacrées à la mise au point d'un vocabulaire commun des descripteurs sensoriels, les suivantes à l'utilisation correcte de la fiche de description. Les juges ont été donc en mesure d'utiliser une fiche comportant des descripteurs qu'ils avaient eux-mêmes définis (la fiche est fournie dans les documents joints). Durant les séances, les échantillons ont été numérotés de façon aléatoire par des nombres à trois chiffres, et l'ordre de présentation des échantillons lors des diverses séances a été rendu aléatoire pour chaque juge et chaque séance. L'utilisation de la fiche lors des diverses séances a permis de surveiller l'activité de chaque juge et d'en vérifier la crédibilité, avant de procéder à l'évaluation des échantillons choisis pour la définition des profils sensoriels. Pour l'évaluation, on a utilisé un panel constitué de 11 sujets formés (6 femmes et 5 hommes) d'un âge compris entre 26 et 55 ans.

Durant la phase de formation, un vocabulaire commun comprenant 10 descripteurs a été élaboré:

3 descripteurs pour l'aspect (couleur rouge, couleur jaune, homogénéité)

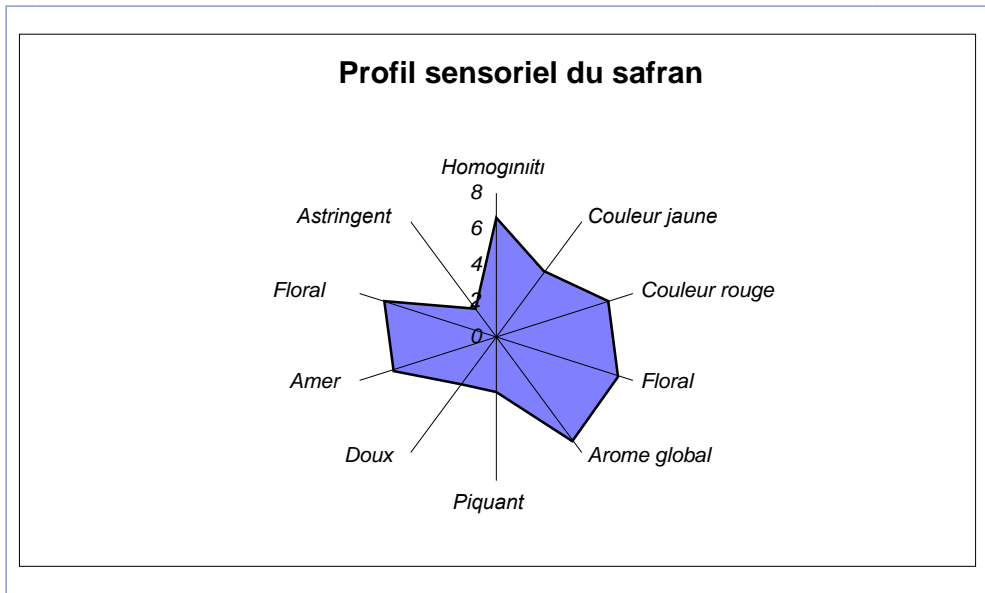
2 descripteurs pour l'arôme (fleuri, arôme global, piquant)

2 descripteurs pour le goût (amer et doux)

un descripteur pour le parfum (floral doux)

un descripteur pour la sensation tactile (astringent)

Les profils sensoriels des safrans ont l'aspect montré ci-dessous.



Graphique 6. Profil sensoriel du safran produit en Sardaigne en Sardegnna

A4.2.2. CASTILLE-LA MANCHE

Le Conseil Régulateur de l'Appellation d'origine « Safran de la Manche » dispose d'un Comité de dégustation spécialisé qui participe à l'élection du meilleur safran de l'année. À cet effet il dispose d'une fiche (Figure 5.3) et d'un manuel de dégustation.

			EXCELLENT	TRES BON	BON	INSUFFISANT	INACCEPTABLE	TOTAL	REMARQUES
ASPECT	COULEUR	UNIFORMITE	5	4	3	2	1		
		TON	7	6	5	4	3		
		INTENSITE	7	6	5	4	3		
	MATIERES ETRANGERES		6	5	4	3	2		
	APPARENCE		10	8	6	4	2		
SENSATION OLFACTO- GUSTATIVE	ODEUR	INTENSITE	12	10	8	6	4		
		FRAICHEUR	8	7	6	5	4		
		ODEURS ATYPIQUES	7	6	5	4	3		
	AROME		8	7	6	5	4		
	AMER		8	7	6	5	4		
	PERSISTANCE DE SAVEURS		7	6	5	4	3		
TEXTURE	FRAGILITE		8	7	6	5	4		
	HUMIDITE		7	6	5	4	3		
TOTAL									

Tableau 10. Fiche de dégustation de l'Appellation d'Origine « Azafràn de la Mancha »

Il y existe une grille de 0 à 100 points pour évaluer le safran. La grille est divisée en cinq groupes: Excellent (égal ou supérieur à 86 points), Très bon (entre 71 et 85 points), Bon (entre 56 et 70 points), Insuffisant (entre 41 et 55 points) et Refusé (égal ou inférieur à 40 points). L' A.O « Safran de la Manche » est accordée exclusivement au safran dont la note dépasse 71 points (note minima pour la catégorie « Très bon ») et dont aucun paramètre de dégustation ne se trouve qualifié dans les colonnes Insuffisant ou Refusé.

La fiche est divisée en trois parties : aspect, sensation olfactogustative et texture. Les descripteurs pour les critères aspect, texture et odeur de la sensation olfactogustative se déterminent pour le safran en filaments et le reste se détermine pour une suspension aqueuse. Ci-dessous est présenté un bref résumé de l'information contenue dans le manuel de dégustation concernant les descripteurs présents dans la fiche de dégustation.

Aspect

L'aspect représente environ 35 % de la grille de notation. On juge tout ce qu'il est possible d'observer sur l'échantillon avec une loupe grossissant au moins dix fois.

La couleur et ses nuances, qui varient en fonction de la forme de la déshydratation, sont les paramètres commerciaux les plus importants. La fiche leur accorde une grande importance, 19% de la grille, et ils sont divisés en trois paramètres. Tous les filaments doivent être uniformes. La tonalité de la couleur est rouge grenat mais peut varier du rouge intense au tuile et à l'orangé à cause de la dégradation des pigments naturels. Des tonalités plus sombres proviennent d'un processus de déshydratation plus intense et d'une humidité plus grande. Les échantillons déshydratés par air chaud sont plus rouges et brillants. Les tonalités rouge vif grenat sont les plus appréciées. L'intensité de la couleur montre la magnitude de la sensation chromatique. Pour être appréciée positivement, elle doit être puissante et vigoureuse.

Avec la loupe il sera possible d'observer s'il a des matières étrangères entre les stigmates : restes floraux, pollen, poudre ou impuretés. En cas de présence de ceux-ci, cela réduira la note et l'échantillon sera rejeté s'il présente plus de 0,1 % de matières étrangères, de moisissures ou d'insectes.

L'apparence de l'échantillon comprend un ensemble de caractéristiques : longueur et largeur des stigmates, épaisseur de la « trompette », union parfaite des trois filaments avec le style et longueur de ceux-ci (supérieur à 22 mm) en relation avec les autres éléments. La note maximum correspond à des stigmates unis, gros, larges et homogènes avec un style légèrement jaunâtre, orangé ou même couleur paille foncé à cause de la déshydratation.

Sensation olfactogustative

Cela regroupe un ensemble de paramètres tels que l'odeur, l'arôme, la saveur et les sensations irritantes ou agressives perçues par la bouche. Pour cette sensation, les sens olfactif et gustatif interviennent pour 50 % de la note totale.

L'odeur est une impression perçue par l'odorat quand le nez capte une substance volatile d'une façon directe. L'odeur est évaluée en fonction de l'intensité, de la fraîcheur et de l'absence d'odeurs atypiques. L'intensité a une en relation directe avec la qualité, et inversement si il y a des défauts. Les odeurs négatives évoquent la fumée, le brûlé, les animaux, la fermentation, le ranci, la moisissure, les légumes cuits, le caoutchouc, la pourriture et le médicament entre autres. La fraîcheur est rattachée à l'odeur de l'origine florale du safran et aux dérivés de la déshydratation et la conservation. L'odeur du safran jeune est légèrement florale, douce et agréable même si l'intensité varie beaucoup en fonction de la déshydratation. L'odeur du safran vieux est forte, piquante, lourde et présente presque toujours des défauts de rance, de moisissure ou une ressemblance avec des produits fermentés. Un excès dans la déshydratation peut donner la sensation de brûlé, et un mauvais stockage entraîne des défauts dans l'odeur. Le groupe d'odeurs atypiques dans le safran est noté en relation inverse avec leur présence pourvu qu'elles sont désagréables et qu'elles n'apportent aucun trait distinctif ou apétissant.

L'arôme est perçu par la voie rétronasale et les saveurs, pour le safran en filaments ou en infusion, par la bouche. Une fois l'arôme localisé, il est classé selon les familles contenues dans le manuel pour l'odeur et on note le groupe et l'intensité.

L'amertume ne doit pas être excessivement intense et doit produire une sensation agréable et durable. Les saveurs amères âpres, puissantes et brûlantes seront pénalisées.

La persistance de saveurs représente le temps de permanence de celles-ci après l'ingestion du safran. Les saveurs doivent être semblables ou proches de celles perçues quand l'échantillon était en bouche. Il faut évaluer la durée des sensations, le goût résiduel (s'il existe) et leur nature.

Texture

La fragilité du safran est une propriété mécanique de la texture liée à la cohésion et à la force nécessaire pour rompre le stigmate en morceaux. On l'évalue en comprimant celui-ci avec les doigts après avoir analysé sa flexibilité. Pour que la note soit haute, le stigmate doit être flexible et il ne doit pas casser si l'on essaye de le rompre, car dans ce cas il se trouverait desséché ou vitrifié

L'humidité est une propriété superficielle de la texture relative à la perception de la quantité d'eau absorbée ou libérée par le stigmate. Le

safran devra contenir la quantité d'eau nécessaire pour qu'il ne ressemble pas à de la paille et pour qu'il empêche la perte de colorant quand on le touche avec les doigts (par excès de viscosité).

A4.3 ADULTÉRATIONS

À cause de sa valeur commerciale élevée, le safran a sans doute été l'épice la plus adultérée depuis son origine. Les adultérations du safran les plus fréquentes sont résumées dans le Tableau 5.5. Le safran pur doit être absent de toute adultération. Par adultération, on entend d'une part toute addition de matière minérale, d'huiles ou mélasses pour augmenter son poids et d'autre part l'addition de colorants pour améliorer son aspect.

La norme ISO/TS 3632:2003 stipule que le safran est considéré pur lorsqu'il respecte les conditions établies dans la partie 1 relative aux spécifications et lorsque aucune matière additionnelle n'a été ajoutée au produit naturel. Avec le protocole ISO version 1993, seuls deux colorants (Naphthol Jaune et Soudan rouge G) pouvaient être détectés par chromatographie sur couche mince. Avec la dernière version (ISO 2003) ces colorants ne sont pas déterminés mais par contre la présence d'autres colorants artificiels est contrôlée par HPLC. Ces colorants artificiels acides sont les suivants : jaune de quinoléine, jaune naphthol S, tartrazine, amarante, ponceau 4R, azorubine, orange II, érythrosine et rocceline. La deuxième partie de la norme inclut aussi la méthode d'essai pour réaliser une analyse microscopique.

A4.3.1. CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHES MINCES (TLC)

La méthode de la chromatographie sur couches minces permet la détection de colorants artificiels acides hydrosolubles. Elle peut s'appliquer au safran sous forme des filaments et en poudre. Les colorants détectés sont les suivants: jaune de quinoléine, jaune naphthol S, tartrazine, amarante, ponceau 4R, azorubine, orange II, érythrosine et rocceline. Selon le protocole ISO 3632-2 2003, la méthode suivie pour leur détection est la suivante: l'échantillon pour l'analyse est placé dans un tube de centrifugation, on ajoute 10 ml d'eau à 60 °C ; de 10 à 12 min. après l'immobilité, l'échantillon est remué, centrifugé et acidifié avec 250 µL d'acide formique. L'échantillon est transféré dans la colonne d'extraction liquide solide (Solid Phase Extraction-SPE) comme matière de remplissage le polyamide 6. L'échantillon est lavé ensuite avec de l'eau, du méthanol, de l'acétone jusqu'au moment où le solvant sort de la colonne SPE sans couleur. Après lessivage avec de l'eau, on doit vérifier que le pH est neutre. On provoque l'élution des colorants dans la colonne avec 5ml de dissolution méthanol/ammoniaque 25 %

(95/5) et on les verse dans un ballon cœur. Le dissolvant s'évapore à température ambiante dans l'évaporateur rotatif. Le résidu est dissous dans 500 µl de méthanol.

Pour réaliser l'analyse chromatographique, on emploie une solution de référence qui consiste en une dissolution en méthanol des colorants qui seront utilisés dans une concentration de 1 g/l. En tant que solvants d'éluion on utilise deux mélanges différents : le premier est préparé en dissolvant 2 g de citrate de sodium dans 80 ml d'eau et ajoutant 20 ml d'ammoniaque à 30 %. Le deuxième éluant se prépare en dissolvant 0.4 g de chlorure de potassium dans un mélange de 50 ml de tert-butanol, 12 ml d'acide propionique et 38 ml d'eau. On dépose 10 µl de l'extrait de l'échantillon et 10 µl de la solution de référence sur des plaques de cellulose. On laisse développer avec le solvant le temps approprié, avec l'éluant 1 environ 45 minutes et avec l'éluant 2 environ 8 heures.

Les colorants pouvant être présents dans l'échantillon sont identifiés en comparant les Rf des colorants de la solution témoin avec ceux de l'extrait de l'échantillon.

A4.3.2. CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE A HAUTE PERFORMANCE (HPLC)

La révision de la norme ISO 3632:1993 a été faite dans le but d'identifier une méthode (à travers cette technique) permettant de détecter la présence de colorants artificiels acides hydrosolubles dans le safran. Tout au long de ce processus sont apparues des divergences entre les organismes de normalisation espagnol et français sur le procédé d'extraction et de chromatographie. L'actuelle Normative ISO sur le safran a le rang de « Spécification Technique » car il n'a pas été possible de trouver un accord sur la méthode à intégrer à la norme lors de la réunion du Comité ISO TC34/SC7 à Tolède (Espagne) en 2002. Récemment, durant la deuxième réunion de ce Comité ISO TC34/SC, tenue entre septembre et octobre 2005 à Kalocsa (Hongrie) on est finalement arrivé à un accord entre l'Espagne, la France et l'Iran sur une méthode HPLC consensuelle, fruit de la proposition initiale espagnole et d'une adaptation de la proposition initiale française. Cette méthode vient d'être approuvée par l'ISO, et le processus pour réaliser un exercice de comparaison est déjà en marche. Il est organisé par un laboratoire espagnol.

Les deux méthodes sont présentées ci-dessous : l'une est actuellement en vigueur dans la Spécification Technique ISO/TS 3632:2003 et l'autre sera contenue dans la nouvelle Normative ISO 3632 quand elle sera publiée.

A4.3.2.1. Méthode ISO/TS 3632 :2003 en vigueur

Selon ISO 3632-2 2003, la méthode de la chromatographie liquide

à haute performance permet la détection qualitative ainsi que quantitative des colorants artificiels acides hydrosolubles. Les colorants qui peuvent être identifiés sont les suivants: jaune de quinoléine, jaune naphthol, tartrazine, amarante, ponceau 4r, azorubine, orange II, érythrosine et rocceline. Le procédé pour leur détection est le suivant : on introduit 500 mg d'échantillon dans un tube de centrifugation, on ajoute 10 ml d'eau à 60 °C. On laisse reposer de 10 à 12 min et l'échantillon est ensuite agité, centrifugé et acidifié avec 250 µl d'acide formique ou 2 µl d'acide acétique. L'échantillon est transféré dans une colonne d'extraction liquide solide (Solid Phase Extraction-SPE) avec comme matière de remplissage le polyamide 6. L'échantillon est ensuite lavé avec de l'eau, du méthanol, de l'acétone et du méthanol jusqu'au moment où le solvant sort de la colonne SPE sans couleur. Après lessivage avec de l'eau, on doit vérifier que le pH est neutre. On provoque l'élution des colorants dans la colonne avec 5 ml de dissolution méthanol/ammoniacque 25 % (95/5) et on les verse dans un ballon cœur. Le dissolvant s'évapore à température ambiante dans l'évaporateur rotatif. Le résidu est dissous dans 500 µl de méthanol. Ensuite, l'analyse de l'échantillon se fait avec la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) avec détecteur UV-Vis à longueur d'onde variable. La colonne chromatographique est de type C18, de longueur 25 cm, diamètre interne de 4 mm, taille des particules de la phase statique 5 µm et avec diamètre des pores de 100 Å. Les solvants d'élution sont deux : le premier est une solution tampon A (solution aqueuse à pH 4,5 contenant 0,001 mol/L du sulfate d'hydrogène du tetra-n-butylammonium et 0,001 mol/L de phosphate dihydrogène de potassium) et d'acétonitrile ; le deuxième est une solution tampon B (solution aqueuse à pH 4,5 qui contient 0,0014 mol/L sulfate d'hydrogène tétra-n-butylammonium et 0,0014 mol/L de phosphate di- hydrogène de potassium) et d'acétonitrile. L'analyse pour la détection des colorants peut avoir lieu selon deux techniques différentes. Avec la première on introduit 20 µL d'échantillon et l'élution se fait avec le premier solvant isocraquement. Avec la deuxième technique, on introduit 20 µL d'échantillon mais l'élution se fait avec un gradient des solvants: 100% du premier solvant pendant 14 minutes, on passe alors du premier au deuxième solvant et on continue l'élution avec 100% du deuxième solvant pendant encore 10 minutes. Ainsi, avec la HPLC la détection des colorants artificiels est possible aussi bien qualitativement que quantitativement, toujours quand les mêmes analyses avec les colorants artificiels purs à différentes concentrations pour obtenir les courbes de calibration ont été réalisées.

A4.3.2.2. Méthode ISO à développer prochainement

Le principe sur lequel se fonde cette méthode (qui vient d'être approuvée) est l'extraction des colorants dans l'eau chaude et l'élimina-

tion des pigments naturels du safran (esters de crocetine) à travers le traitement avec acide et des lessivages successifs. Les colorants sont séparés et isolés par chromatographie sur micro colonne de polyamide. L'identification s'effectue par HPLC en phase inverse avec détection par barrette de diodes. Quelques autres colorants ont été inclus en plus de ceux repérables par la méthode ISO/TS 3632:2003, : jaune naphthol, rouge 2G, jaune 2G et rouge allure

Extraction des colorants

On pèse 500 mg de safran broyé dans un tube à centrifuger. On ajoute 25 ml d'eau chaude à 60 °C et on l'agite manuellement pendant 1 minute en prenant soin que tout le safran se trouve en suspension dans l'eau. On laisse reposer la solution pendant 10 minutes à l'abri de la lumière et on l'agite vigoureusement de nouveau. Le tube est centrifugé à 4000 rpm pendant 10 minutes et le surnageant est transféré dans un verre de précipité à l'aide d'une pipette Pasteur. On l'ajoute 500 µl d'acide formique 98 % ou 2.5 ml d'acide acétique glacial pour l'acidifier à un pH proche de 2.

En cas d'interférences à cause d'un contenu élevé en esters de crocetine dans le chromatogramme final, il est possible d'utiliser un procédé alternatif pour l'étape de centrifugation qui a été proposé par l'Espagne. Ce procédé consiste à transférer le surnageant à un verre de précipité où on ajoute l'acide sulfurique 98% jusqu'à l'obtention d'un pH=1, après avoir réalisé la centrifugation décrite plus haut. On chauffe la solution restante à 100 °C durant 30 minutes dans un bain d'eau et on la transfère dans un tube à centrifuger où on centrifuge à nouveau 4000 rpm pendant 5 minutes. Le surnageant est transféré à nouveau dans un autre verre de précipité pour ajuster le pH à 2 avec hydroxyde de sodium 40 %. On la transfère ensuite de nouveau dans un tube à centrifuger où on la centrifuge à 4000 rpm pendant 5 minutes.

Isolement des colorants

Lors cette étape, on utilise des cartouches d'extraction en phase solide (SPE) de polyamide. Tout d'abord, on prépare les cartouches en ajoutant 10 ml de l'eau. L'extrait de safran obtenu passe ensuite par l'étape d'extraction décrite plus haut dans une cartouche. On lessive la cartouche plusieurs fois avec 45 ml de méthanol, 45 ml d'acétone et 45 ml de méthanol acidifié avec 500 µl d'acide formique, avec un flux constant de 6 à 8 ml/minute. Si l'on a utilisé le procédé alternatif de centrifugation basé sur l'acidification/basification de l'extrait, le volume du réactif de lessivage peut être de 10 ml au lieu de 45 ml.

Les colorants s'éluent de la colonne de polyamide avec 10 ml de dissolution de méthanol/ammoniac (95/5) directement dans un ballon « cœur » qui est connecté à un évaporateur rotatif où le dissolvant sera éliminé à une température inférieure à 40 °C sous vide. Le résidu

est dissous de nouveau dans 300 µl d'eau, puis on filtre à travers un filtre de PTFE de 45 µm de la taille de pore et on injecte 50 µl dans le chromatographe.

Conditions chromatographiques:

Colonne: C18 150 mm de longueur, 4.6 mm diamètre interne et 3 µm de taille de particule

Flux de la phase mobile: 0.8 ml/min

Température de la colonne: 30 °C

Eluants:

Phase A: Peser 1,36 g d'hydrogénophosphate de potassium et ajouter 900 ml d'eau. Amener à pH 7 par de l'hydroxyde de potassium 1M et amener au trait repère avec 1 litre d'eau.

Phase B: Méthanol qualité HPLC

Phase C: Acétonitrile qualité HPLC

Étape	Durée (min)	Phase A	Phase B	Phase C
Equilibre	10	90	10	0
1	0	90	10	0
2	7	48	52	0
3	10	48	52	0
4	14	0	60	40
5	24	0	60	40
6	25	90	10	0

Tableau 11. Gradient d'éluion

Les colorants artificiels pouvant être présents dans la prise sont identifiés au travers de la comparaison de leurs temps de rétention et de leurs spectres UV-Vis entre 300 et 700 nm avec ceux des dissolutions patron.

Les résultats doivent être exprimés en mg/kg avec un chiffre décimal. On n'admettra pas les résultats exprimés comme "présence" ou "absence" sans indication de limite de détection ou de quantification

A4.3.3. DÉTECTION DES COLORANTS ARTIFICIELS LIPOSOLUBLES (HPLC)

En Espagne, on utilise le procédé HPLC de ISO/TS 3632 mais aussi un autre procédé permettant de déterminer un ensemble de colorants liposolubles appartenant à la famille du rouge soudan (Soudan I, Soudan II, Soudan III, Soudan IV, Soudan Rouge 7B et Soudan Rouge G). Ces colorants sont utilisés afin de teinter des plastiques et d'autres matériaux synthétiques. Ils ne sont pas aptes à la consommation humaine car leurs groupes "azo" peuvent se transformer en amines carcinogènes. Quelques uns de ces colorants ont été détectés en mai 2003 dans

certain produits alimentaires contenant du chili en poudre. C'est pour cela que l'Union Européenne a attiré l'attention sur l'ajout de CECI dans certaines épices en 2003. Cette alerte a été étendue en janvier 2004 pour inclure Soudan II, III et IV.

Ce processus consiste à extraire les colorants avec acétonitrile pour ensuite réaliser l'analyse chromatographique par HPLC (en colonnes de phase inverse et détecteur de réseau de diodes aliénées). L'extraction s'effectue au travers du pesage de 500 mg de safran et en ajoutant 25 ml d'acétonitrile. On l'agite pendant 1 minute dans l'homogénéisateur Polytron et on filtre avec papier filtre et ensuite filtre de PTFE ayant 0.45 µm de taille de pore. L'extrait est injecté dans un appareil HPLC, ayant la configuration suivante :

- Colonne: C18 250 mm longueur, 4 mm diamètre interne et 5 µm de la taille de particule.

- Volume d'injection: 50 µl

- Flux de la phase mobile: 0.7 ml/min

Eluants:

- Phase A: Eau HPLC acidifiée (165 ml d'acide acétique en 1000 ml d'eau)

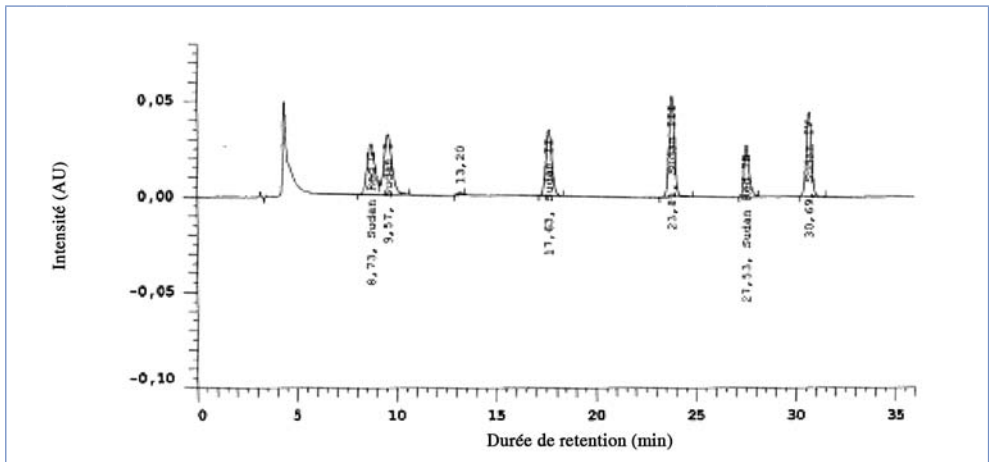
- Phase B: Acétonitrile qualité HPLC

Avant commencer l'analyse chromatographique la colonne est préparée avec 5 ml d'acétonitrile/eau (50/50) et 5 ml d'eau qualité HPLC à flux 0.5 ml/min.

Étape	Durée (min)	Phase A	Phase B
Equilibre		30	70
1	0	30	70
2	30	5	95
3	40	0	100
4	52	0	100

Tableau 12 Gradient d'élution

Les colorants artificiels pouvant être présents dans la prise sont identifiés par la comparaison de leurs durées de rétention et de leurs spectres UV-Vis entre 300 et 700 nm avec ceux des dissolutions patron.



Graphique 7. Chromatographie obtenue à 432 nm pour une dissolution multi pattern de 4 mg/l. L'ordre d'élution est Sudan Rouge G, Sudan I, Sudan II, Sudan III, Sudan Rouge 7B et Sudan IV

A4.3.4. ANALYSE MICROSCOPIQUE

Cette méthode est appliquée pour l'examen du safran en filaments ou en poudre, dans le but de déterminer si l'échantillon est constitué exclusivement de stigmates de la fleur *Crocus sativus* L. et de localiser aussi la présence ou non de restes floraux ou de substances étrangères.

Les préparations microscopiques sont faites conformément au protocole de l'ISO 3632 clauses 6. Les éléments qui doivent être observés, pour s'assurer que l'échantillon est constitué exclusivement de stigmates du *Crocus sativus* L. sont les suivants :

Débris de l'extrémité supérieure des stigmates avec des épithéliums

- Restes épidermiques de stigmates
- Restes épidermiques du style
- Granules de pollen de diamètre entre 80 μm – 100 μm
- Débris de vase de transfert
- Débris d'étamines
- Granules d'amidon
- Matières inorganiques
- Débris cellulaire de matière étrangère
- Cellules dont le contenu reste coloré

A4.4 RÉSIDUS DE PESTICIDES

L'Union Européenne ne fixe pas de limites harmonisées de pesticides pour les épices.

Le safran grec a été contrôlé plusieurs fois pour vérifier la présence ou non des résidus de pesticides organophosphorés, azotés ou des halogènes. Aucun résidu des ces pesticides n'a été détecté.

Actuellement, le cadre législatif espagnol est l'Arrêté royal 280/1994, qui a transposé trois Directives Communautaires (Directive 76/895/CE, Directive 86/362/CEE, Directive 90/642/CEE), et qui a été modifié ensuite par l'arrêté royal 198/2000 afin d'inclure les changements dérivés de l'entrée en vigueur de la Directive 97/41/CE. De cette façon, l'Espagne a des LMR établis pour 430 pesticides pour épices selon la législation consolidée en avril 2005. La méthodologie d'analyse employée est la suivante : les résidus de pesticides sont extraits du ballon avec 100 ml de mélange acétone/dichloreméthane 50/50 (v/v) par macération pendant 12 heures. L'extrait obtenu est filtré par sulfate de sodium anhydre afin d'absorber l'humidité. On rince le sulfate de sodium anhydre avec 25 ml de mélange acétone/dichloreméthane et le filtré est séché dans l'évaporateur rotatif à 40° C sous vide, puis on dissout de nouveau le résidu dans 5 ml de cyclohexane. Pour l'injection de l'échantillon, on utilise l'injecteur de volumes élevés équipé avec carbofrit et on emploie un volume de 10 µl. Les conditions fixées pour l'injecteur, le four et les caractéristiques de la colonne sont contenues respectivement dans les tableaux 13, 14 et 15.

Température (°C)	Gamme Te (°C/min))	Temps (minutes)
70	0	0.50
300	100	10.00

Tableau 13 Condition d'utilisation de l'injecteur

Température (°C)	Gamme Te (°C/min))	Temps (minutes)
70	0	3.50
180	25.0	10.00
300	4	10.00

Tableau 14. Programme des températures du four

Phase saisonnière	CP-Sil 8 CB Low Bleed/MS
Longueur	30 m
Diamètre interne	0,25 mm
Diamètre externe	0,39 mm
Épaisseur de remplissage	0,25 μm

Tableau 15. Caractéristiques de la colonne capillaire

Pour la détection, l'identification et la quantification des pesticides, un détecteur sélectif de spectrophotométrie de masses avec piège à ions par impact électronique ou ionisation chimique est utilisé. Les pesticides sont identifiés par leur temps de rétention et par leur spectre de fragmentation MS/MS qui est unique pour chaque analyse.

A4.5 ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

La Spécification Technique ISO/TS 3632:2003 ne fait pas référence à des spécifications concrètes concernant la charge microbiologique.

Les techniques microbiologiques qui sont appliquées au safran grec pour la détection de la charge microbienne (aérobie MC/30 °C), levures/moisissures et de colibacilles (*Escherichia coli*) sont respectivement celles des protocoles ISO 4833, ISO 7954 et ISO 16649-2.

En Sardaigne les échantillons de safran ont été soumis à des analyses microbiologiques 30, 60 et 90 jours après échantillonnage afin de vérifier si pendant la conservation était apparue une contamination bactérienne. Un gramme de chaque échantillon a été homogénéisé, la suspension obtenue a été soumise à des dilutions décimales sérielles, 100 μl de chaque échantillon des différentes dilutions ont été ensemencés par épandage sur plaque ROSE Bengala agar (terrain pour l'isolement de levures et moisissures) et par inclusion sur plaques de PCA (Plante Count Agar) terrain pour le comptage total des micro-organismes.

La loi espagnole s'en remet à la Réglementation Technique sanitaire pour l'élaboration, la circulation et le commerce des condiments et épices étant donné qu'il n'y a pas de normative spécifique pour le safran. Selon le texte de la RTS (déjà cité dans le paragraphe 5.1.3), les épices ne doivent pas contenir de microorganismes pathogènes ni de toxines. Les limites maximales suivantes sont permises : *Escherichia coli* (1 x 10¹ col/g), *Salmonella* (absence en 25 g), sporulés anaérobies (1 x 10³ col/g). Pour l'ensemencement, la culture et le comptage des microorganismes

détaillés dans la RTS, il est nécessaire de réaliser une préparation (de prise d'essai commun) à partir de laquelle des procédures spécifiques seront suivies pour chaque cas. Pour l'obtention de la dilution mère, il faut peser environ 25 grammes de safran dans des conditions stériles dans un sac pour Stomacher et ajouter 225 ml d'eau de peptone tamponné. On introduit cette préparation dans le Stomacher pendant 1 minute afin de l'homogénéiser et on obtient une dilution mère avec une relation de dilution 10-1 (1:10). Puis on prend 1 ml de la dilution mère dans une pipette stérile et on la dilue à 10 ml avec de l'eau de peptone. On l'homogénéise en obtenant une dilution décimale 10-2 (1:100).

Comptage d' Escherichia coli

La détermination d'Escherichia coli s'effectue par comptage du nombre de colonies développées sur une plaque du moyen de culture solide où on a semé une quantité connue de prise d'essai pendant un temps et à une température d'incubation déterminés (44,5 °C et 24 heures).

La méthode d'essai est la suivante : fondre le moyen de culture Tergitol B.C.I.G. dans un bain d'eau chaude. Laisser refroidir à 45 °C et maintenir à cette température. Prendre 1 ml de chaque dilution préparée antérieurement (10-1,10-2) et déposer sur différentes plaques de Pétri. Ajouter le moyen de culture Tergitol B.C.I.G. à 45° C sur l'inoculum contenu dans la plaque de Petri. Agiter légèrement par des mouvements circulaires de translation afin d'homogénéiser la prise d'essai. Laisser solidifier à température ambiante et incuber cette plaque à l'envers à 44,5 °C pendant 24 heures. La méthode se réalise en double. Après 24 heures on compte toutes les colonies de couleur bleu développées dans la plaque.

Le nombre d'E. coli présents dans 1 g d'échantillon se calcule en multipliant la valeur moyenne des deux plaques semées et le facteur de dilution applicable à chaque cas.

Comptage de Clostridie sulphito- réducteurs

La détermination se base sur le comptage du nombre de colonies développées dans un tube contenant le moyen de culture adéquat et une quantité de prise d'essai connue. Ce procédé s'effectue après un temps et à une température d'incubation déterminés dans des conditions d'anaérobiose.

La méthode d'essai est la suivante: prendre 4 tubes de moyen de culture Agar SPS et fondre totalement dans un bain d'eau chaude, en réduisant la température du bain jusqu'à 45° C où ils seront maintenus jusqu'à utilisation. Après avoir homogénéisé les dilutions 10-1 et 10-2, prendre une prise aliquote d'environ 5 ml au travers d'une pipette stérile qui est introduite en tubes Pirex stériles. Chauffer les tubes dans un bain d'eau à 80-85°C pendant 5 minutes. Semer dans chaque tube

Agar SPS l'échantillon une fois fini (1 ml de la dilution 1 :10 et 1 ml de la dilution 1 :100, les deux en double) et homogénéiser la mixture. Couvrir la surface du tube avec une couche de vaseline stérile et laisser solidifier à température ambiante. Les tubes sont incubés à 46° C pendant 48 heures dans des conditions d'anaérobiose. Passés 48 heures, on compte toutes les colonies noires développés dans les tubes.

Le nombre de Clostridium sulphito-réducteurs contenues dans 1 g d'échantillon se calcule en réalisant la mesure du résultat obtenu à travers la multiplication des colonies développées et le facteur de dilution applicable dans chaque cas.

Identification de Salmonelle

Le procédé se base sur la détermination de la présence ou absence de salmonelle après avoir suivi un procédé de pré-enrichissement, immune concentration, isolement et identification biochimique et sérologique.

En résumé, la méthode d'essai suit les étapes suivantes: peser 25 g de prise d'essai stérile dans un sac pour Stomacher et ajouter 225 ml de l'eau de peptone tamponnée. Introduire la prise ainsi préparée dans le Stomacher pour l'homogénéiser pendant 1 minute. Incuber à 37 °C pendant 16-24 heures. Puis la immune concentration est produite dans un équipement mini VIDAS avec des cartouches I.C. Salmonella de Biomerieux. Prendre un inoculum d' immune concentration obtenu d'un hysope stérile et semer isolé en bandes sur agar Hecktoen et agar SM ID. Les plaques incubent à 37 °C pendant 24 heures.

Les colonies de couleur rose rouge sur agar SM ID, de couleur vert bleu avec ou sans centre noir sur agar Hecktoen, sont considérées suspectes. En présence de colonies ayant ces caractéristiques, il est nécessaire de procéder à la confirmation biochimique en réalisant un test API-20E.

**A5 COMMERCIALISATION
ET DÉVELOPPEMENT
DE LA CONSOMMATION DU SAFRAN**



Fleurs et stigmates (photo UCLM)

A5 COMMERCIALISATION ET DÉVELOPPEMENT DE LA CONSOMMATION DU SAFRAN

A5.1 ÉTUDE ECONOMIQUE GLOBALE

A5.1.1. COÛT DE PRODUCTION

A5.1.1.1. Coûts directs ou variables

Les coûts directs sont les coûts découlant des facteurs de production utilisés ou détruits pendant le cycle de production, dont la durée est égale à un an. Ces coûts peuvent être classifiés comme suit :

- **Coûts externes**, qui correspondent aux coûts relatifs aux facteurs de production, qui sont justifiés par une facture. L'exploitation agricole demande au marché ces facteurs pour mener à terme le processus de culture. En tant que coûts externes, on considère les approvisionnements suivants :
 - engrais
 - produits phytosanitaires contre les plantes adventices et les maladies
 - matériaux végétaux de propagation (bulbes)
 - eau pour l'irrigation (du puits de l'exploitation agricole qui payera la facture pour l'électricité consommée)
 - matières premières diverses. Les mailles en plastique (utilisées lors de la plantation des bulbes) sont incluses dedans ce groupe si hétérogène



Récolte (photo UCLM)

- Services de protection phytosanitaire fournis à l'aide des machines
- **Coûts calculés**, qui comprennent les coûts dérivés des facteurs de production qui, tout en ayant un coût externe original, ne sont pas consommés dans leur totalité pendant un seul cycle de culture. Il faudra donc calculer la partie du coût proportionnelle à chaque consommation partielle des facteurs de production. Ces coûts comprennent :
 - La main d'œuvre: des travailleurs fournissant un service lors du processus de production. Les coûts de la main d'œuvre peuvent être fixes ou variables en fonction du système de rétribution. Si la rétribution dépend du volume d'activité, le coût est variable ; inversement il est fixe.
 - Les tracteurs, outillages et équipements agricoles. Les machines agricoles sont un facteur de production qui est partiellement consommé pendant le processus de production. Les machines occasionnent des coûts directs et indirects à cause de leur utilisation, voilà pourquoi

A5.1.1.2. Les revenus bruts

Les revenus bruts d'une culture comprennent tous les recettes reçues grâce à la vente du produit principal et le cas échéant, des produits secondaires ou sous-produits de la part de l'exploitation agricole.

Le prix de vente des produits et des sous-produits est obtenu à partir des analyses de marché.

A5.1.1.3. La marge brute

Conformément à la Décision 85/377/CEE de la Commission, 7 juin 1985 qui établit une typologie communautaire des exploitations agricoles, pour le calcul de la marge brute il faut prendre en compte les critères suivants :

La marge brute d'une activité agricole est la valeur de la production brute, à partir de laquelle on déduit certains coûts directs spécifiques.

La production brute est calculée sur la base de la somme des valeurs du produit ou des produits principaux avec celles du produit ou des produits secondaires.

Les coûts directs à déduire des revenus bruts pour calculer la marge brute sont indiqués à l'alinéa 6.1.1.1.

On indique ci-dessous les tableaux des coûts de production, revenus et marge brute pour les cinq années de la culture de safran depuis la plantation des bulbes en Grèce, en Espagne et en Italie.

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Préparation du terrain					
	Juillet				
Disques pour le labourage		1	Labourage	42	42
Cultivateur		2	Labourage	27	54
Epannage du fumier en profondeur					
	juillet				
Fumier		20	t	18	361
Hersage		1	Labourage	33	33
Plantation					
	septembre				
Rouleau brise-mottes		1	Labourage	7	7
Machine à planter les bulbes		1	Labourage	150	150
Tamis Girfil 120-96-R4-2128		12500	ml	0,025	313
Bulbes		6.000	kg	2,1	12.621
Récolte					
	octobre				
Récolte des fleurs		2,6	kg	385	1.000
Émondage		2,6	kg	314	815
Déshydratation		2,6	kg	12	31
Opérations culturales totales					15.428
REVENUS					
Safran (10% humidité)		2,6	kg	1.036	2.694
REVENUS totaux					2.694
Résumé					
Coûts					15.428
Revenusi					2.694
Marge brute					- 12.733

Tableau 16. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 0 de culture en Espagne

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Râtelage	settembre				
Hersage		1	dissodatura	9	9
Epandage du fumier en surface	dicembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	dicembre				
Distribution de phytosanitaires		1	applicazione	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	febbraio-aprile				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	giugno				
Aspersion de produits phytosanitaires		1	applicazione	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte	ottobre				
Récolte des fleurs		13,0	kg	385	5.000
Émondage		13,0	kg	314	4.076
Déshydratation		13,0	kg	12	156
Opérations culturales totales					9.526
REVENUS					
Safran (10% humidité)		13,0	kg	1.036	13.471
REVENUS totaux					13.471
Résumé					
Coûts					9.526
Revenus					13.471
Marge brute					3.945

Tableau 17. Coûts de production, revenus et marge brute pour les années 1 et 2 de culture en Espagne

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Râtelage	septembre				
Hersage		1	Labourage	9	9
Epandage du fumier en surface	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	décembre				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	février- avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	juin				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte	octobre				
Récolte des fleurs		9,8	kg	385	3.770
Émondage		9,8	kg	314	3.073
Déshydratation		9,8	kg	12	118
Opérations culturales totales					7.254
REVENUS					
Safran (10% humidité)		9,8	kg	1.036	10.155
REVENUS totaux					10.155
Résumé					
Coûts					7.254
Revenus					10.155
Marge brute					2.901

Tableau 18. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 3 de culture en Espagne

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Râtelage	septembre				
Hersage		1	Labourage	9	9
Epandage de fumier en surface	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	décembre				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	février- avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	juin				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte	octobre				
Récolte des fleurs		6,5	kg	385	2.500
Émondage		6,5	kg	314	2.038
Déshydratation		6,5	kg	12	78
Opérations culturales totales					4.910
REVENUS					
Safran (10% humidité)		6,5	kg	1.036	6.735
REVENUS totaux					6.735
Résumé					
Coûts					4.910
Revenus					6.735
Marque brute					1.826

Tableau n. 19. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 4 de culture en Espagne

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Epannage du fumier en surface					
	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage					
	décembre				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation					
	février- avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage					
	juin				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Arrachage des bulbes					
	octobre				
Labourage profond		8	heure	27	216
Opérateur		24	heure	11	260
Opérations culturales totales					760
REVENUS					
Utilisation des bulbes (aucune sélection)		10.000	kg	1	12.020
REVENUS totaux					12.020
Résumé					
Coûts					760
Revenus					12.020
marge brute					11.260

Tableau 20. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 5 de culture en Espagne

Operazioni culturali					
	Data	Quantità	Unità	Valore	Totale (€)
Préparation du terrain	juillet				
Disques pour le labourage		1	Labourage	35	35
Cultivateur		2	Labourage	22	45
Epannage du fumier en profondeur	juillet				
Fumier		20	t	15	299
Hersage		1	aratura	27	27
Plantation	septembre				
Rouleau brise-mottes		1	Labourage	6	6
Machine à planter les bulbes		1	Labourage	125	125
Tamis Girfil 120-96-R4-2128		12500	m	0,025	313
Bulbes		5.500	kg	1,7	9.383
Récolte	octobre				
Récolte des fleurs		1,0	kg	325	325
Émondage		1,0	kg	260	260
Déshydratation		1,0	kg	10	10
Opérations culturales totales					10.827
REVENUS					
Safran (10% humidité)		1,0	kg	665	665
REVENUS totaux					665
Résumé					
Coûts					10.827
Revenus					665
marge brute					- 10.162

Tableau 21. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 0 de culture en Grèce

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Râtelage	septembre				
Hersage		1	Labourage	9	9
Epandage du fumier en surface	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	décembre				
Aspersion de produits phytosanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	février- avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	juin				
Aspersion de produits phytosanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte	octobre				
Récolte des fleurs dei fiori		9,0	kg	325	2.925
Émondage		9,0	kg	260	2.340
Déshydratation		9,0	kg	10	90
Opérations culturales totales					5.648
REVENUS					
Safran (10% humidité)		9,0	kg	665	5.985
REVENUS totaux					5.985
Résumé					
Coûts					5.648
Revenus					5.985
marge brute					337

Tableau 22. Coûts de production, revenus et marge brute pour les années 1 et 2 de culture en Grèce

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Râtelage	septembre				
Hersage		1	Labourage	9	9
Epannage de fumier en surface	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	décembre				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	février- avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	juin				
Aspersion de produits phyto-sanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte	octobre				
Récolte des fleurs		11,0	kg	325	3.575
Émondage		11,0	kg	260	2.860
Déshydratation		11,0	kg	10	110
Opérations culturales totales					6.838
REVENUS					
Safran (10% humidité)		11,0	kg	665	7.315
REVENUS totaux					7.315
Résumé					
Coûts					6.838
Revenus					7.315
Marge brute					477

Tableau 23. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 3 de culture en Grèce

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Unité	Total (€)
Epandage du fumier en surface	décembre				
Suspension 4-16-10		0,4	t	174	70
Désherbage	décembre				
Aspersion de produits phytosanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Irrigation	février-avril				
Eau		1500	m ³	0	81
Désherbage	juin				
Distribution de phytosanitaires		1	application	7	7
Pendiméthaline, 33%		5,0	l	12	60
Récolte des bulbes	octobre				
Labourage profond		8	ora	27	216
Opérateur		24	ora	11	260
Opérations culturales totales					760
REVENUS					
Utilisation des bulbes (aucune sélection)		10.000	kg	1	12.020
REVENUS totaux					12.020
Résumé					
Coûts					760
Revenus					12.020
Marge brute					11.260

Tableau 25. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année
5 de culture en Grèce

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Préparation du terrain	Printemps été				
Epandage d'engrais	octobre	3	labourage	10	30
Epandage d'engrais	octobre	2	t	150	300
Labourage	août/septembre	2,5	labourage	10	25
Fraisage	août/septembre	1	labourage	10	10
Traçage des sillons	août/septembre	2,4	labourage	10	24
Plantation	août/septembre				
Bulbes		600	kg	10	6.000
Plantation manuelle		30	labourage	10	300
Cueillette	Novembre				
Récolte des fleurs		30	Travail à la main	10	300
Émondage et déshydratation		105	Travail à la main	10	1.050
Opérations culturales totales					8.039
REVENUS					
Safran (10% humidité)		0,5	kg	4.000	2.000
REVENUS totaux					2.000
Résumé					
Coûts					8.039
Revenus					2.000
Marge brute					- 6.039

Tableau 26. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 1 de culture en Sardaigne (tous les 1000 m² 50-55 bulbes/mètre carré)

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Désherbage	octobre novembre mars				
Sarclage et fraissage		27	labourage	10	270
Récolte	novembre				
Récolte des fleurs		75	Travail à la main	10	750
Émondage et déshydratation		200	Travail à la main	10	2.000
Opérations culturales totales					3.020
REVENUS					
Safran (10% humidité)		1	kg	4.000	4.000
REVENUS totaux					4.000
Résumé					
Coûts					3.020
Revenus					4.000
Marge brute					980

Tableau 27. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 2 de culture en Sardaigne (pour 1000 m² 50-55 bulbes/mètre carré)

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Désherbage	octobre novembre mars				
Sarclage et fraisage		27	Labourage	10	270
Récolte					
Récolte des fleurs	novembre	110	Travail à la main	10	1.100
Émondage et déshydratation	novembre	250	Travail à la main	10	2.500
Opérations culturales totales					3.870
REVENUS					
Safran (10% humidité)		1,5	kg	4.000	6.000
REVENUS totaux					6.000
Résumé					
Coûts					3.870
Revenus					6.000
Marge brute					2.130

Tableau 28. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 3 de culture en Sardaigne (pour 1000 m² 50-55 bulbes/mètre carré)

Opérations culturales					
	Date	Quantité	Unité	Valeur	Total (€)
Désherbage	octobre novembre mars				
Sarclage et fraissage		27	labourage	10	270
Récolte					
Récoltes des fleurs	novembre	75	Travail à la main	10	750
Émondage et déshydratation	novembre	200	Travail à la main	10	2.000
Arrachage des bulbes	mai- juin	35		10	350
Opérations culturales totales					3.370
REVENUS					
Bulbes		1000		10	10.000
Safran (10% humidité)		1	kg	4.000	4.000
REVENUS totaux					14.000
Résumé					
Coûts					3.370
Revenus					14.000
Marge brute					10.630

Tableau 29. Coûts de production, revenus et marge brute pour l'année 4 de culture en Sardaigne (pour 1000 m² 50-55 bulbes/mètre carré)

A5.1.1.4. Indicateurs technico-économiques

On présente ci-dessous les données concernant l'analyse de la production en fonction des trois paramètres les plus importants : les opérations culturales, les matières premières et la main d'œuvre. Les trois indicateurs technico-économiques suivants ont été identifiés :

- **frais/coûts globaux de production (%)**: cet indicateur représente le coût (en pourcentage) des trois paramètres analysés (opérations culturales, matières premières et main d'œuvre) par rapport aux coûts globaux de production ;
- **équivalent du produit principal/Kg (%)**: cet indicateur représente la quantité (en kg de safran) produite en tenant compte des coûts occasionnés pour chaque paramètre (opérations culturales, matières premières et main d'œuvre) ;
- **frais/revenus totaux (%)** : cet indicateur représente le coût (en pourcentage) des trois paramètres analysés (activités culturales, matières premières et main d'œuvre) par rapport aux revenus totaux.

	Italie	Espagne	Grèce
Frais vs coûts globaux de production (%)	100%	100%	100%
Opérations culturales	11%	1%	2%
Matières premières	13%	31%	34%
Main d'œuvre	75%	68%	64%
Équivalent du produit principal (kg)	3,5	45,7	49,6
Opérations culturales	0,4	0,6	0,8
Matières premières	0,5	14,1	17,1
Main d'œuvre	2,6	31,0	31,7
Frais vs revenus totaux (%)	60%	81%	72%
Opérations culturales	7%	1%	1%
Matières premières	8%	25%	25%
Main d'œuvre	45%	55%	46%

Tableau 30. Indicateurs techniques et économiques

A5.1.2 ÉTUDE DE FAISABILITÉ

Analyse dynamique de l'investissement

On illustre en bas des paramètres les plus significatifs concernant les flux de caisse de l'exploitation agricole pendant sa vie utile. Pour conduire l'analyse des concepts en tant que méthodes dynamiques de sélection on utilise les paramètres suivants :

- Taux de Rentabilité Interne (TRI)
- Valeur Actuelle Nette (VAN)
- Délai d'amortissement
- Taux de la valeur actuelle, ou relation bénéfices/ investissement

Le VAN est calculé à partir de l'expression suivante:

$$VAN = \mathbb{K} - A = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

où :

- VAN : Valeur Actuelle Nette
- VA : Valeur Actuelle des flux de caisse
- A : Montant de l'investissement
- Qi : Flux de caisse de l'année i
- k : Taux d'actualisation.

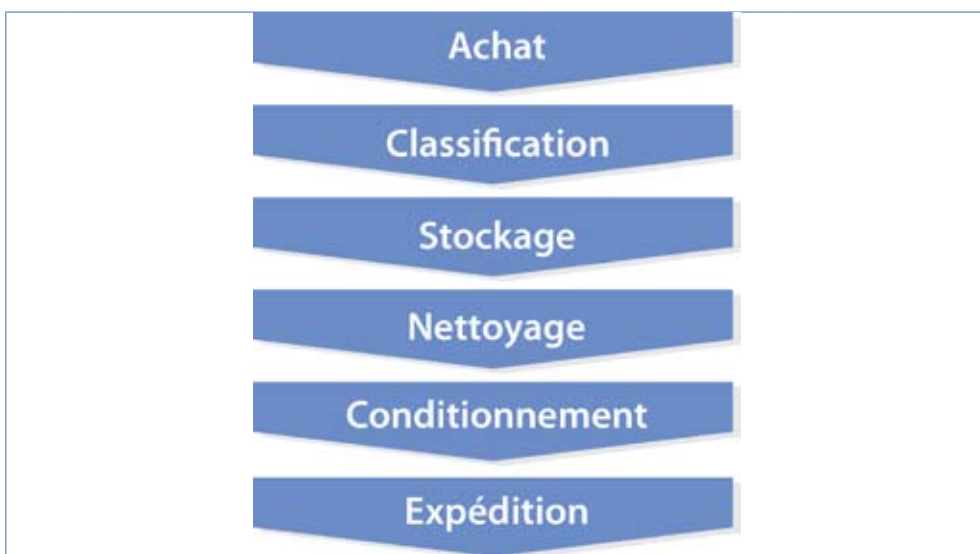
En outre, on calcule la valeur k qui porte à zéro la VAN, ce qui permet d'obtenir ainsi le taux de rendement interne (TIR) et de déterminer le délai d'amortissement (délai pour récupérer, en termes actuels, les montants de l'investissement).

	Italie	Espagne	Grèce
Marge brute moyenne (€/ ha et par année)	2.009	1.707	82
Valeur actuelle Nette (VAN) (€)	8.036	8.534	577
Taux de rentabilité Interne (TRI) (%)	121%	21%	4%
Délai d'amortissement (années)	4	4	6

Tableau 31. Indicateurs dérivés de l'analyse dynamique de l'investissement dell'investimento

A5.1.3. COÛTS DE LA COMMERCIALISATION

A5.1.3.1 Achat



Graphique 8. Opérations qui composent le processus de commercialisation

Il est courant que les commerçants de safran achètent le produit dans les villages et chez les producteurs, directement ou à travers des intermédiaires qui reçoivent une commission.

Parfois c'est l'agriculteur même qui se rend chez le commerçant pour vendre son produit.

Dans le cas des agriculteurs grecs, la loi stipule qu'ils doivent vendre le produit directement à la coopérative.

A5.1.3.2 Classification

Les lots achetés sont classifiés auparavant en fonction de leur qualité, âge, etc.

A5.1.3.3 Stockage

Traditionnellement, le safran est stocké dans un endroit sec et à l'abri de la lumière, ou bien dans des chambres réfrigérées à 4° C, pour garder ses caractéristiques longtemps ; toutefois cette dernière pratique est moins utilisée. On ne signale aucun coût de stockage direct.

A5.1.3.4 Nettoyage

Il s'agit du processus par lequel on écarte du safran toutes matières telles que les restes floraux, les spartes, les étamines, etc.

En Grèce, ce processus est achevé avant la vente par le même producteur.

Pendant le nettoyage, il est nécessaire d'humidifier le produit pour qu'il soit moins fragile. On enregistre en général des pertes de 0,5 % par rupture des stigmates du safran en filaments.

A5.1.3.5 Emballage

Le processus d'emballage inclut les tâches de remplissage des récipients, le pesage, l'étiquetage et le conditionnement.

Le conditionnement primaire est le récipient qui contient les filaments de safran, alors que les conditionnements secondaire et tertiaire sont les récipients contenant ce premier emballage qui est en contact avec le produit.

Sur demande du client, on peut conditionner le safran en blister.

A5.1.3.6 Expédition

Il s'agit du processus d'expédition de la marchandise.

Outre les coûts indiqués ci-dessus, on cite également :

1) les analyses

Il est courant de soumettre le produit à certaines analyses, qui seront plus ou moins complètes en fonction du marché de destination.

L'analyse microbiologique permet de détecter des bactéries telles que *Salmonella* sp., *Escherichia coli*, etc.

a) L'analyse chimique permet de détecter les colorants artificiels

ainsi que la présence de crocine, picrocrocine et safranal.

b) L'analyse de phytosanitaires permet de détecter des résidus des pesticides, insecticides, fongicides, etc.

c) Analyse de radioactivité.

2) Taxes et d'autres coûts

Il s'agit des coûts découlant des certifications délivrées par les organismes locaux ou nationaux, ainsi que des frais relatifs à la cotisation directe versée au Conseil de réglementation de l'Appellation d'origine du Safran.

Le tableau ci-dessous présente tous les coûts minimum et maximum pour chaque phase du processus de commercialisation en Espagne, Italie et Grèce.

	ESPAGNE		ITALIE		GRÈCE	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Achat	0,00	13,22	-	-	-	-
Classification	3,01	3,01	0,00	0,00	2,50	2,50
Nettoyage	9,02	18,03	0,00	0,00	7,50	15,00
Conditionnement primaire	84,14	300,51	140,00	140,00	54,88	219,52
Conditionnement secondaire	25,04	25,04	400,00	600,00	20,75	20,75
Conditionnement tertiaire	0,83	1,60	50,00	50,00	0,68	1,33
Expédition	18,03	18,03	110,00	140,00	18,03	18,03
Procédures d'analyse	6,41	8,01	65,00	65,00	5,30	6,65
Taxes et certifications	1,20	1,80	80,00	80,00	1,20	1,80
Cotisation AO	0,00	60,10	0,00	0,00	0,00	50,00
Total	147,68	449,36	845,00	1.075,00	110,84	335,58

Tableau 32. Coûts du processus de commercialisation en Espagne, Italie et Grèce (€/kg)

A5.2 COMMERCIALISATION ET CONSOMMATION

En Grèce, les ventes de safran sur le marché national représentent 13,2% environ de la production totale, alors que les ventes sur les marchés étrangers représentent 86,8% environ de la production totale de safran.

En Sardaigne les marchés de référence sont surtout les marchés locaux et régionaux (80%). Seule une petite partie (20%) est destinée au marché national et international. Le safran sarde est vendu surtout

dans les points de vente spécialisés en produits typiques ; il n'est pas fréquent de le trouver dans les grandes surfaces.

5.2.1 MODALITÉ DE CONSOMMATION

En Espagne, le safran est vendu sous trois formes : en filaments, en poudre et comme ingrédient des sauces prêtes pour assaisonner le riz, les pâtes, etc. Pour mener une analyse de la consommation (réalisé à partir des données de l'entreprise IRI) on n'a pris en compte que les deux premières formes de commercialisation, c'est-à-dire, le safran en filaments et en poudre.

Le graphique suivant indique qu'en Espagne on préfère consommer le safran en filaments, parce que le consommateur - conscient du prix élevé du safran - préfère en vérifier la qualité en l'achetant en filaments. Il y a aussi d'autres facteurs qui contribuent à faire choisir le safran en filaments, comme par exemple le fait que les femmes au foyer ont des connaissances spécifiques pour tirer du safran en filaments le maximum de ses qualités organoleptiques.

Le tableau 33 montre le volume total et partiel de safran consommé en Espagne (en filaments /en poudre).

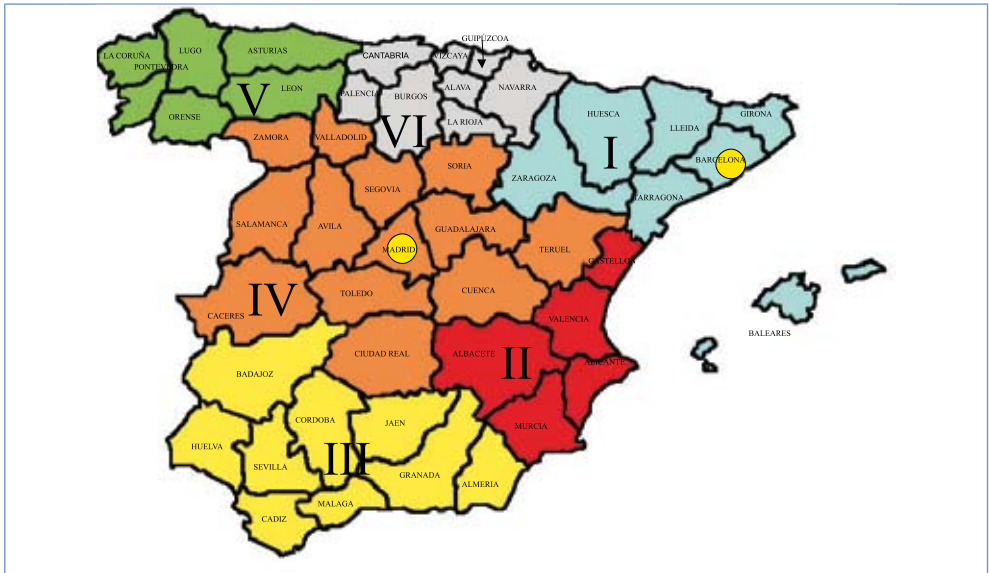
Année	2003	2004	2005
Total	4.351	4.433	3.338
Filaments	3.051	3.086	2.383
En poudre	1.300	1.347	955

Tableau 33. Volume total et partiel de safran en Espagne (kg)

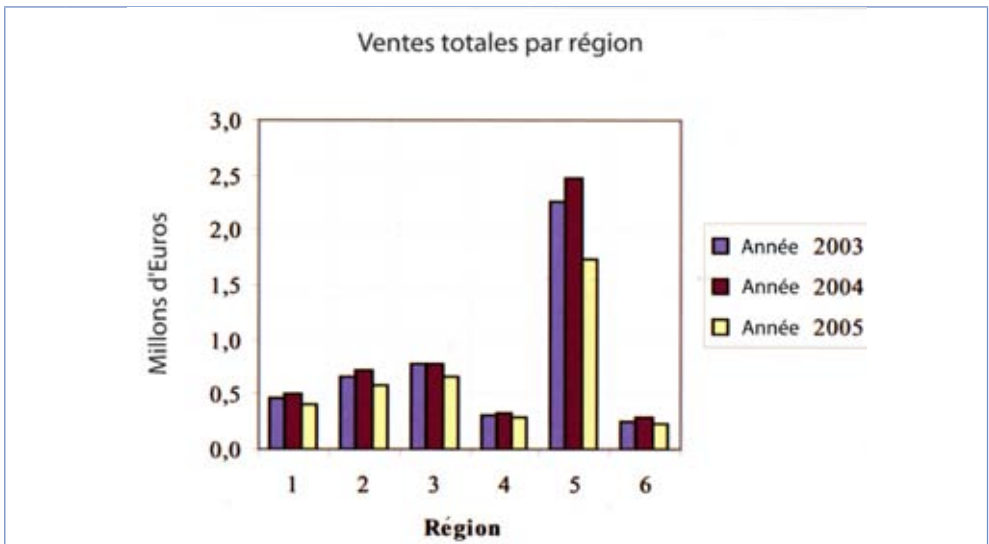
En Sardaigne, le safran est utilisé surtout en poudre, même si il faut signaler que ces dernières années, les restaurateurs ont commencé à introduire l'utilisation du safran en filaments dans la préparation des plats.

A5.2.2 CONSOMMATION PAR RÉGION

On a étudié les données concernant les quantités de consommation du safran dans les différentes régions d'Espagne. Les régions étudiées sont les suivantes :



Graphique 9. Localisation des zones de production



Graphique 10. Ventes totales de safran par région

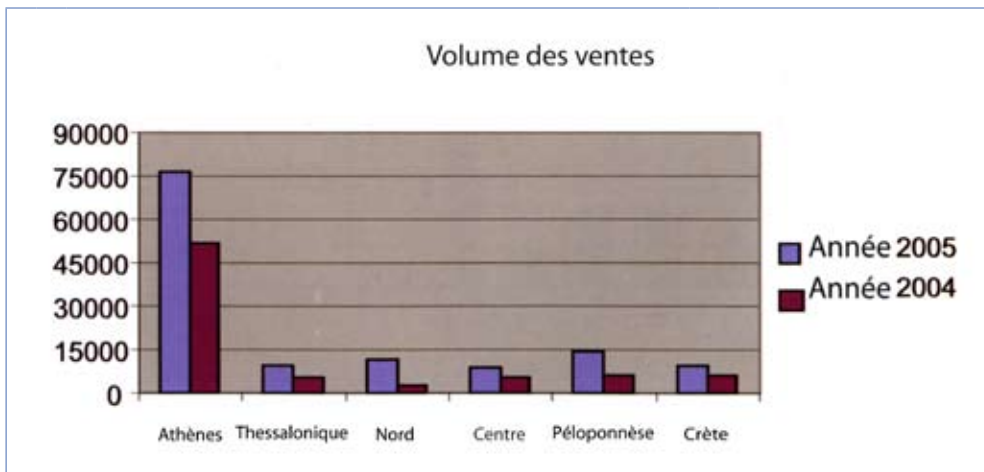
Comme on peut remarquer dans le dernier graphique, la zone qui consomme la quantité plus importante de safran sous les deux formes commerciales, c'est la zone nord orientale de l'Espagne – la Galice, les Asturies et le Léon. Cette donnée paraît bizarre, étant donné que l'usage

du safran est plus lié à des plats méditerranéens tels que « la paella » qui est un plat typique du Levant espagnol. Ce fait indique que l'usage de safran n'est pas limité à la préparation de plats de riz ou de pâtes.

Les taux individuels et moyens des trois années dépassent toujours 70 % dans toutes les zones sauf dans la zone V, où on atteint l'égalité pour ce qui est de la consommation des deux types de safran. Cela peut être causé par une offre de safran insuffisante dans cette zone, sans avoir aucun rapport avec la demande existante. Cela pourrait être la cause pour laquelle les consommateurs ne font pas de différence entre les deux types de safran en commerce, mais pourrait aussi indiquer que la qualité des deux est en tout cas satisfaisant pour les consommateurs de cette région.

Pour étudier la consommation de safran en Italie, on a analysé la Zone 1 (Lombardie, Ligurie, Piémont et Vallée d'Aoste) qui connaît la croissance la plus importante et qui écoule 50% environ des ventes du marché. Le niveau de présence du produit dans les points de vente est stable, exception faite pour l'Italie du sud, où l'on observe une réduction annuelle du nombre des points de vente de ce produit ; en effet, cette flexion étant calculée en pourcentage, elle est due au nombre de nouveaux points de vente dans le Sud, qui est en tout cas plus important par rapport au reste d'Italie.

En Grèce, comme l'indique le tableau ci-dessous, la consommation de safran par volume dans la ville d'Athènes représente la quantité la plus importante de la consommation totale de safran dans le marché national, atteignant, pour la précision 59 % pour l'année 2005.

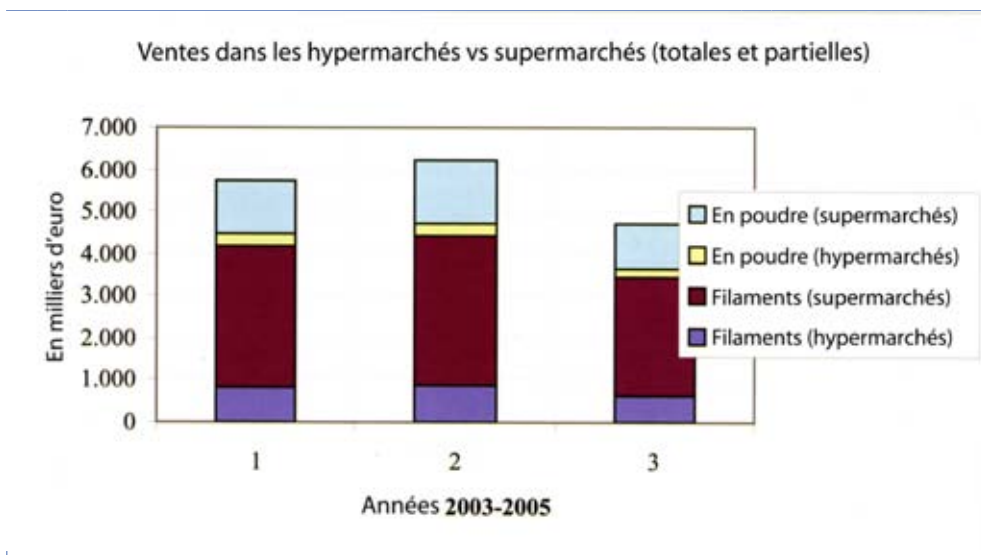


Graphique 11. Volume total de ventes par région en Grèce

A5.2.3 CONSOMMATION EN FONCTION DE LA SURFACE DE VENTE

En Espagne, les données sur la vente de safran ont été étudiées sur la base des chiffres des hypermarchés et des supermarchés classifiés en fonction de leur surface : de 1 001 à 2 500 m² : grandes surfaces ; de 401 à 1 000 m², moyennes surfaces et de 100 à 400 m² petites surfaces.

Le graphique suivant montre les ventes totales et partielles dans les hypermarchés et les supermarchés.



Graphique 12. Ventes totales/partielles dans les hypermarchés et les supermarchés

Comme l'on observe des données indiquées ci-dessus, les chiffres pour l'ensemble de ventes sont très proches pour les trois années. On constate que le consommateur, tout en préférant le safran en filaments, va l'acheter dans des supermarchés. Cette tendance se répète sur les trois années analysées. Plus concrètement, les données montrent que les consommateurs préfèrent acheter l'épice dans des petits supermarchés, parce qu'ils ne se rendent dans les grandes surfaces que pour effectuer des achats importants, en n'utilisant les supermarchés que pour les petites courses, y inclus l'achat des épices. On pourrait aussi penser que, puisque le safran est une épice peu consommée, lorsque on en a besoin, et l'on est dépourvu, l'endroit plus proche pour l'acheter c'est le supermarché du coin.

En Grèce, le volume total des ventes de safran dans les supermarchés grecs a augmenté de 68% par rapport à l'année 2004. De même, la valeur totale des ventes enregistre une augmentation de 79 % pour l'année 2005, par rapport à l'année précédente.

En Italie, Le marché total Hyper+Super+Libre Service s'élève à 18,8 millions d'euros et à 12,8 millions de confections. Le marché enregistre une augmentation qui a été plus importante cette dernière année en ce qui concerne le volume (5,1%) que la valeur (4,4%). Ce trend est certainement positif, si on le compare au trend plus général du Secteur Alimentaire en Italie (+1,2%) et du secteur de référence des Epices/herbes/Arômes (+ 2,1%). Cette augmentation fait référence notamment aux grandes surfaces et les supermarchés.

A5.2.4 PRIX DU SAFRAN EN FONCTION DE LA RÉGION ET DE LA SURFACE DE VENTE

Pour l'Espagne, le tableau 34 montre les différents prix entre le safran en filaments et le safran en poudre dans les zones géographiques investiguées. Comme l'on peut observer, les deux parties de la fourchette maximum/minimum sont observées dans le Nord de l'Espagne. Le prix le plus bas est payé dans la zone Nord Est, le plus élevé dans la zone V Nord.

D'après cette étude, on remarque également que le prix du safran en filaments à Madrid est de 0,35 euros plus cher qu'à Barcelone, mais le prix du safran en poudre est le même dans les deux villes. Le tableau qui suit montre l'illustration graphique des valeurs des ventes totales de safran sous les deux formes commercialisées dans les hypermarchés et les supermarchés.

En Italie, Le marché propose un prix moyen « no promo » par confection qui est stable (1,50 €). Pour ce qui concerne les zones étudiées, on signale que la Zone 1 présente un prix moyen plus élevé (+15%) par rapport à la moyenne du marché, avec une augmentation du prix de 10% pour la Zone 2c. Par rapport à la Zone 1 et à la Zone 2 (la Vénétie et l'Emilie-Romagne), le Centre et le Sud de l'Italie ont des prix qui sont moins élevés de 25%.

Zone I - Nord-Est			
Année	2003	2004	2005
Total	1,41	1,46	1,50
Safran en filaments	1,42	1,48	1,52
Safran en poudre	1,36	1,41	1,41
Zone II –Levante-Est			
Année	2003	2004	2005
Total	1,38	1,38	1,29
Safran en filaments	1,43	1,40	1,27
Safran en poudre	1,24	1,33	1,34
Zone III –Sud			
Année	2003	2004	2005
Total	1,37	1,48	1,49
Safran en filaments	1,38	1,49	1,52
Safran en poudre	1,32	1,41	1,40
Zone IV –Centre			
Année	2003	2004	2005
Total	1,40	1,44	1,52
Safran en filaments	1,42	1,45	1,55
Safran en poudre	1,30	1,42	1,43
Zone V –Nord-Est			
Année	2003	2004	2005
Total	1,18	1,29	1,30
Safran en filaments	1,20	1,29	1,30
Safran en poudre	1,16	1,29	1,33
Zone VI –Nord			
Année	2003	2004	2005
Total	1,72	1,80	1,80
Safran en filaments	1,73	1,80	1,81
Safran en poudre	1,65	1,81	1,81

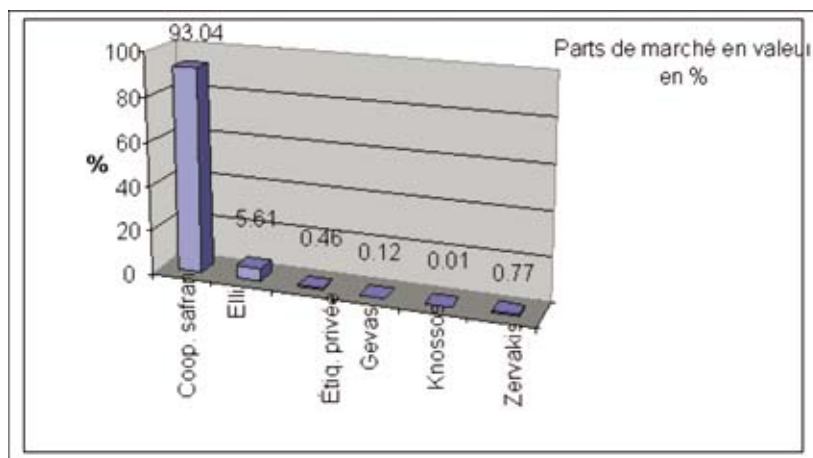
Tableau 34. Prix du safran en filaments/poudre par zone géographique

A5.2.5 VENTE DE SAFRAN PAR MARQUE COMMERCIALE OU PAR ENTREPRISE

Le tableau suivant représente le volume en kg et en % sur les ventes en Espagne par marque

Volume (kg)	2003	2004	2005
Carmencita	976	1 147	960
Ducros	240	226	184
Pote Seco	1 686	1 662	1 092
Granja San Francisco	106	42	15
Dani	137	105	87
Private Label	200	213	141
D'autres marques	1 006	1 038	860
Volume (%)			
Carmencita	22,4	25,9	28,8
Ducros	5,5	5,1	5,5
Pote Seco	38,7	37,5	32,7
Granja San Francisco	2,4	0,9	0,5
Dani	3,2	2,4	2,6
Private Label	4,6	4,8	4,2
D'autres marques	23,1	23,4	25,7

Tableau 20. Volumes (en kg) et pourcentages de vente par marque en Espagne 2005



Graphique 13 : Parts du marché du safran en Grèce en 2005.

En Grèce les volumes totaux des ventes de safran aux supermarchés grecs pour les années 2004 et 2005 évoluent autour de 77,505 kg et 130,320

kg respectivement. Sur la base des chiffres d'affaires de la coopérative, les ventes au marché grec pour les années 2004 et 2005 sont de 262.860 kilos et 315.196 kilos respectivement. Il s'ensuit que pour 2005 et par rapport à 2004, l'augmentation en volumes de ventes de la coopérative est de l'ordre de 19,90%, alors qu'en valeur elle est de l'ordre de 26,40%. La différence observée entre la distribution du safran grec par la coopérative et les ventes des supermarchés s'explique par le fait que la coopérative a d'autres points de vente en dehors des supermarchés (pharmacies, etc.). De toute façon, une augmentation des ventes du safran ces dernières années est observée sur le marché grec, surtout pour ce qui concerne les ventes au détail (au dessus de 90%) faites directement par la Coopérative de Kozani.

En Italie, le marché est très concentré : l'entreprise « Bonetti » est le leader du secteur, avec plus de 50% du chiffre d'affaires.

On rappelle les marques de la catégorie qui suivent : « Aromatica », « Cameo » et « Monreale » qui assurent une concentration de plus de 80% des ventes par chiffre d'affaires. Les marques « Aromatica » et « Cameo » ont un réseau de distribution moins étendu par rapport à la marque « Bonetti » et leurs produits sont vendus à des prix moins élevés.

Au niveau géographique, on compte aussi des marques locales, telles que « Zaffermec » dans la Zone 2 , « Monreale » dans la Zone 3 et, dans la Zone 4, « Cannamela » et « Drog&Alim ». On remarque que la marque « Private Label » se positionne dans un créneau de marché ayant un volume qui dépasse 10% dans toutes les Zones étudiées, sauf la Zone 1 où ce phénomène est moins fort.

La perte de marché connue par l'entreprise « Bonetti » ces trois dernières années va au profit de « Monreale » et de « Aromatica » qui, en proposant des prix moins élevés ont enregistré une augmentation moyenne des ventes.

A5.2.6 COMMERCIALISATION DES PRODUITS préparés AVEC du SAFRAN

A part les formes courantes de commercialisation du safran, en filaments et en poudre, que l'on peut trouver partout en Europe, il y a d'autres formes de commercialisation du safran :

en Espagne, il est utilisé pour parfumer le thé, les gâteaux et les chocolats, ainsi que pour la production de teintures. En Sardaigne, on utilise le safran surtout pour produire des pâtes fraîches, des gâteaux ainsi qu'un type de liqueur. Lors de la préparation de ces produits typiques, on n'utilise pas toujours du safran sarde. Le safran sert également pour colorier la bande en soie du costume traditionnel de Orgosolo (village situé au centre de la Sardaigne). L'usage du safran pour le coloriage des vêtements haut de gamme (haute couture) peut représenter une nouvelle possibilité d'écoulement très rentable.

En Grèce le safran est utilisé comme ingrédient des préparations

en poudre (le safran est moulu dans une machine spéciale et la poudre qui en résulte est conditionnée dans des sachets qui seront ainsi distribués sur le marché). Dans le but d'en améliorer et revaloriser la qualité de certains produits locaux, les stigmates ou la poudre de safran sont également utilisés pour assaisonner les distillats alcoolisés consommés au niveau local.

A5.2.7 POSSIBLES VOIES INNOVATRICES POUR LA COMMERCIALISATION DU SAFRAN

Les trois régions proposent quelques méthodes innovatrices potentielles pour la commercialisation du safran :

- A) Création de nouveaux produits ou de sous-produits du safran :
- colorants (par macération de la fleur, après séchage e lyophilisation des pétales)
 - Huile essentielle (parfum)
 - aromatisants (saveur)
 - produits pharmaceutiques et cosmétiques (à base d'extrait de safran)
 - boissons rafraichissantes, à l'instar de l'orgeat d'amande (par macération dans l'eau et l'ajout de sucre)
 - assaisonnement des fromages traditionnels
 - ingrédient pour l'alimentation animale, à partir des feuilles, des bulbes et des fleurs desséchées de la plante
 - boissons non alcoolisées et alcoolisées au safran
- B) De nouvelles voies de distribution sur le marché :
- élargissement des réseaux de vente au détail par la présentation du produit d'une façon qui mise sur la qualité e un conditionnement plus attrayant
 - développement du commerce électronique
 - utilisation de la plante dans les parcs et les jardins à thème
 - utilisation de la fleur par les fleuristes aux mois d'octobre, novembre et décembre
 - plus facile reconnaissance du produit sur le marché
 - développement de méthodes pour élargir la distribution non seulement dans les grandes surfaces mais aussi dans les magasins spécialisés (pharmacies, etc.).

BIBLIOGRAPHIE



BIBLIOGRAPHIE

- Abdullaev, F.I., Frenkel, G.D. (1999). Saffron in biological and medical research. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: *Crocus sativus L.* Harwood Academic Publishers, Australia, pp. 103–114.
- Alarcón, J. (1986). El azafrán. Servicio de Extensión Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Alarcón, J. y Sánchez, A. (1968). El azafrán. Hoja Divulgatoria 13, Ministerio de Agricultura, Madrid, España.
- Alonso, G. L.; Salinas, M. R.; Varón, R. y Navarro, F. (1992). Composición mineral del azafrán (*Crocus sativus L.*). Revista de la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de Albacete. Ensayos 7, 227-231.
- Assimiadis, M.K.; Tarantilis, P.A. and Polissiou, M.G. (1998) UV-Vis, FT-Raman and ¹H NMR Spectroscopies of Cis-Trans carotenoids from Saffron (*Crocus sativus L.*). Applied Spectroscopy, 52, pp. 519-522.
- Azizbekova, N. SH.; Milyaeva, E. L.; Lobova, N. y Chailakhyan, N. K H. (1978). Effects of giberellin and kinetin on formation of flower organs in saffron crocus. Sov. Plant Physiol. 25, 471-476.
- Azizbekova, N.S.H., Milyaeva, E.L., 1999. Saffron cultivation in Azerbaijan. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: *Crocus sativus L.* Harwood Academic Publishers, Australia, pp. 63–71.
- Behzad, S.; Razavi, M. y Mahajeri, M. (1992). The effect of various amount of ammonium phosphate and urea on saffron production. Acta Hort. 306, 337-339.
- Benschop, M. (1993). Crocus. In: A.de Hertogh y M. Le Nard (ed.), The Physiology of Flower Bulbs, 257-272. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Bergman, B.B.M. (1978). Ziekten en adwijkingen bij bolgewasse. Deel II. Amaryllidaceae, Araceae, Begoniaceae, Compositae, Iridaceae, Oxalidaceae, Ranunculaceae. Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, The Netherlands.
- Bianchi, A. y Zanzucchi, C. A. (1987). Lo zafferano (*Crocus sativus L.*): Técnicas culturali. Atti Soc. Nat. di Módena 118, 31-49.
- Bonnemaison, L. (1976). Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Oikos, Barcelona, España.
- Botella, O.; De Juan, J.A.; Pérez, A.; Muñoz, R. y López, H. (1999). Análisis biométrico de material vegetal de azafrán. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Murcia, España.
- Botella, O., de Juan, A., Muñoz, M.R., Moya, A., López, H., 2002. Descripción morfológica y ciclo anual del azafrán (*Crocus sativus L.*). Cuadernos de Fitopatología 71, 18–28.
- Buonaurio R., Della Torre G., Cappelli C., Morini G., 1990. Infezioni di

- Penicillium corimbiferum* sulla coltura dello zafferano in Abruzzo. *Informatore Agrario*, 46(41), 68-70.
- Cappelli C., 1994. Occurrence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* on saffron in Italy. *Phitopath. Medit.*, 33, 93-94.
- Cappelli C., Buonaurio R., Polverari A., 1991. Occurrence of *Penicillium corymbiferum* on saffron in Italy. *Plant Pathology*, 40, 148-149.
- Carta C., Fiori M., Franceschini A., 1982. Il “marciume carbonioso” dei bulbi dello zafferano (*Crocus sativus* L.). Studi-Sassaresi, Sez. III. *Annali della Facoltà di Agraria dell’Università di Sassari*, XXIX, 193-197.
- Cepeda, M. (1996). *Nematología agrícola*. Trillas, Barcelona, España.
- Charalabos D. Kanakis, Dimitra J. Daferera, Tarantilis, Petros A. Moschos, G. Polissiou (2004), Qualitative determination of volatile compounds and quantitative evaluation of safranal and 4-hydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexene-1-carboxaldehyde (HTCC) in Greek saffron. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 4515-4521.
- Chen JiShuang, 2000. Occurrence and control of mosaic disease [turnip mosaic virus] in saffron (*Crocus sativus*). *Zhejiang Nongye Kexue*. 2000, 3, 132-135.
- Christie, J.R. (1982). *Nematodos de los vegetales. Su ecología y control*. Limuse, México D.F., México.
- Chrungoo, N. K. y Farooq, S. (1985). Correlative changes in carbohydrate content and starch hydrolysing enzymes in corms of saffron crocus (*Crocus sativus* L.) during dormancy and sprouting. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 180, 55-61.
- Chrungoo, N. K.; Koul, K. K. y Farooq, S. (1983). Carbohydrate changes in corms of saffron crocus (*Crocus sativus* L.) during dormancy and sprouting. *Trop. Plant Sci. Res.* 1 (4), 295-298.
- Corradi C. y Micheli G. (1979). Caratteristiche generali dello zafferano: *Boll. Chim. Farm.* 118, 537-52.
- Currò P.; Lanuzza F. y Micali G. (1986) Valutazione della frazione volatile dello zafferano mediante gascromatografia dello spazio di testa. *Rassegna Chim.* 6, 331-34
- De Juan Valero, J.A. y Lozano Denia, M.D. (1991). Situación fitotécnica de la superficie dedicada al cultivo en secano en la zona del canal de Albacete. Tomo I. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. UCLM.
- De Juan, J.A.; Botella, O.; Moya, A. y Muzoz, R. (2006). Revisión bibliográfica acerca del cultivo del azafrán. En preparación.
- De Mastro, G. y Ruta, C. (1993). Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. *Acta Hort.* 344, 512-517.
- DOCM (1999). Especificaciones para los azafranes protegidos por esta Denominación de Origen, que comprende aquellos azafranes producidos en una zona geográfica delimitada de la Comunidad Autónoma de Castilla – La Mancha. 19 de Febrero de 1999. Orden de 11-02-99. Núm 10, Pág 1098-1112.
- European Pharmacopoeia (2002). 4th Ed., 2381-2382.
- Farooq, S. y Koul, K. K. (1983). Changes in gibberellin-like activity in corms of saffron plant (*Crocus sativus* L.) during dormancy and sprouting. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 178, 685-689.
- Fernández Pérez, J. A., Escribano Martínez, J., (2000). Biotecnología del

- azafrán. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca.
- Fiori M., Corda P., Carta C., (1983). *Pseudomonas corrugata* Roberts et Scarlett agente della necrosi del midollo del pomodoro (*Lycopersicum aesculentum* mill.). Rivista di Patologia vegetale, 19, 21-27.
- Fiori M., (1992). A new bacterial disease of Chrysanthemum: a stem rot by *Pseudomonas corrugata* Roberts et Scarlett. Phitopath. Medit., 31, 110-114.
- Fiori M., 2002. Avversità. In: Zafferano. Storia, Cultura, Coltivazione e Impiego a San Gavino Monreale e in Sardegna. 68-73.
- Fiori M. Virdis S., Schiaffino A., (2005). A bacterial disease of saffron caused by *Burkolderia gladioli* and *Pseudomonas* spp. XII Congresso Nazionale S.I.Pa.V.Scilla (RC). In corso di stampa.
- Ferri S.; Franchi G.C.; Mazzei E.; Mirali E. y Corti P. (1997) Picrocrocin and crocetin content in four clones of saffron (*Crocus sativus* L. –Iridaceae) and some other species of Genus *Crocus*. Acta Phytoter. 3, 34-41.
- Francesconi, A. (1973). The rotting of bulbs of *Crocus sativus* L. by *Penicillium cyclopium* Westing. Ann. Bot. 32, 63 – 70.
- Galigani, P.F. y Garbati Pegna, F. (1999). Mechanized saffron cultivation, including harvesting. In Negbi, M. (Ed.) Saffron. *Crocus sativus* L. Ed. Harwood Academic Publishers. Amsterdam. pg115-126.
- García Pozuelo, E. (1960). El azafrán. Cultivo y preparación. Hoja Divulgadora 4, Ministerio de Agricultura, Madrid, España.
- García-Jiménez J., Piera V. J., Alfaro García A., (1985). Los “soldatos”, una nueva enfermedad del azafrán (*Crocus sativus* L.) en España. IV Congreso nacional de Fitopatología. Sociedad española de fitopatología. Pamplona Octubre 1985, 76.
- García-Jiménez J., Alfaro García A., (1987). *Fusarium oxisporum* Schlecht. as casual agent of a seedborne disease of saffron (*Crocus sativus* L.). Proceedings of the 7th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union. September 1987, Granada (Spain), 156.
- Garrido, J. L.; Díez De Bihencourt, C. y Revilla, E. (1985). El azafrán. Agricultura, Madrid, España.
- Giaccio M. (1990). Components and features of saffron. In: Lo zafferano – Tammaro F., Marra L. ed.). pg 135-149.
- Ingram, S. J. (1969). Saffron (*Crocus sativus* L.). Trop. Sci. 11, 177-184.
- Ionita A., H. Iliescu, V. Jinga e E. Iordache, (1995). *Macrophomina phaseolina*, parazit periculos al plantelor de cultura posibilitati de combatere. Probleme de Protectia Plantelor. 1995, 23: 2, 179-196.
- ISO 3632-1/2 (1993) Normative. *Crocus sativus* L. Saffron. Ed. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO/TS 3632-1/2 (2003) Technical Specification. *Crocus sativus* L. Saffron. Ed. ISO, Geneva, Switzerland.
- ITAP. (1998). Especial azafrán. Boletín del Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete 34, Albacete, España.
- Jiménez, J.A. (2003). Estudio de la influencia de diferentes variables agronómicas en la reproducción de cormos y floración anual. Control de malas hierbas mediante tratamientos químicos en el cultivo del azafrán (*Crocus sativus* L.). Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.

- Kenneth, B.T.; Thom, C. y Ferrel, D.I. (1968). A Manual of the Penicillia. Hafner Publishing Company, New York, NY, U.S.A.
- Koul, K.K. y Farooq, S. (1984). Growth and differentiation in the shoot apical meristem of the saffron plant (*Crocus sativus* L.). J. Indian Bot. Soc. 63: 153-160.
- Krabbendam, O. (1966). Bloembollenteelt. Deel VII. Bijgoed, N. V. Uitgevers – Mij. E.E.J. Tjeenk Willink, Zwolle, The Netherlands.
- Krause, J. (1976). Narcyzy i Krokusy. Panstwowe wy dawnictwo. Rolnicze i Lesne, Warsaw, Poland.
- Langeslag, J.J.J. (1989) Teelt en gebruiksmogelijkheden van Bijgoedgewassen. Tweede Druk. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Consulentschap Algemene Dienst Bloembollenteelt, Lisse, Netherlands.
- Le Nard, M. y De Hertogh, A. (1993). Bulb growth and development and flowering. In: A. De Hertogh y M. Le Nard (eds.). The Physiology of Flower Bulbs, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, pg 29-44.
- López Rodríguez, F.N. (1989). Estudio histológico de *Crocus sativus* L. Tesina de Licenciatura, Universidad Pública de Pamplona, Pamplona, España.
- Madan, C. L.; Kapur, M. B. y Gupta, U. S. (1966). Saffron. Econ. Bot. 20, 377-385.
- Massey L.M., (1928). Dry rot of gladiolus corms. Phytopathology, 18, 519-531.
- Mathew, B. (1982). The Crocus. A revision of the genus *Crocus* (Iridaceae). Timbel Press, Portland, OR, USA.
- Moor, W.C.; Brunt, A.A.; Pricec D.; Rees, A.R. y Dickens, J.S.W. (1989). Diseases of Bulbs. 2nd edition. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London, U.K.
- Morales, E. (1922). El azafrán. Cultivo y comercio. Monografía. Catecismo del agricultor y del ganadero, nº 64, Madrid, España.
- Moretti M. D. L.; Gavini E.; Mulè A. y Pirisino G. (1996). Determinazione simultanea dei componenti caratteristici di *Crocus sativus* L. Boll. Chim. Farm. 135 (9), 503-506.
- Muñoz, F. (1987). Plantas medicinales y aromáticas. Estudio, cultivo y procesado. Mudi Prensa, Madrid, España.
- Mylyaeva, E.L. y Azizbekova, N. Sh. (1978). Cytophysiological changes in the course of the development of the stem apices of saffron crocus. Soviet Plant. Physiol. 25, 227-233.
- Nannizzi A. (1941). I parassiti delle piante officinali. Istituto poligrafico dello stato, Roma.
- NCCEA (1988) Normas de Calidad del Comercio Exterior para el Azafrán. Ministerio de Economía y Hacienda. B.O.E. núm. 160.
- NCCEA (1999). Normas de Calidad del Comercio Exterior para el Azafrán. Ministerio de Economía y Hacienda. Orden del 28 de Julio.
- Negbi, M. (1989). Lo zafferano: Physiological research on the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Proceedings of the International Conference on Saffron, L'Aquila, Italy. Pg 183-294.
- Negbi, M. (1990). Physiological research on the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Proceedings of the International Conference on saffron (*Crocus sativus* L.), 183-207.
- Negbi, M.; Dagan, B.; Dror, A. y Basker, D. (1989). Growth, flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Israel J. Bot. 38, 95-113.

- Negbi, M. (1999). Saffron cultivation: past, present and future prospects. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: *Crocus sativus* L.. Harwood Academic Publishers, Australia, pp. 1-18.
- Ohashi, H. y Miyoshi, A. (1965). Physiological and ecological studies on the saffron (*Crocus sativus* L.): III. On the effect of soil moisture upon the development and yield. *Syoyakugaku Zasshi*, 19 (2), 79-84.
- Ohashi, H.; Hayashi, T. y Miyoshi, A. (1964). Physiological and ecological studies on the saffron (*Crocus sativus* L.): I. On the difference between room and garden cultures and the influence of harvest time on yield. *Syoyakugaku Zasshi* 19, 33-36.
- Oromí, M. J. (1992). Biología de *Crocus sativus* L. y factores agroclimáticos que inciden en el rendimiento y época de floración de su cultivo en La Mancha. Tesis doctoral, Universidad de Navarra, Navarra, España.
- Pandey, D.; Pandey, S. y Srivastava, R. P. (1974). A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. *Progr. Hort.* 6 (213), 89-92.
- Papadakis, J. (1961). *Climates of the World and their Agricultural Potencialities*. Buenos Aires, Argentina.
- Pérez Bueno, M. (1989). *El azafrán*. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Pérez Bueno, M. (1995). *El azafrán*. 2ª edición. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Picci V., (1986). Sintesi delle esperienze di coltivazione di *Crocus sativus* L. in Italia. *Atti Convegno coltivazione piante officinali*. (Trento 9-10 ottobre 1986): 119-157. Ist. Sper. Assest. Forest. Apicolt., Villazzano (Trento).
- Plessner, O. (1989). Environmental, hormonal and ontogenetic factors effecting corm development processes in *Crocus sativus* L. Ph. D. Thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Plessner, O.; Negbi, M.; Ziv, M. y Basker, D. (1989). Effects of temperature on the flowering of the saffron crocus (*Crocus sativus* L.): induction of hysteranthry. *Israel J. Bot.* 38, 1-7.
- Plessner, O.; Ziv, M. y Negbi, M. (1990). In vitro corm production in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). *Plant Cell, Tissue and Org. Cult.* 20, 89-94.
- Rees, A.R. (1988). Saffron, an expensive plant product. *The Plantsman* 9, 210-217.
- Rees, A.R. (1992). *Ornamental Bulbs, Corms and Tubers*. C.A.B. Internacional, Wallingford, UK.
- Rosengarten, F. (1969). *The Book of Spices*. Livingston, Wynnewood, PA, U.S.A.
- RT (2003). Orden de 16 de junio de 2003 del Departamento de Agricultura del Gobierno de Aragón aprueba el Reglamento Técnico para la utilización de la marca "Calidad Alimentaria" para el "Azafrán de Aragón".
- RTS (1984). *Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de condimentos y especias*. Real Decreto-Ley 2242/1984 del 26 de septiembre.
- Rubio, P. (1980). *Estadística aplicada a la investigación agraria*. Ministerio de Agricultura. Servicio de Publicaciones Agrarias, Madrid, España.
- Rubio, P. (1985). *Estudio socio-económico del cultivo del azafrán en el valle medio-alto del Jiloca turolense*. Tesina inédita, Universidad de Teruel, Teruel, España.
- Rubio, P. (1997). *El azafrán y la comarca del Jiloca*. Centro de estudios del