



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

COURS

LICENCE 3 : Agronomie

Présenté par : Dr. HADJEB Ayoub

Phytotechnie Spéciale

Partie 01

« Cultures maraichères »

Année universitaire : 2020 - 2021

I.1. Introduction

La tomate est une espèce de plantes herbacées de la famille des Solanacées. Cette culture est répandue dans le monde entier, 90% de la production mondiale est obtenue dans l'hémisphère nord (Bassin Méditerranéen, Californie et Chine). Il existe plus de 4000 variétés de tomate ; sont différentes par les caractéristiques de leurs fruits, leur précocité et leur type de croissance (indéterminé ou déterminé), certaines sont résistantes aux maladies et à d'autres facteurs (biotiques et abiotiques). La tomate est une culture à cycle assez court, donne un haut rendement et elle présente de bonnes perspectives économiques. Elle est cultivée aussi bien pour la consommation fraîche que pour la transformation industrielle (Celma *et al.*, 2009).

I.2. Origine

L'origine du genre *Lycopersicon* se situe au Nord-Ouest de l'Amérique du sud, dans une aire allant du sud de Chili, et de la côte pacifique aux contreforts des Andes. Le genre comprend neuf espèces (Rick *et al.*, 1990), dont huit sont restées dans les limites de leur zone d'origine. Une seule espèce, *L. esculentum* sous sa forme sauvage cerasiforme, a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord. C'est au Mexique que la tomate a été domestiquée. Introduite en Europe au XVI^e siècle, sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et en moyen Orient (Shankara *et al.*, 2005).

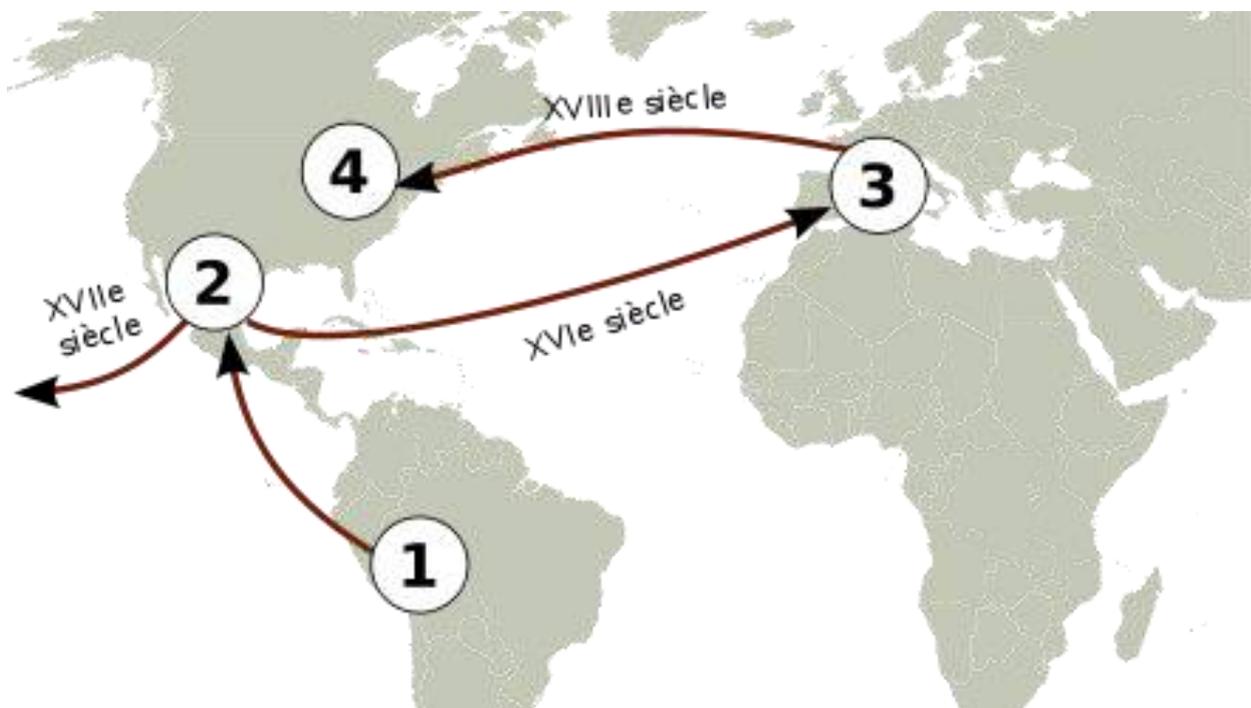


Figure 01 : Diffusion de la tomate dans le monde (Gallais et Bannerot, 1992)

I.3. Nomenclature et classification Botanique

Dans les confusions de la nomination de la tomate, pas mal de savants ont participé dans ce processus, la tomate appartient à la famille des Solanacées. En 1753, le botaniste Suédois Linnaeus l'a nommée *Solanum lycopersicum*, mais 15 ans plus tard Philippe Miller a remplacé le nom donné par Linnaeus, par *Lycopersicon esculentum* (Taylor, 1986).



Figure 02 : Plante de tomate en production (Originale, 2019)

Le nom du genre *Lycopersicon* est un composite gréco-latin, il signifie «pêche de loup». Le nom *esculentum* vient du latin, il signifie «comestible». Cette comestible ne concerne ni le feuillage, ni les jeunes fruits verts, qui contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine). Ces alcaloïdes disparaissent des fruits au cours de leur développement (Pitrat et Foury, 2004).

Munroe et Small (1997) rappellent que la tomate appartient à la classification suivante :

Règne Plantae
Sous règne Tracheobionta
Division. Magnoliophyta
Classe.....Magnoliopsida
Sous classe..... Asteridae
Ordre..... Solonales
Famille Solanaceae
Genre*Solanum* ou *Lycopersicon*
Espèce..... *Lycopersicon esculentum* Mill.

I.4. Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicon esculentum* est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Gallai et Bannerot, 1992).

I.5. Classification variétale selon le mode de croissance

Il existe de très nombreuses variétés cultivées de tomate. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant, plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologique et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons) qui déterminent l'aspect et le port que revêt le plant. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'opposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (Naika *et al.*, 2005).

I.6. Caractéristiques de la tomate

I.6.1. Caractéristiques morphologique de la tomate

► **Racine :** Le système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée. Il est très actif sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on peut trouver des racines jusqu'à 1 mètre de profondeur (Chaux et Foury, 1994).



Figure 03 : système racinaire de la tomate (Originale, 2019)

► **Tige :** La tige est pubescente, épaisse aux entre-nœuds. Sa consistance est herbacée en début de croissance, puis devient un peu ligneuse en vieillissant. Les rameaux issus des

bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque nœud et se terminent aussi par une inflorescence (Chaux et Foury, 1994).

► **Feuille** : Alternées, longues de 10 à 25 cm, sont composées, imparipennées et comprennent de 5 à 7 folioles aux lobes très découpés. Le bord du limbe est denté. Elles sont souvent reliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige (Raemaekers, 2001).



Figure 04 : Feuilles de la tomate (Originale, 2019)

► **Fleur** : Les fleurs sont bisexuées. Le pistil est entouré d'un cône constitué d'étamines. La fleur comporte 5 sépales, 5 pétales, 5 à 7 étamines et 2 carpelles soudés formant un ovaire (Shankara *et al.*, 2005).



Figure 05 : Fleurs de la tomate (Originale, 2019)

► **Fruit** : C'est une baie charnue de 2 ou 3 loges, à graines très nombreuses, de taille, de forme et de couleur très variées. Le pédoncule du fruit présente une zone d'abscission, de sorte que le fruit mûr se détache en conservant une partie du pédoncule ainsi que le calice. Le fruit à maturité peut se présenter soit rond et régulier ou côtelés (Shankara *et al.*, 2005).



Figure 06 : Fruits de la tomate (Originale, 2019)

► **Graines :** Nombreuses, chaque fruit contient un nombre important de graines qui varie de 80 à 500 graines. Elles sont en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen (Shankara *et al.*, 2005).



Figure 07 : Graines de la tomate (originale 2019)

1.6.2. Les caractéristiques physiologiques de la tomate

1.6.2.1. Les exigences climatiques

► **La température :** La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. La température est le facteur le plus déterminant pour la production de la tomate car la culture réagit fortement aux variations thermiques (Lambert, 2006). La température optimale pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de température, mais en dessous de 10°C et au dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (Shankara *et al.*, 2005).

► **L'eau et l'humidité :** La plante est très sensible à l'hygrométrie ; elle ne tolère pas les sols engorgés, ni l'humidité élevée (plus de 80%) et une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée,

le pollen est difficilement libéré. Il est essentiel de prévoir un apport d'eau suffisant pendant la fructification. Le stress causé par une carence d'eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (Munro et Small, 1998).

► **La lumière** : La lumière est un facteur écologique fondamental qui intervient dans la qualité de la photosynthèse. Elle intervient également sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Cirad et Gret, 2002). En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruit et la couleur des fruits.

Tableau 01 : Exigences de la culture de tomate en température, luminosité et hygrométrie (Laumonier, 1979)

	T° du sol	T°atmosphérique		Luminausité (lux)	Hygrométrie Relative (%)
		Jour	Nuit		
Croissance	15-20°C	18-20°C	15°C	1000-12000	70-80
Floraison	20-25°C	22-25°C	13-17°C	Très élevé	65-80
Fructification	20-25°C	25°C	18°C	5000/16h/JOUR	60-70

1.6.2.2. Les exigences édaphiques

► **Le type de sol** : La tomate peut être cultivée sur une large gamme de sol. Elle aime les sols profonds, meubles, bien aérés, bien drainés et riches en humus. Une texture sablonneuse ou sablo-lumineuse est préférable (Huat, 2008). La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité.

► **PH du sol** : Selon Chaux et Foury (1994), La tomate est très tolérante en pH. Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre 6.0 et 7.0.

► **La salinité** : Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture retarde la précocité de la production. La modulation de la concentration

saline de la solution nutritive est un des moyens utilisés pour maîtriser le développement du jeune plant (Brun et Montarone, 1987).

► **La température du sol :** C'est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Les semis doivent être soumis à une température supérieure à 16°C. La plante croît lorsque la température du sol passe de 13°C à 30°C (Zuang, 1982). Cette dernière intervient sur la croissance des racines, ainsi que sur l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs.

I.6.2.3. Les exigences nutritionnelles

► **Les exigences hydriques :** La tomate est l'une des cultures les plus exigeantes en eau. D'après Bentvelsen (1980), les besoins de tomate en plein champ se situent entre 4000 et 5000 m³/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de ses stades de développement et l'environnement.

► **Exigences en éléments fertilisants :** La tomate nécessite des éléments fertilisants tels que l'azote (N), le phosphore (P), la potasse (K) ainsi que le magnésium (Mg). Une production d'une tonne de tomate requiert environ 2.2 à 2.7 Kg d'Azote, 0.7 à 0.9 Kg de phosphore, 3 à 3.3 Kg de potasse et 0.5 à 1 Kg de magnésium (Naika et *al.*, 2005).

I.7. Le cycle biologique de la tomate

D'après Gallais et Bannerot (1992), le cycle végétative complet de la graine à la graine de la tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture ; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend les étapes suivantes :

► **La germination :** La germination et le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (Corbineau et Core, 2006). Chez la tomate la germination est épigée, nécessite une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% (Chaux et Foury, 1994).

► **La croissance :** C'est un changement quantitatif de la plante au cours du temps, qui s'effectue par une augmentation irréversible de ces dimensions (Thiman, 1956). Selon Laumonier (1979), cette étape se déroule en deux phases et en deux milieux différents.

- En pépinière : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines et des prés feuilles ;

- En plein champ : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines, les plantes continuent leur croissance. La tige s'épaissit et augmente son nombre de feuille.

► **La floraison** : Lorsque le méristème passe de l'état végétatif à l'état reproducteur, les ébauches florales apparaissent et se développent, ce processus correspond à la floraison. Sous l'influence de plusieurs facteurs, naturellement la pollinisation se fait. Elle se traduit par l'apparition des fruits verts. La durée entre la pollinisation et la fécondation est de 2 à 3 jours (Ray et Costes, 1965).

Selon Benton (1999), la première inflorescence apparaît deux mois et demi environ après le semis. La floraison chez la tomate commence du bas vers le haut. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs de la plante.

► **La pollinisation** : Les conditions climatiques ont un effet sur la libération et la fixation du pollen, par exemple si la température nocturne est inférieure à 13 °C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates qui causent une difficulté du dépôt de pollen (Louveau, 1984). L'intervention des agents extérieurs est nécessaire pour cette étape, le vent ou certains insectes comme le bourdon (Chaux et Faury, 1994). Lorsque des périodes de froid ou de chaleur perdurent pendant la floraison, la production de pollen sera réduite (Shankara, 2005).

► **La fructification et la maturité des fruits** : La fructification débute par la nouaison des fleurs de l'inflorescence du bas vers le haut. Les fruits mûrissent quand ils atteignent leurs tailles définitives et ils se colorent en jaune puis en rouge (Benton, 1999). Il existe une relation proportionnelle entre la production d'auxine, le développement des fruits et la quantité des graines (FAO, 1987). La lumière intense permet la synthèse active qui affecte la mise et la couleur des fruits, pour cela une température de 18 °C la nuit et 27°C le jour est favorable (Ray et Costes, 1965 ; Shankara, 2005).

I.1. Importance économique et médicinale de la tomate

I.8.1. Dans le monde

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, plus de 164 millions de tonnes sont produites. La production est répartie dans toutes les zones climatiques, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. A l'échelle mondiale, la tomate

est classé 2^{ème} culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production. En effet, près de cinq millions d'hectares (4,77 million ha) sont réservés annuellement à cette culture avec une production de plus de 164 millions de tonne (FAO STAT, 2013).

Tableau 02 : Principaux pays producteurs de tomate en 2013 (Anonyme₁, 2019)

	Pays	Surface cultivée (milliers d'hectares)	Rendement (tonnes par hectare)	Production (milliers de tonnes)	%
1	 Chine	0.980	51.58	50.552	30.7
2	 Inde	0.880	20.71	18.227	11.1
3	 États-Unis	0.150	83.84	12.598	7.7
4	 Turquie	0.311	38.01	11.820	7.2
5	 Égypte	0.213	40.07	8.534	5.2
6	 Iran	0.164	37.74	6.174	3.8
7	 Italie	0.095	51.76	4.932	3
8	 Brésil	0.063	66.80	4.188	2.5
9	 Espagne	0.045	81.32	3.684	2.2
10	 Mexique	0.087	37.66	3.283	2
11	 Russie	0.120	22.07	2.644	1.6
12	 Ouzbékistan	0.063	35.49	2.247	1.4
13	 Ukraine	0.085	24.16	2.051	1.2
14	 Portugal	0.018	96.78	1.742	1.1
15	 Nigeria	0.027	57.54	1.565	1
Total monde		4.762	34.54	164.493	100%

I.8.2. En Algérie

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne et près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à sa culture, donnant une production moyenne de 01 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 qx/ha (Anonyme, 2009). Après la pomme de terre, la tomate est le second produit maraîcher de par la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires en Algérie (Baci, 1995 in Guelamallah, 2006).

I.8.3. En Mostaganem

Selon les statistiques de la direction des services agricoles (2019) de la wilaya de Mostaganem, la production de la tomate a présenté pendant les années (2003-2005) une certaine stabilité des superficies cultivées de l'ordre de 2123 à 2340 ha. D'autre part cette production a diminué durant l'an 2006 où il a enregistré 426260 qx pour une superficie de 2011 ha, pour reprendre en expansion durant les années (2008-2014) (Tab. 03).

Tableau 03 : Production de la tomate dans la Wilaya de Mostaganem (DSA Mostaganem, 2019)

Année	Superficie (ha)	Rendement (qx/ha)	Production (qx)
2003	2123	239.4	508202
2004	2170	222.3	408330
2005	2340	197.4	462000
2006	2011	212	426260
2007	2026	240.7	487650
2008	1680	290	487200
2009	1957	258.1	505050
2010	2336	291.2	680143
2011	2298	288.4	662643
2012	2512	310.4	779695
2013	2427	335.1	83313
2014	2541	372.7	946996
2015	2611	359.7	939128
2016	1802,82	402.26	725220

2017	1669	576.64	962415
2018	1856	518.94	963160

I.8.4. Importance médicale de la tomate

Le rôle médical de la tomate est connu depuis bien longtemps chez les Incas en Amérique du Sud, où ils utilisaient la feuille fraîche du plant de tomate comme antibiotique. Selon le même auteur (Anonyme₂, 2010) la consommation de tomate joue plusieurs rôles :

- Une antifatigue en accélérant la formation de sucre dans le sang ;
- Diminue l'hypertension grâce à son haut taux en potassium ;
- Excellente pour la santé du foie, car elle contient des traces d'éléments antitoxiques appelées chlorite et sulfure ;
- Grâce à sa saveur acidulée la tomate stimule les sécrétions digestives ;
- La tomate contribuerait à la prévention des maladies cardiovasculaires, l'artériosclérose et la cécité ;
- La tomate joue un rôle de prévention du cancer grâce à sa teneur en pigments caroténoïdes antioxydants, notamment sa forte concentration en lycopène (3,5mg/125g de tomate).

I.8. Maladies et ravageurs de la tomate

Les cultures de tomate peuvent être affectées par diverses attaques de ravageurs (insectes, acariens et nématodes) et de maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales, par la concurrence de mauvaises herbes et par des accidents de végétation ou des agressions abiotiques, dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques (Chibane, 1999).

I.8.1. Adventices

La gestion des mauvaises herbes dans les cultures de tomate est importante pour éviter les baisses du rendement, du fait de la concurrence des adventices et limiter les infestations. Ces plantes pouvant servir de réservoirs à divers organismes, tels que les insectes ravageurs, champignons, parasites, nématodes (Anonyme₂, 2011).

(Naika *et al.* 2005) rappellent que les mauvaises herbes de la tomate en plein champ sont : *Solanum nigrum*, *Chenopodium album*, *Chenopodium murale*, *Datura stramonium*.

I.8.2. Maladies

La tomate peut être attaquée par de nombreuses maladies et les pertes qu'elles provoquent sont parfois sévères. Elles sont dues à des champignons, des bactéries et des virus (Shankara *et al.*, 2005).

I.8.2.1. Les maladies cryptogamiques

I.8.2.1.1. L'Alternariose de la tomate : L'Alternariose de la tomate est une maladie cryptogamique provoquée par un champignon *Alternaria solani* sorauer de la famille des Pleosporaceae sur la tomate. Ce champignon attaque également d'autres solanacées, dont la pomme de terre, le piment et l'aubergine (NAIKA *et al.*, 2005).

I.8.2.1.2. Le mildiou : Le mildiou est une moisissure qui se trouve dans toutes les régions du monde, mais on la trouve plus fréquemment dans les régions montagneuses ou dans les basses terres, où les conditions climatiques sont fraîches et humides (Naika *et al.*, 2005).

I.8.2.1.3. La fusariose : Selon Mohamed et Haggag (2003) la fusariose de la tomate est causée par le champignon pathogène *Fusarium oxysporum*.

Ce champignon ne s'attaque qu'à certains cultivars. Les plantes infectées par ce champignon du sol présentent un jaunissement des feuilles et un flétrissement se propageant à partir de la base de la tige. Au début, les symptômes ne sont visibles que sur une seule moitié de la surface des feuilles, des branches ou des plantes avant de se propager à l'ensemble de la plante (Ruocco *et al.*, 2011).

I.8.2.1.4. La verticilliose (*Verticillium dahliae*) : La Verticilliose causée par *Verticillium albo-atrum* et *Verticillium dahliae*. Tout comme la fusariose, cette maladie se manifeste en premier lieu au niveau des feuilles inférieures et progresse vers la partie supérieure de la plante. Contrairement à la fusariose, les symptômes de la verticilliose se manifestent sur l'ensemble de la surface des feuilles, des branches ou des plantes (Ruocco *et al.*, 2011).

I.8.2.1.5. Le mal blanc ou oïdium : Trottin-Caudal *et al.* (2003) rappellent que l'oïdium est une maladie causée par *Oidium neolycopersici*, un champignon pathogène répandu dans les cultures sous abri. Cette maladie se manifeste dès les premiers stades par des tâches blanches

sur le dessus des feuilles. Par la suite, lorsque ces tâches se transforment en lésions de couleur marron la plante peut perdre ses feuilles. Une autre espèce d'oïdium, causée par *Leveillula taurica*, est principalement observée dans les cultures sous tunnel non chauffé (Ruocco et al., 2011). (Besri ,2010) atteste que les anciennes variétés fixées sont modérément sensibles à ce parasite, alors que les nouveaux hybrides y sont extrêmement sensibles.

I.8.2.1.6. L'Anthracnose (*Collectotrichum coccodes*) : L'Anthracnose est une maladie causée par le champignon *Collectotrichum coccodes*, qui occasionne des pertes conséquentes dans de nombreuses zones de production. Ses dégâts se manifestent essentiellement sur les fruits mûres, produits en plein champ et parfois en post-récolte. Les symptômes qui apparaissent sur ces fruits mûrs sont sous forme de petites lésions brunes claires, qui évoluent en taches circulaires légèrement déprimées et humides, réparties au hasard. Ces lésions évoluées prennent une tache brunâtre et des ponctuations noires apparaissent, elles correspondent aux micro- sclérotés. La cuticule des fruits reste intacte, elle peut se couvrir de petites masses de spores muqueuses en conditions climatiques humides. Plusieurs taches présentes sur les fruits peuvent confluer et entraîner une large pourriture (Blancard, 2010).

I.8.2.1.7. La pourriture grise (*Botrytis cinerea*) : La pourriture grise est provoquée par le champignon *Botrytis cinerea* est un problème récurrent en culture de tomate sous abris. *Botrytis cinerea* peut entraîner des pertes de rendements importantes en affaiblissant les plantes et en les détruisant (Balestri, 2000).

Selon (Chaux et Foury, 1994), à températures assez basses le botrytis se développe surtout sur les plantes étiolées, provoque le développement d'un feutrage gris sur les feuilles.

I.8.2.2. Les maladies bactériennes

Les bactéries sont des organismes unicellulaires minuscules. Ils sont visibles sous microscope, mais pas à l'œil nu. Contrairement aux moisissures dont les spores germent et sont capable de pénétrer la peau intacte d'une plante, les bactéries ne peuvent infecter une plante qu'exclusivement par le biais de zone affaiblie : comme les cicatrices, les stomates, les lenticelles, et les blessures comme les blessures physiques. Dans le sol, ils peuvent pénétrer dans la plante par le biais de lésions sur les racines, qui peuvent par exemple être provoqué par les nématodes. Les bactéries sont présentes partout dans l'air et sur les objets. La plupart des maladies bactériennes sont transmises dans les conditions d'humidité et de température élevée. Ces bactéries provoquent un flétrissement du fruit (NAIKA et al., 2005).

I.8.2.2.1. Le chancre bactérien : Le chancre bactérien est causé par *Clavibacter michiganensis*. La semence infectée est probablement la plus grande source d'inoculum dans le cas des infections primaires (systémiques). Les bactéries peuvent être présentes à la surface des graines, mais aussi dans les couches profondes du tégument. L'agent pathogène peut aussi être introduit par des résidus de culture infectées, des mauvaises herbes ou des plants de tomate spontanés qui l'abritent, ainsi que par du matériel contaminé Naika et al. (2005).

I.8.2.2.2. Le feu bactérien (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*) : Cette bactérie est présente dans le monde entier, mais elle est plus répandue dans les pays tropicaux et subtropicaux. Le pathogène est propagé par le biais de graines, d'insectes, de gouttes de pluie, de débris des plantes infectées et les mauvaises herbes appartenant à la famille des solanacées. Les pluies torrentielles et une humidité élevée favorisent le développement de la maladie Naika et al. (2005).

I.8.2.2.3. Flétrissement bactérien : *Ralstonia solanacearum* : La bactérie qui provoque cette maladie est surtout commune dans les basses terres des pays tropicaux, où les températures sont relativement élevées. Il s'agit d'une maladie transmise par le biais du sol. Selon Naika et al. (2005), les premiers symptômes chez les plantes infectées sont le flétrissement des feuilles terminales, suivit après 2 à 3 jours d'un flétrissement soudain et permanent sans jaunissement.

I.8.2.3. Les virus : La tomate est très sensible aux maladies virales. Un virus est un pathogène submicroscopique ayant une structure de protéines que l'on peut discerner à l'œil nu (Naika et al., 2005).

D'après Si Bennasseur (2005), plusieurs virus causent des marbrures, ou symptômes semblables à une mosaïque sur les feuilles. Le virus de la mosaïque de la tomate (TMV) peut être transmis mécaniquement, alors que d'autres virus comme le virus de la mosaïque de concombre (CMV) sont transmis par les pucerons, les thrips, les mouches blanches et d'autres insectes.

I.8.2.3.1. TMV (Tomato Mosaic Virus) : D'après Blancard (1988), la mosaïque du tabac malgré son nom, touche plus souvent les cultures de tomates (mais aussi de poivrons et d'aubergines), et affecte plus ou moins gravement le rendement. Le virus responsable, TMV (Tobacco Mosaic virus) se transmet par le sol et les semences. Les variétés modernes

cultivées en serre, comportent des gènes de résistance au virus qui ont été introduites à partir d'espèces sauvages de tomates (*Solanum peruvianum* et *Solanum habrochaites*).

I.8.2.3.2. TSWV (Tomato spotted Wilt Virus) : C'est le virus de la maladie bronzée de la tomate. Le TSWV est une maladie de la tomate, à conséquence importante dans les pays tropicaux. Les pieds contaminés sont rabougris et ont des feuilles jaunes, les fruits montrent des cercles légèrement en relief, de couleur rouge qui sont caractéristiques de la maladie. Le TSWV est transmis par différentes espèces de thrips (Naika et al, 2005).

I.8.2.3.3. PVMV (Pepperveinal Mottle Virus) : Le PVMV provoque des mosaïques surtout sur la tomate, les souches virulentes peuvent provoquer la nécrose des feuilles et des tiges. Dans la nature la transmission de PVMV est non persistante (un puceron contaminé ne pourra transmettre la maladie qu'à une seule plante) et est causée par au moins cinq espèces de puceron. *Aphis gossypii*, *A. crassivora*, *A. spiraeicola*, *Myzus persicae* et *Toxoptera citridus* (Naika et al, 2005).

I.8.2.3.4. TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) : Le virus de l'enroulement chlorotique des feuilles de la tomate, le TYLCV est répandu mondialement, il est transmis par la mouche blanche *Bemisia tabaci*. Les pieds infectés sont dressés et rabougris. Cette maladie fait jaunir les feuilles qui s'enroulent vers le haut ou vers le bas. Toute une récolte peut être détruite si les plants sont contaminés en pépinières (Naika et al., 2005).

I.9.3. Ravageurs

I931. Les nématodes (*Meloidogyne incognita*) : Les nématodes sont des vers qui sont très petits et vivent dans le sol, en se nourrissant sur les racines de la plante. Etant donné leur petite taille (seulement quelques mm de long), il n'est pas possible de les voir à l'œil nu. Ils ont des organes perforateurs au niveau de la bouche qui leur permettent de sucer la sève des plantes. Ceci peut conduire à une diminution de la capacité productive des plantes en question. Des dommages bien plus sérieux peuvent en découler lorsque les virus ou des moisissures pénètrent les plantes, au travers des blessures causées par les nématodes. Ces derniers rendront la plante malade et la feront mourir (Naika et al., 2005).

I932 Les Acariens : Les acariens ne sont pas des insectes, mais de sortes d'araignées de petite taille, presque invisibles à l'œil nu. En agriculture, certains sont connus sous le nom d'araignées rouges ou jaunes (Tétranyques). Ils causent surtout des dégâts aux feuilles, provoquant des décolorations. Une attaque sévère provoque la chute des feuilles (N'Djamena,

1995). Selon (Ruocco et al., 2011).les acariens dépouillent les feuilles, les tiges et les fruits de leur contenu cellulaire. Les tiges et les feuilles prennent une couleur Bronzée ou brun roux. Les feuilles se dessèchent et les plantes les plus touchées meurent.

Villeneuve (2009), propose comme moyen de lutte contre les acariens d'effectuer un traitement chimique à base d'acaricide tout en aérant les serres et en évitant le stress hydrique.

I933 Les insectes

I9331. Aleurode ou mouche blanche : La mouche adulte est de couleur blanche, a une longueur de 1 à 2 mm, tout comme les larves elle se nourrit de la sève des feuilles. Lorsqu'on retourne la plante, tout un groupe de mouches pourra s'envoler. Elles déposent leurs œufs sur le côté inférieur des feuilles. Les œufs éclosent après environ une semaine afin de se métamorphoser. Les insectes présentent surtout un problème au cours de la saison sèche (Naika et al, 2005). D'après Alabouvette et al. (2003), l'aleurode a la capacité de transmettre des virus tels que le TYLCV (le virus de la maladie des feuilles jaunes ; en cuillère de tomate).

I9332 Les thrips (Thripidae) : Les thrips sont des insectes très petits, ils ne mesurent que 0,5 à 2 mm de long. Ils ont des ailes en général. Les thrips déposent leurs œufs sur les feuilles. Les larves apparaissent après environ 10 jours. Les larves des thrips et les adultes sucent la sève des feuilles, ce qui cause des taches argentées sur la surface des feuilles en question. Les thrips adultes déposent également leurs excréments sur les feuilles, on les voit comme des petits points noirs. Quelques espèces de thrips sont des vecteurs de la maladie bronzées de la tomate (TSWV). La phase de croissance en cocon a lieu dans le sol (Naika et al., 2005).

I9333. Les cicadelles : Ce sont des petits insectes très actifs de couleur claire à vert jaunâtre, dont les ailes sont translucides, elles sont brillantes. Les adultes ont environ 2,5 mm de long. Les larves se déplacent latéralement. Les adultes et les larves infestent le feuillage et sucent les feuilles, ils provoquent une décoloration des feuilles et peuvent transmettre des virus. La lutte généralement n'est pas nécessaire (N'Djamena, 1995).

I9334 Les papillons et les noctuelles : Les papillons et les noctuelles sont des ravageurs courants dans les cultures de tomates. Des œufs verts ou bruns sont déposés sur les feuilles et les fruits. Les larves qui sortent des œufs se nourrissent des feuilles, des fleurs, des fruits et même des racines. Alors qu'elles se nourrissent, les chenilles grandissent et traversent un certain nombre de phases de croissance larvaire.

I9335. Les vers gris : Sont les chenilles de papillons de nuit, de la famille des noctuidées, espèce : *Peridroma saucia*. Les femelles pondent dans le sol au niveau des tiges. Les larves sont gris brun et ne sortent que la nuit. Le jour, elles se cachent dans le sol à quelques centimètres sous la surface. Les dégâts occasionnés par le vers gris s'observent généralement au printemps, après la transplantation sur le collet des plantes, mais ces derniers peuvent également s'attaquer aux feuilles, aux fruits ou aux racines. Ils attaquent aussi les cucurbitacées, le chou, le maïs... etc. On l'appelle aussi le vers gris panaché (Leboeuf, 2004).

I9336. Sphinx des tomates (*Le Manduca quinquemaculata*) : Le sphinx des tomates est une espèce lépidoptère de la famille des Sphingidae. On la trouve sur le continent américain, dont la chenille est un ravageur des cultures de solanacées notamment la tomate, sous la forme d'imago (papillon). Son appétit est vorace pour les feuilles et parfois les fruits des tomates, des aubergines...etc. Il a une capacité de défoliation (Anonyme3, 2011).

I9337. La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) : La mineuse de la tomate est subtropicale. Elle attaque la tomate et les autres cultures de la famille des solanacées. Certaines mauvaises herbes de cette famille comme: la morelle de la caroline (*Solanum carolinense*. L.) peuvent servir d'hôtes secondaires. La mineuse de la tomate s'attaque également aux feuilles et aux fruits. Les galeries que ses larves creusent à l'intérieur des feuilles sont les lésions les plus communes. Au début, la galerie est longue et étroite puis s'élargit et prend la forme d'une tache boursouflée. Lorsque l'infestation est grave toutes les feuilles sont attaquées, ce qui donne aux plants un aspect grillé. Les plants de tomate peuvent subir des dommages plus directs, quand certaines larves âgées rentrent dans les fruits qui se trouvent à leurs portées, en creusant une galerie au dessous du calice (WANG et al., 1998).

1. Chapitre I : généralités sur les cucurbitacées

1.1. Définition :

Les cucurbitacées sont des plantes herbacées annuelles dicotylédones grimpants ou rampants à croissance rapide, portant des feuilles aux lobes palmés, des vrilles hélicoïdales et des fleurs souvent voyantes, unisexuées, c'est-à-dire, mâles ou femelles. Cette famille comprend 130 genres environ 800 espèces et peut être 10 000 variétés au monde, elle constitue une source d'alimentation importante pour les êtres humains, principalement sous forme de courges, de pastèque et de melons, elle fournit également des fibres et des plantes d'ornement.

Plusieurs caractéristiques des membres de la famille les rendent aisément reconnaissables, avec de longues tiges non ligneuses, les fleurs habituellement colorer jaunâtres ou blanchâtre, ne s'ouvrent que pendant un court laps de temps, souvent moins d'une journée, et sont unisexuées, le fruit est entouré d'une écorce dure caractéristique enveloppant une pulpe charnue avec de nombreuses graines, les membres de la famille des cucurbitacées sont adaptés aux climats chauds et aucun d'entre eux ne supporte le gel, planté dans les zones tempérées chaudes à tropicales dans lesquelles les étés sont longs et chauds, qui préfèrent des températures comprises entre (24-30° C) le jour et avoisinant (18° C) la nuit.

1.2. Importance économique

L'importance économique des Cucurbitacées, surtout dans les régions secs, est considérable, cette famille est répandue dans tous les pays du monde et connue par ses fruits comestibles : courges, citrouilles (*Cucurbita*), melons, concombres (*Cucumis*), pastèques (*Citrullus*).

La motivation première pour les cultures des cucurbitacées est économique pour la plupart des producteurs. L'objectif est la quête de revenus pour satisfaire les besoins socio- économiques.

Il ressort de notre analyse que les produits maraîchers occupent une place importante dans les activités de commercialisation des produits agricoles.

1.2.1. Au niveau du monde

Au niveau mondial, le marché de la pastèque est très dynamique avec une valeur de près de 1.5 milliards de dollars américains. Les marchés de l'Union Européen, des USA et de la Russie sont les principaux acteurs dans ce segment. Au Maroc, la pastèque est cultivée dans la plupart des régions du centre et du sud du royaume avec une concentration dans la région de Marrakech.

La production mondiale de melons est de 28,3 millions de tonnes. Le melon se récolte dans tous les pays chauds de la planète, les principaux pays producteurs de melon sont la Chine (50 % de la *production mondiale*) suivie par la Turquie. La Turquie est le 2^e producteur mondiale de melons avec près de 1,7 Mt mais n'exporte que peu, Ensuite vient l'Iran avec 1,2 Mt. de melons par an. Ces trois pays producteurs de melon ne représentent qu'une petite partie des échanges mondiaux de melons.

Il y a actuellement 15 000 tonnes de melons à l'offre et la France en mange 5 000 tonnes par jour. Il y a trop d'offre» la filière française produit environ 290 000 tonnes par an réparties principalement dans le Centre-Ouest, le Sud-Ouest et le Sud-Est. Une production essentiellement destinée au marché intérieur. Elle importe aussi quelque 90 000 tonnes de melon en provenance d'Espagne, du Maroc et d'Israël,

Le rendement moyen de la culture de (melons – pastèque) est de 211 quintaux/ha, mais il atteint 333 qx/ha aux Pays-Bas (cultures en serres) et 346 aux Émirats arabes unis,

production du melon-pastèque

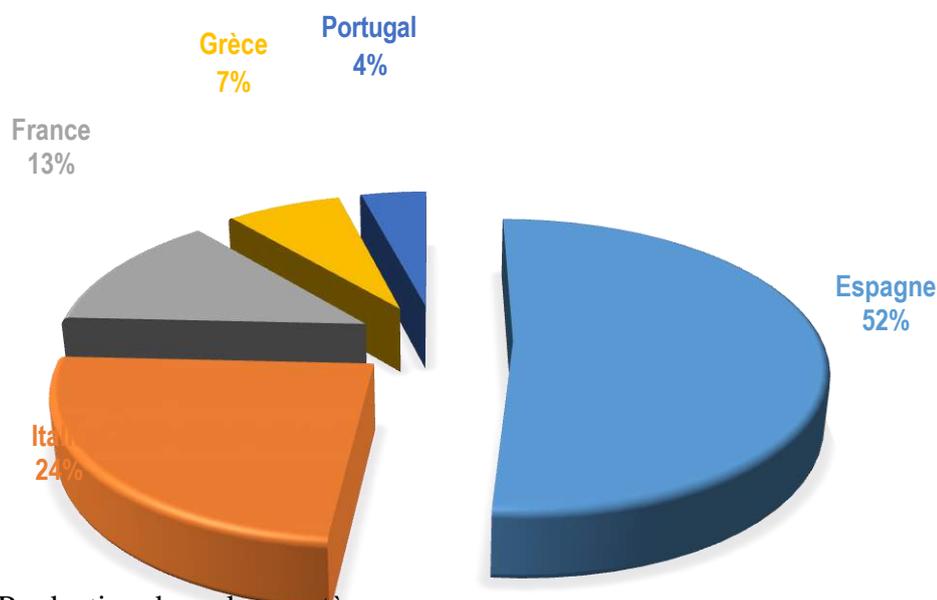


Figure N° 01 : Production du melon-pastèque

1.2.2. Au niveau de l'Algérie

L'Algérie a une importante source de richesse en ressources phylogénétiques et cela grâce à sa situation géographique et à sa diversité pédoclimatique.

Ces ressources sont importantes pour l'économie algérienne et pour le maintien de l'équilibre écologique. Dans le cadre des plans culturaux, les cultures maraîchères sont des cultures principales dans le monde. Le melon et la pastèque est bien estimé et très recherché sur les marchés locaux et internationaux. Il est parmi les cultures maraîchères les plus pratiquées en Algérie. Il est consommé en grande partie en été. Il a un rôle à la fois de fruit et de désaltérant surtout pendant les périodes de fortes chaleurs.

En Algérie, La superficie qu'on cultive est très importante, elle occupe un rang principal avec la pomme de terre. Le melon comme la pastèque est cultivée dans presque toute l'Algérie, il occupe 12% des superficies utilisées pour les cultures maraîchères avec une production de 8,5% de la production totale du maraîchage.

Tableau N° 1 : évolution de la production de fruits et légumes en Algérie

Année	Superficies en ha			Envolum 2009/ 2014	Production en tonnes			Evol 2014/ 2009
	2009	2011	2014		2009	2011	2014	
Légumes secs	63140	69240	85 295	35, 09%	21864	47106	84290	285, 52%
LEGUMES FRAIS	262400	363030	468262	78, 45%	3308156	5926550	10402318	214, 44%
Pommes de terre	72690	99717	138666	90, 76%	1207690	2156550	4219475	249, 38%
<i>Pdt primeur</i>	3480	4853	4828	38, 74%	47592	76673	105877	122, 47%
<i>Pdt de saison</i>	45590	77971	60299	32, 26%	802745	1358307	2520225	213, 95%
<i>Pdt arrière-saison</i>	23620	55842	34590	46, 44%	357353	721569	1593373	345, 88%
Tomates	16710	21089	21 542	28, 92%	341447	513780	796 963	133, 41%
Oignons	26490	36508	46 274	74, 68%	315741	685500	1 183 268	274, 76%
Aulx	8930	10848	9 055	1, 40%	35605	46436	77 648	118, 08%
Melons, pastèques	28980	42844	54 626	88, 50%	398691	857942	1 495 081	275, 00%
Carottes	10830	13413	18 091	67, 05%	148636	163579	354 101	138, 23%
Piments	7320	9266	10 389	41, 93%	77340	97971	181 544	134, 73%
Poivrons	8580	11464	12 216	42, 38%	97433	150643	245 023	151, 48%
Concombres	3090	3959	4 083	32, 14%	52837	97737	115 156	117, 95%

2. Chapitre II : la culture du melon



Figure N° 2 : serre du melon (photo original)

2.1. Généralités

Le Melon (*Cucumis_melo*) est une plante herbacée annuelle originaire d'Inde ou Moyen- Orient, appartenant à la famille des Cucurbitacées et est largement cultivée comme plante potagère pour son faux-fruit comestible. Le terme désigne aussi le fruit climactérique lui- même très savoureux, sucré et parfumé.

Le « Cantaloup » apparu au 18^{ème} siècle, serait venu d'Arménie et était cultivé dans la maison de plaisances des papes, près de Rome appelé « Cantalupi » d'où son nom actuel.

2.1.1. Evolution de la production

1.1.1.1. Dans le monde

La production du melon dans le monde a connu de grands changements au cours des dernières années.

La courbe suivante montre ces changements durant la période 2008 – 2013.

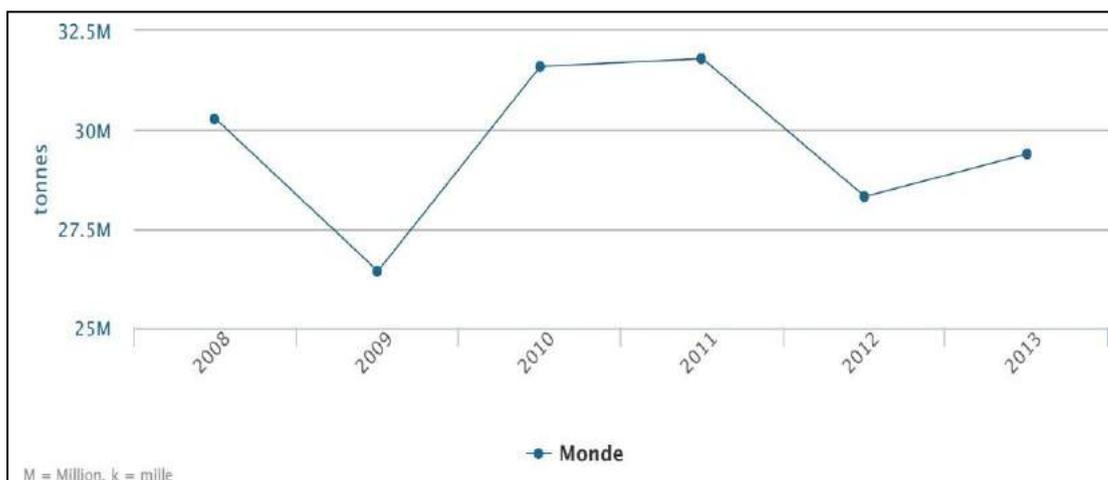


Figure N° 3 : L'évolution de la production mondiale du melon (2008 – 2013) (FAO STAT 2016)

Les pays et les continents les plus importants en cette période (2008 – 2013), sont mentionnés dans le cercle suivant :

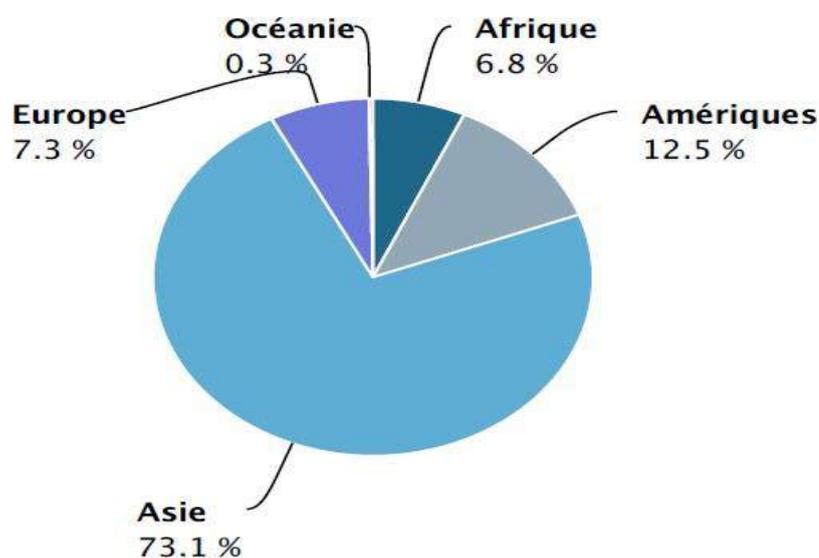
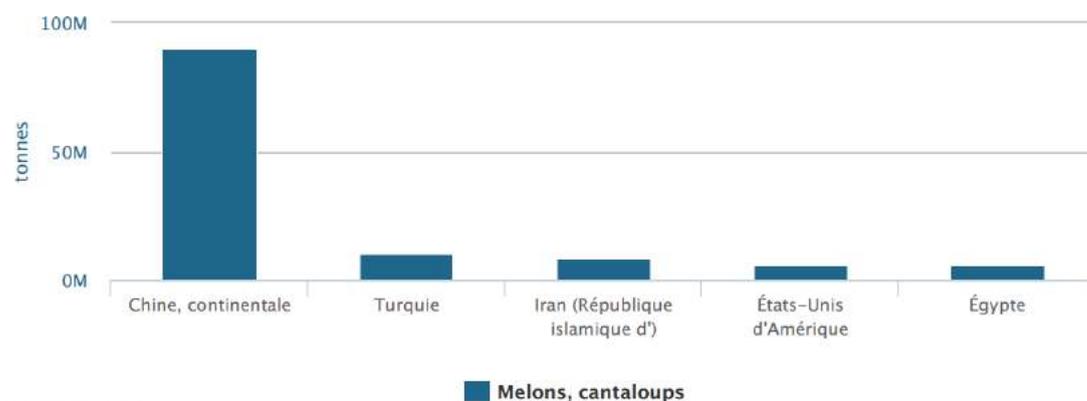


Figure N° 4 : la distribution de la production du melon dans le monde (FAO STAT 2016)

Il est à noter dans ce tableau de distribution que l'Asie est le principal producteur de melon au monde cela se justifie peut être par le fait que le melon est originaire de l'Asie (Inde et moyen-orient).



M = Million, k = mille

Figure N° 5 : pays producteurs du melon dans le monde

Le classement des pays grands producteurs de melon dans le monde de la période (2008

– 2013). Nous notons une nette dominance de la Chine par rapport à la Turquie l’Iran et les Etats-Unis d’Amérique.

1.1.1.2. A Mostaganem

La culture du melon a connu des changements partiellement légers dans la production. Ces changements sont dus à plusieurs facteurs comme la forte demande du marché et une meilleure maîtrise des techniques d’amélioration (choix variétaux, introduction du système goutte à goutte, et de la Fert-irrigation)

Ces évolutions sont exposées dans le tableau et les diagrammes suivants :

Tableau N° 2 : l’évolution de la production du melon à Mostaganem (DSA Mostaganem)

année	Production (qx)	superficie (ha)	Rendement (qx/ha)
2007/08	72000,0	516,0	139,5
2008/09	58550,0	352,0	166,3
2009/10	164275,0	659,0	249,3
2010/11	95300,0	361,0	264,0
2011/12	//	//	//
2012/13	105198,0	444,0	236,9
2013/14	115988,0	474,0	244,7
2014/15	113491,0	535,0	212,1

Il est à noter que pour la wilaya de Mostaganem, les superficies fluctuent entre 659 ha et 352ha, et d'après notre enquête, les diminutions de superficies ne semblent imputables qu'à une mauvaise maîtrise des statistiques.

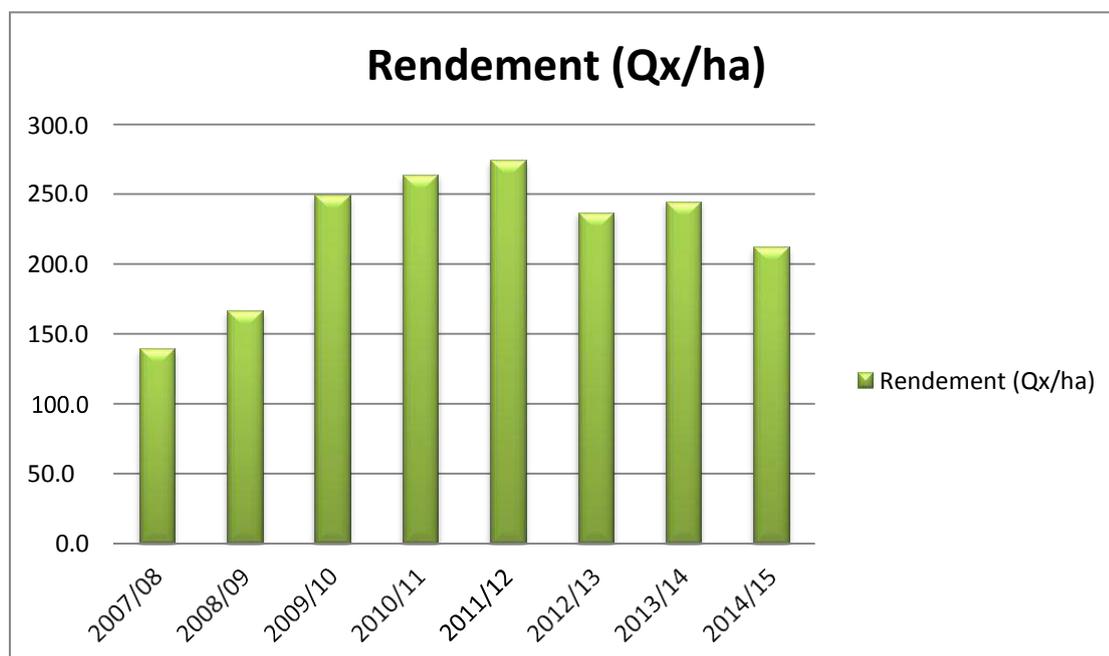


Figure N° 6 : Evolution de la production du melon à Mostaganem (DSA Mostaganem).

Il est à penser que la faiblesse des rendements ne reflète pas les degrés de technicité et de maîtrise de la conduite du melon. Et parmi ces techniques l'on souligne l'utilisation quasi totale du paillage, du goutte à goutte, et des engrais.

212. Compositions et valeur nutritive

matière	Quantité
Calories(kcl)	31
Joules (kj)	130
Glucides(g)	6.5
Protides(g)	0.8
Lipides(g)	0.2
Sodium(mg)	19
Magnésium(mg)	15
Calcium	18
Carotène	100
Vitamine B2(mg)	0.05
Vitamine B3 ou PP(mg)	0.03
Vitamine B6(mg)	0.3
vitamine E(mg)	30

213. Classification botanique

<u>Classification</u>	
Règne	<u>Plantae</u>
Sous-règne	<u>Tracheobionta</u>
Division	<u>Magnoliophyta</u>
Classe	<u>Magnoliopsida</u>
Sous-classe	<u>Dilleniidae</u>
Ordre	<u>Violales</u>
Famille	<u>Cucurbitaceae</u>
Genre	<u>Cucumis</u>
Nom binominal	<u><i>Cucumis melo</i> L.1753</u>

2.2. Les caractères botaniques et morphologiques

Le melon appartient à la famille des Cucurbitaceae. Son faux-fruit est très polymorphe. Le fruit sauvage d'origine ne dépassait pas 30 à 50 g mais il a servi de base à la définition de très nombreuses variétés. Celles-ci sont diversement rassemblées selon les auteurs en groupes, dont les plus importants sont :

- ✓ Les melons consommés comme fruits (récoltés à maturité) :
 - le groupe cantalupensis, melon cantaloup (ou melon musqué) à durée de conservation brève.
 - le groupe reticulatus, melon brodé, à durée de conservation moyenne.
 - le groupe inodorus, melon d'hiver, à durée de conservation longue.
- ✓ Les melons consommés comme légumes (récoltés avant maturité) :
 - le groupe flexuosus, melon serpent.
 - le groupe momordica, melon phut (Inde).

2.2.1. Système racinaire

L'enracinement du melon est abondant mais superficiel. la racine est pivot, forte et se ramifie facilement en de nombreuses racines secondaire et latérales. Il ne se forme pas de racines adventives et par conséquent, les racines abimées se régénèrent difficilement. Il faut donc se garder d'effectuer une transplantation à racines nues. Il est nécessaire de semer en pots ou directement en place.

2.2.2. La tige

L'axe principal de la tige est un sympode à partir duquel des rameaux primaires et secondaires naissent facilement. Bien que normalement rampante, la tige peut grimper grâce aux vrilles qui se développent à l'aisselle de ses feuilles. Le tuteurage est une opération longue car il faut non seulement permettre à la plante de grimper mais aussi de tailler les rameaux latéraux afin d'assurer le plein développement de la tige principale.

2.2.3. Les feuilles

Elles sont arrondies, largement étalées et rugueuses au toucher et sont de dimensions et de formes variables : entières, uniformes, pentagonales avec 3 à 7 lobes.



Figure N° 7 : Tiges et feuilles du melon (photo original)

224. Les fleurs

Les variétés du melon sont soit :

- **Monoïques** : la plante porte à la fois des fleurs mâles et des fleurs femelles (exemple : le cantaloup d'Alger, Alpha, Delza, Jet).
- **Andromonoïques** : la plante porte des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites (exemple : le cantaloup charentais)

Les fleurs mâles apparaissent les premières et sont groupées deux à deux ou plus à l'aisselle des feuilles. Les fleurs femelles ou hermaphrodites sont solitaires et apparaissent avec des pédoncules courts et vigoureux surtout sur les rameaux latéraux, à corolle ovoïde et à ovaire infère comprenant trois à quatre carpelles, des glandes à nectar attractif pour les abeilles (*Aphismélifica*) pollinisatrices se trouvent à la base des pétales.

Les rameaux fructifères peuvent s'allonger et produire des fleurs mâles et une à deux fleurs femelles. Le nombre de fleurs mâles est nettement inférieur à celui des fleurs femelles et à celui des fleurs hermaphrodites. Le rapport entre le nombre de fleurs femelles (ou hermaphrodites) et celui de fleurs mâles varie en fonction des cultivars, de l'interaction température/lumière, et des effets provoqués par les substances de croissances.

Les jours longs, les températures élevées et les gibbérellines, favorisent l'apparition des fleurs mâles, tandis que les jours courts, les températures basses, et les auxines, favorisent l'apparition des fleurs femelles (ou hermaphrodites).

La vigueur de la plante joue un rôle en défaveur de l'apparition de fleurs femelles. Plus un cultivar est vigoureux, plus l'apparition des premières fleurs femelles est tardive. Donc, le rapport fleurs femelles (ou hermaphrodites)/ fleurs mâles croît à partir de l'axe principale vers les rameaux latéraux, et à partir de la base de la plante vers le sommet de la plante.

La taille favorise la ramification de la plante, force l'apparition des fleurs femelles, et par conséquent produits des récoltes hâtives.

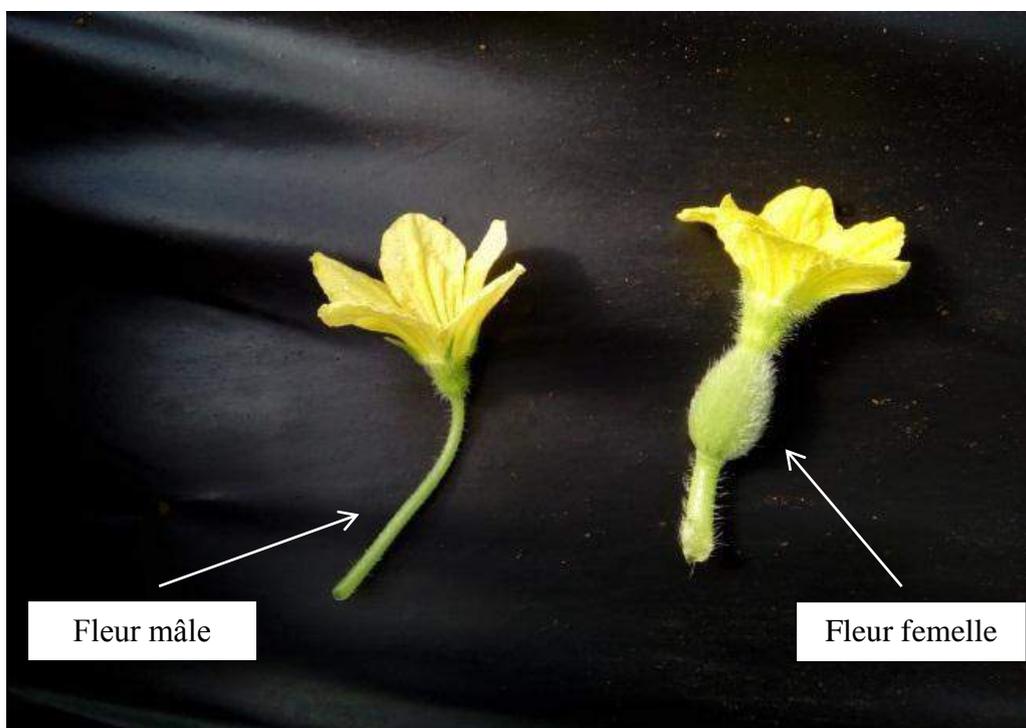


Figure N° 8 : fleurs mâle et femelle du melon (photo Originale)

2.2.4.1. Pollinisation

La pollinisation du melon est entomophile. Pour les cultivars monoïques, le transfert de pollen des fleurs mâles vers les fleurs femelles est essentiel. Pour les cultivars andromonoïques, bien qu'il n'y ait pas d'incompatibilité entre pollen et ovaire dans les fleurs hermaphrodites, la pollinisation artificielle par les abeilles est recommandée car il se peut que la déhiscence de l'anthere ne corresponde pas avec la réceptivité du stigmate, ou que la quantité de pollen soit insuffisante.

Les sacs polliniques ne s'ouvrent que sous une température de 18 à 20° C, ce qui s'obtient facilement en serre. Cependant, pour les variétés très hâtives, si la pollinisation est impossible, même par les abeilles, par manque de pollen ou par difficulté de libération de celui-ci, l'application d'auxines (4-CPA) ou de cytokinines (benzyladenine) sur les fleurs, favorise dans une certaine mesure la fructification. C'est une opération longue et qui se justifie rarement car il faut éviter une fructification trop hâtive lorsque les conditions atmosphériques ne sont pas favorables. Etant donné que la croissance végétative est faible, la production sera réduite et les fructifications suivantes seront freinées.



Figure N° 9 : pollinisation des fleurs femelles par les abeilles

Une bonne pollinisation est importante pour obtenir une uniformité de la fécondation des ovules. A défaut, les fruits risquent d'être mal formés à cause des différences de croissance du péricarpe. Il existe une corrélation élevée entre le nombre de semences par fruit et le poids de celui-ci. Certains cultivars peuvent être plus ou moins parthénocarpiques et cependant cette corrélation s'y vérifie. La pollinisation est donc une façon intéressante d'augmenter le poids du fruit et la productivité.

225. Les fruits

Les fruits sont de forme et de couleur extrêmement variables, leur forme peut être sphérique, déprimée oblongue, ovoïde, leur épiderme est lisse ou côtelé, brodé ou encore recouvert de sortes de galles. La couleur de la chair suivant la variété est : blanche, jaunâtre, ou orange et de saveur variable.

La pulpe de couleur jaune à orange, et très juteuse et très parfumée à maturité, la cavité centrale, fibreuse, renferme de très nombreux Pépins. Le calibre du fruit du melon varie selon les variétés.

2.2.6. Graines

Les graines sont jaunâtre, plates, ellipsoïdales et se forment dans une cavité mesurant 5 à 15cm de long. Leurs poids varient avec les variétés (35 graines par gramme pour les cantaloups charentais). Conservées dans des bonnes conditions, les graines gardent en



Figure N° 10 : graines du melon

moyenne pendant 5 ans un bon pouvoir germinatif. Cette durée peut parfois atteindre 10 ans et plus, toutefois. On recommande souvent de semer des graines d'un en deux ans.

2.3. Les variétés

2.3.1. Variétés cultivées au niveau mondial

En 2015, plus de 960 variétés de melons sont inscrites au catalogue européen des espèces et variétés cultivées.

Il existe plusieurs types de melon se distinguant par leur forme (ronde, ovoïde, elliptique), couleur (blanche, jaune crème, verte, ocre...), aspect de la surface (sillons, broderies, plis), par la présence ou non d'un pédoncule déhiscent :

- Melon brodé (*Cucumis Meloreticulatus*) : forme ronde, écorce liégeuse en relief, chair orangée. Sa peau épaisse est caractérisée par un relief.
- Melon cantaloup : chair orangée, forme ronde, écorce lisse. Originaire d'Asie mineure et introduit en Italie à la Renaissance puis largement cultivé en France (Charentes, Lotet

Garonne, Tarnet Garonne, Gers, Vaucluse et Bouches du Rhône) à partir du XVI^e siècle. Le fruit est rond, l'écorce lisse ou « écrite » (c'est-à-dire présentant une formation liégeuse de faible intensité) vert clair, jaunissant légèrement à maturité, avec des lignes de suture (sillons) plus foncées, il pèse environ 1 kg. La chair est orangée, sucrée, juteuse et très parfumée. La maturation est climactérique. Les variétés anciennes sont à faible durée de conservation alors que certaines variétés récentes ont une plus longue durée de conservation.

- Melon Galia : forme ronde, peau brun orangé, chair émeraude.
- Melon inodore (*Cucumis meloinodorus*), caractérisé par une peau lisse et inodore.
- Melon Honeydew : Aussi appelé melon miel. Le fruit est rond, l'écorce est lisse, blanc gris. Il pèse 2 kg. Sa chair est verdâtre (parfois orangée dans certaines variétés récentes). Ce type à maturation non climactérique produit un fruit de bonne conservation. Il est cultivé aux États-Unis, en Amérique, en Australie et en Asie. Il dérive de l'ancienne variété « Blanc d'Antibes d'hiver ».
- Melon Piel de sapo (« peau de crapaud » en espagnol). Le fruit est ovale, l'écorce verte mouchetée de jaune avec des taches vert foncé. La chair est blanc verdâtre, sucrée, juteuse, peu aromatique. La maturation est non climactérique. C'est le type le plus cultivé en Espagne et en Turquie (sous le nom de Kirkagac).

Certaines variétés aromatiques et à faible durée de conservation sont climactériques et d'autres peu aromatiques mais de longue conservation ne le sont pas.



Figure N° 11 : quelques groupes du melon

232. Les variétés cultivées en Algérie

Elle appartient à deux types :

- Type Adana (cantaloup):

Ce type englobe des variétés relativement précoces ou semi-précoces, à chaire sucrée et parfumée ; en pleine maturité, le fruit se détache facilement du pédoncule. La plus part des variétés répons en Algérie appartiennent à ce type (cantaloup charentais, Doublon, Jivaro, etc....).



Figure N° 12 : Type Adana (cantaloup)

- Type cassaba (oblong) :

Les variétés de ce type sont tardives. A la récolte, les fruits sont fermement attachés aux pédoncules ; c'est pendant la conservation que les fruits deviennent sucrés et acquièrent un goût agréable. Ce type variétal est très répons en Algérie (surtout la variété jaune canaria).



Figure N° 13 : Type cassaba (jaune canaria)

2.4. Exigences de la plante

2.4.1. Le climat

2.4.1.1. La température

Originaire des pays chauds, le melon a besoin de chaleur et d'une atmosphère pas trop humide pour se développer normalement. La germination et la croissance des plantules sont accélérées jusqu'à un optimum de 30°C et diminuent ensuite ; il est généralement admis dans la pratique, qu'au-dessus de 12°C la croissance est arrêtée, et que les températures supérieures à 15°C sont favorables à la croissance et à la production. Le melon exige une somme de température annuelle de 3000°C.

Tableau N° 3 : les températures minimales et maximales nécessaires au développement du melon selon les phases végétatives.

Phase végétative	Min	Max
Croissance	12 °C	22 - 26 °C
Germination	15 °C	24 - 35 °C
Activité racinaire	10 °C	18 - 20 °C
Murissement des fruits	--	25 – 30 °C

2.4.1.1.1. La température du sol :

Elle intervient sur la croissance des racines, et constitue un facteur essentiel pour la croissance et le développement de la plante. Elle influe, en effet, sur les différentes fonctions du système racinaire. La plus importante est constituée par l'absorption de l'eau et des éléments minéraux nécessaire pour la croissance et le développement de la plante.

La température thermique du milieu ambiant, et de 53% du rayonnement directe où diffus est absorbé par le sol.

- Influence de la température des racines sur la croissance :

La température optimum de croissance pour les racines apparaît inférieur de celle de la partie aérienne.

- Matière sèche

On considère que la réaction de diverses variétés de melon à des températures de racines comprises entre 12°C et 21°C, la valeur du rayonnement globale doit être prise en compte. Ainsi, il aura suffi de 13 jours en mai pour produire plus de matière fraîche et sèche qu'en 29

jours en février-mars. Nous trouvons aussi chez le melon, la présence d'un seuil au-delà duquel la croissance reste comparable pour diverses valeurs de la température des racines.

- Rapport de la masse racine /partie aérienne :

Nous retrouvons pour le melon l'interaction température des racines – rayonnement global pour la réaction de la matière synthétisée entre les racines et la partie aérienne. En période de fort rayonnement global, la masse des racines passent par un minimum à 15°C avec une importance relative de 15%, tandis qu'à 12°C, 18°C, et 21°C cette masse est supérieur à 17%.

En période de faible rayonnement global de la mi-février à la mi-mai l'importance relative du système racinaire est une fonction croissante de la température.

- Température des racines et activités physiologique

- Absorption de l'eau

Les différences de consommation hydrique entre les diverses température du milieu racinaire sont d'autant plus grande que le rayonnement global reçu plus important. La forte réduction des prélèvements d'eau est à 18°C pour le melon.

Cet effet de la température des racines sur l'absorption de l'eau peut s'expliquer par divers processus : d'abord, un effet sur la diminution sur la perméabilité de la membrane cytoplasmique, ensuite, une augmentation de la viscosité du cytoplasme et de l'eau.

- Nutrition minérale

La teneur d'absorption en éléments minéraux des racines varie peu en fonction de la température avec un comportement singulier de l'azote, par contre, elle augmente avec la température pour la partie aérienne par rapport à une absorption relativement plus importante.

2.4.1.2. La lumière

Le melon est très exigeant également au point de vue lumière (**Costeet Al**), (**CTIFEL**), ont montré que le melon charentais est exigeant en lumière, il peut même supporter un éclairage ininterrompu ; l'élongation de la jeune plante et son gain de poids augmente quand l'énergie lumineuse s'accroît, soit par allongement de la photopériode, soit par un éclairage plus intense.

D'après **Chaux** référencé par (Laumonier.R), le melon demande une insolation importante qui se situe à 2600 – 2700 H/an pour les meilleures régions productrices.

2.4.1.3. L'hygrométrie

Si le melon préfère une humidité relative moyenne, il est par contre très exigeant en humidité du sol, car il possède beaucoup de racelles superficielles avides d'humidité et

d'oxygène, d'où l'intérêt du paillage plastique. Une hygrométrie variante entre 70 et 75 % est considérée comme optimale.

2.4.1.4. Les besoins en eau

Les besoins en eau s'élèvent à 300-400mm selon les régions. L'aspersion et le pivot ne sont pas adaptées à la culture du melon car elles causent des maladies cryptogamiques et grillent des fruits.

Les besoins en eau du melon sont très importants pendant toute sa croissance surtout de la phase de grossissement des fruits, jusqu'au début de la récolte. Le melon redoute les écarts d'irrigation ou de pluviométrie, surtout lorsque le fruit approche de la maturité ; ses écarts se traduisent toujours par des éclatements des fruits. Le melon redoute également les eaux salées et chlorurées ; mais il existe une série de lignées plus ou moins résiste (**INRA in Bollinger**).

2.4.2. Le sol

Le melon est très exigeant au point de vue sol ; il donne de meilleurs résultats en sol riche, profond, meuble, bien aéré et bien drainé.

Cette espèce ne donne pas de bons résultats dans les sols acides, humides. Elle tolère des sols légèrement calcaires.

Le pH idéal se situe entre 6.5 et 7.5, et la conductivité électrique, entre 1 et 2.2 ms/cm selon le stade de développement.

Tableau N° 4 : Variation de la concentration de la solution fertilisante dans le substrat selon le stade de la culture du melon.

<u>Stade</u>	<u>durée du stade</u>	<u>but recherché</u>	<u>Concentration de la solution</u>
De la mise en place à la reprise des plants	2 semaines	Favoriser le dvpt du système racinaire	Faible E.C.=1 à 1,5 mS/cm
De la reprise à la fin nouaison des premiers fruits	4 semaines	Favoriser la croissance et le développement	Assez forte EC=1,5 à 2,2 mS/cm
Du grossissement des premiers fruits à la fin de la récolte de 1ere vague	6 semaines	Période de maturation des fruits : la croissance est faible ; il faut juste maintenir l'équilibre de la plante	Faible E.C. =1,4 à 1,8 mS/cm

2.4.2.1. La fumure

Les fumiers sont des mélanges de déjections animales et des litières. Tous les fumiers sont utilisables avec profit. Ils sont riches en tous les nutriments.

Dans les fermes d'élevage, l'utilisation des fumiers sur les champs permet de recycler les nutriments. Ce recyclage est de toute première importance pour maintenir et améliorer la fertilité. Ils représentent la base de la stratégie de fertilisation en agrobiologie.

En plus de fertiliser, les fumiers nourrissent l'activité biologique du sol. Surtout en élevage, c'est le choix de la rotation des cultures qui joue le rôle le plus important dans cette tâche, mais l'apport des fumiers renforce ce rôle.

Par la litière qu'ils contiennent, les fumiers permettent l'accumulation d'une réserve organique dans le sol. Ce rôle est moins important en système d'élevage où la prairie prédomine, mais il peut être de première importance en grande culture, sur des rotations simplifiées qui laissent peu de résidus organiques au sol. À cause du carbone (C) qu'elle contient, la litière diminue la rapidité d'utilisation de l'azote (N) des fumiers et minimise l'effet démarreur sur les sols froids.

Le melon est une plante vorace, épuisante pour le sol, et les fumures sont considérées comme indispensables à une bonne récolte surtout en Algérie où les sols sont pauvres en humus. 30 à 50 T de fumier bien décomposé par hectare sont indispensables en plus à la fertilisation minérale.

2.4.3. Les éléments minéraux

Le tableau suivant résume Les besoins de la culture du melon aux éléments minéraux, sous serre ou en plein champs.

Tableau N° 5 : exigences du melon aux éléments majeurs de fertilisation.

Type de culture	Plein champ	Sous serre
Rendement visé (t/ha)	40 à 50	40 à 100
N (unité/ha)	160	200 à 350
P ₂ O ₅ (unité/ha)	60	50 à 150
K ₂ O (unité/ha)	300	300 à 450
Mg (unité/ha)	41	100 à 150
Ca (unité/ha)	150	150 à 200

En plus des éléments majeurs mentionnés dans le tableau ci-dessus, le melon a besoin d'oligo-éléments par des petites quantités et surtout de molybdène, puisque le manque de cet élément favorise la brûlure des extrémités de la feuille. Il a des besoins également en Fer, en Manganèse, en Zinc, en Bor et en Cuivre, il est très sensible aux carences en ces microéléments.

2.5. Place dans l'assolement

Il est convenable de respecter un assolement quadriennal qui est très recommandé. En Algérie, on le voit après une jachère, blé ou pomme de terre, leur succédant artichauts, céréales ou pomme de terre. Il faut éviter la succession des espèces de la même famille, c'est à dire des cucurbitacées.

2.6. Les techniques culturales

Le melon exige une surveillance continue et attentive. Pour avoir de bons rendements, il faut appliquer les soins et les techniques suivantes :

2.6.1. Irrigation

La pratique de l'irrigation est délicate, car il ne suffit pas seulement de satisfaire régulièrement en tout ou en partie la demande climatique, mais aussi de tenir compte de l'incidence de la technique d'arrosage sur :

- La température du sol, particulièrement en culture intensive.
- L'état sanitaire et les accidents de la végétation.
- L'éclatement des fruits (causé par l'irrégularité d'irrigation).
- La conduite d'irrigation implique la connaissance de la consommation globale du melon. Il faut que le sol soit constamment humide. Les besoins sont élevés et s'étalent de la nouaison au début de la récolte.

2.6.2. La fertilisation minérale

Pour un rendement de 40 T/ha, le melon exporte les quantités suivantes: 150 kg/ha de N, 50 kg/ha P₂O₅, 250 kg/ha K₂O, 400 kg/ha CaO, et 80 kg/ha MgO.

De grandes anomalies de floraison (mâle et femelle) et de nouaison apparaissent en cas de mauvaise alimentation azotée, phosphatée, potassique et magnésique. La potasse améliore la qualité des fruits (taux de sucre, calibre, résistance au transport).

Le tableau suivant présente un exemple d'absorption des éléments minéraux d'une culture de melon sous serre hors sol(France).

Tableau N° 6 : Cinétique d'absorption des éléments minéraux d'une culture de melon sous serre hors sol en France

Phase	Durée en jours	% des éléments absorbés par phase				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Plantation début – nouaison	25	7	33	8	7	8
Début nouaison fin nouaison	35	36	31	19	33	48
Fin nouaison fin grossissement	40	32	26	31	26	30
Fin grossissement récolte	20	25	6	42	34	14
Total	120	100%	100%	100%	100%	100%

Calendrier de fertigation du melon :

Tableau N° 7 : formule de fertigation du melon proposée par DUCLOS.

Stades cultureaux	Apport en kg/ha/15 jours			Unités fertilisantes Apportées kg/ha/15 jours			Equilibre durant les stades		
	N	NH4 NO3	KNO3	N	P2O5	K2O	N	P2O5	K2O
1-15j	35	0	0	4.2	33.6	0	1	5.1	0
16-30j	30	40	20	18.2	26.8	18.4	1	1	1
31-45j	55	110	30	47.7	21.4	48.3	1.5	0.7	1.1
46-60j	45	130	30	53.3	18.3	50.6	2	0.8	1.7
61-75j	0	135	30	26.9	0	58.9	1.8	0	2.3
76-90j	0	135	40	26.9	0	62.1	1.2	0	2.3
91-105j	0	105	80	21	0	62.1	1	0	2.3
Total	165	655	230	180	100	300	/	/	/

263. La protection de la culture

Le melon est souvent attaqué par des parasites et des maladies qui peuvent compromettre gravement la récolte. Par exemple : l'oïdium qui attaque les feuilles et les Fusariums qui attaquent les racines et les tiges.

Tableau N° 8 : principaux ravageurs et maladies du melon.

Localisation des symptômes	Ravageurs	Champignons	Virus
Graine et plantules	Mulot, mouche de semis.	Agents de fonte de semis (pythium, phytophthora enyoctonia)	
Feuillage	Pucerons (Aphysgossypii), acariens, trips, aleurodes, et mineuses.	Mildiou, oïdium, nuiles rouges et grises.	Mosaïque du concombre(CMV) Mosaïque de la pastèque Mosaïque jaune de la courgette
Fruits	Pyrale du maïs.	Nuiles grises et rouges, pourrituresstyllaires.	Mosaïque de la pastèque Mosaïque Jaune de la courgette
Collets des tiges et Vaisseaux	Fusarium.	Fusariose, verticilliose, sclérotinia aschochyta, rhysoctonia.	Criblure
Racines	Nématodes, vers gris, vers blancs.	Pharmopsis et corkyroot.	/

264. La récolte

La maturité du melon se reconnaît en principe aux caractéristiques suivantes :

- Pédoncule (cerné) c'est-à-dire environné de crevasses bien distinctes.
- Elasticité des tissus aux alentours de (l'œil).
- Couleur : ce facteur est variable avec les variétés, dans l'ensemble, la teinte jaune- prédominée (Cantaloup).
- Parfum : il doit être assez prononcé au voisinage du pédoncule.
- Les feuilles des rameaux porteurs des fruits se renferment sur elles même.(CHASE, CHURCH et DENNY) cité par (IAUMONNIER.R) estiment que les melons ne doivent pas être cueillis en se basant sur la coloration de l'épiderme où la fissure au point d'attache du pédoncule. La qualité des melons dépend, en grande partie, de la qualité du sucre qui contient la chair.

D'après (H.C. THOMPSON) cité par (IAUMONNIER.R) le jus des melons mûrs à la cueillette a un poids spécifique supérieur à 1.040 g équivalent à 10% du poids total. L'indice de réfraction est à l'ordre de 55 déterminé par un réfractomètre. La teneur en saccharose est à l'ordre de 4.5% au minimum.

3. la taille du melon



Figure N° 15 : la taille du melon (photo original)

La taille du melon a pour but de favoriser la mise à fruits. Elle est indispensable en culture intensive de primeurs sous abris. Les melons ne forment les fruits qu'à une date relativement tardive. Alors que, le but principal des cultures de primeurs est de gagner en précocité.

3.1. Définition et symboles

3.1.1. Définitions

Etêtage

C'est l'opération qui consiste à couper la tige principale. Cette opération s'effectue quand la plante a trois à quatre feuilles et mesure 10 à 12 cm ; on étête au-dessus de la première, deuxième, ou troisième feuille.

Axe (ou tige) principale

C'est la tige issue de la plantule qui peut atteindre plus de 3 mètres si la plante ne subit pas d'étêtage.

Rameaux (ou bras) primaires

Rameaux se développant à l'aisselle des feuilles de l'axe principale.

Rameaux secondaires :

Rameaux naissant à l'aisselle des feuilles des rameaux primaires ; on les appelle aussi rameaux fructifères car c'est sur eux que se produit la fructification.

Les rameaux tertiaires :

Rameaux naissant à l'aisselle des feuilles des rameaux secondaires (ils sont aussi appelés rameaux fructifères).

Ecimage

Consiste à couper la cime des tiges.

3.1.2. Symboles

On a coutume de symboliser la taille par une série de chiffres. L'étêtage est symbolisé par les chiffres 1 ou 2, selon qu'on étête au-dessus d'une ou deux feuilles. Ensuite on écrit le nombre de feuilles au-dessus desquelles on pince le ou les bras primaires. On emploie le zéro pour indiquer qu'il n'y a pas de taille.

Exemple : un étêtage où l'on garde deux bras primaires que l'on taille à 4 feuilles, suivi d'une taille à 3 feuilles des bras secondaires, s'écrit **2-4-3**, ou **243** ; si les bras secondaires n'avaient pas été taillés on aurait écrit **2-4-0**, ou **240**.

3.2. Choix de la taille

On trouve dans la pratique de nombreuses méthodes de taille allant du simple écimage aux tailles les plus courtes et les plus longues. Une taille bien comprise dépend de la variété, de la vigueur de la plante, de la fertilité du sol, du type de la culture et du climat local. D'une façon générale, plus on taille tôt et court, plus on accroît la précocité, mais en réduisant la vigueur des plants, ce qui peut se traduire, pour des tailles très sévères sur des variétés peu vigoureuses ou dans des mauvaises conditions de production, par une perte de calibre des fruits et une baisse en général du rendement et de précocité.

3.3. Périodes à laquelle se pratique les tailles

Quelle que soit la taille choisie, il convient de l'effectuer par temps sec, et avec des instruments bien tranchants. Les plaies peuvent être séchées en saupoudrant de la chaux ou même du blanc d'Espagne. Le plus souvent, on fait suivre la taille d'un traitement anticryptogamique, si le temps est propice à l'évolution des champignons.

3.4. Conséquences de la taille

- Une taille légère enlevant 25% des feuilles, n'a pas d'effets significatifs sur le rendement et la qualité des fruits.
- Une taille moyenne enlevant 50% des feuilles pendant l'épanouissement des fleurs femelles n'a pas d'effet significatif sur le rendement et la qualité, mais la même taille faite plus tard réduit à la fois le rendement et la qualité des fruits.
- Une taille sévère enlevant 70% des feuilles quelle que soit le stade de croissance après la floraison réduit à la fois la floraison et la qualité des fruits.
- Une taille a sur le melon le même effet que les jours courts. Le pincement anticipe l'apparition des rameaux primaires et secondaires, ce qui entraîne, un avancement à la floraison.

3.5. Quelques exemples de taille pratiquée dans certaines régions en France

- Serre non chauffée (conduite à plat) : 2-10-1 ; 2-10-2 ; 2-10-3
- Serre non chauffée (conduite verticale) : 2-1-2
- Serre chauffée (conduite à plat) : 2-8-2 ; 2-10-2
- Sous tunnel avec paillage 2-6-0 ; 2-4-2 ; 2-8-2 (I.N.V.U.F.L.E.C, 1979)

En Algérie, depuis la création de l'I.D.C.M une série d'essais ont été réalisés sur divers aspects de la culture protégée du melon (variété, densité de plantation, date de plantation, conduite et taille, matériaux et mode de protection), malheureusement la plupart de ses essais, pour divers causes, n'ont pas été concluant.

3.6. Les différents types de taille

3.6.1. La taille courte (figure N° 16)

3.6.1.1. Objectif

- La taille courte est à pratiquer pour :
 - Obtenir de gros fruits et une fructification hâtive.
 - Conservation par pied une petite quantité de fruits assez gros (2 ou 3).
 - Enfin, dans les régions où la belle saison est courte ou insuffisamment chaude, elle permet alors, d'obtenir des résultats intéressants ; si elle est conjuguée à un choix variétal convenable (**IAUMONNIER.R**).

3.6.1.2. Description

La première opération de cette taille est l'étêtage, le plus souvent, l'étêtage se pratique lorsque la plante est encore en godet.

Les rameaux primaires se taillent au-dessus de la 2^{ème} feuille après l'étêtage, cette taille fera naître à chaque aisselle des feuilles les rameaux secondaires. Si les rameaux ne portent pas des fruits, ils sont taillés sur trois feuilles (2-3-3).

3.6.2. La taille longue (figure N° 16)

3.6.2.1. Objectif

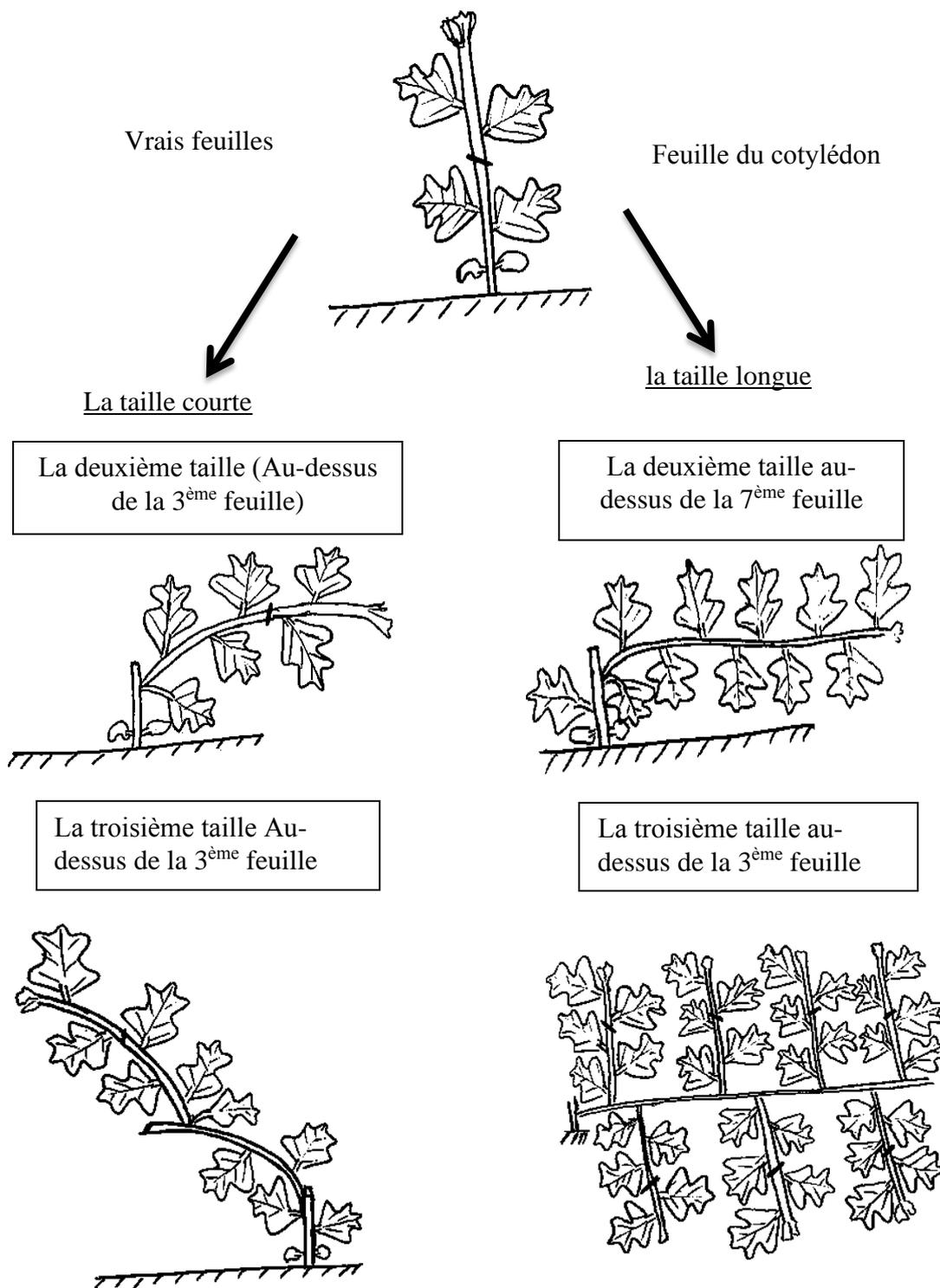
- La taille longue a pour but :
 - Obtenir des fruits de grosseur moyenne.
 - La conduite des variétés vigoureuses où la floraison est naturellement sujette à la coulure.
 - Les melons semés assez tard et sur lesquels, on désire également obtenir une récolte tardive.

3.6.2.2. Description

C'est la taille simplifiée, principalement utilisée pour les variétés vigoureuses de plein champ. Comme dans la taille courte, on procède d'abord à l'étêtage, à la suite de l'étêtage, se développent les rameaux primaires qui seront taillés, chacune au-dessus de la 6^{ème} ou la 8^{ème} feuille, les rameaux secondaires portant souvent des fleurs femelles sont taillées comme dans la taille courte sur une ou deux feuilles au-dessus du fruit (2-8-1) ; (2-8-2).

Figure N° 16 : différents stades et types de taille

La première taille (au-dessus de la 2^{ème} feuille)





Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

COURS

Phytotechnie Spéciale
3^{eme} Sciences Agronomiques

Partie 02

LES TECHNIQUES DE PRODUCTION DES CEREALES

Dr. HADJEB Ayoub.

Université de Biskra

1. Le cycle de la plante

Le cycle se divise en plusieurs étapes : la germination, la levée, la formation des organes végétatifs, la formation des organes reproducteurs, la fécondation, le remplissage et la maturation des grains. La germination et la levée

La germination marque le passage d'une vie ralentie (conservation de l'espèce) à une vie active (reproduction). Extérieurement, la germination se traduit par un gonflement et un ramollissement du grain. Elle se termine quand la radicule perce l'enveloppe du grain. Sa durée peut varier de deux jours à plus d'une semaine selon les conditions de milieu.

La germination est suivie par la levée. Une plante est levée lorsque son coléoptile est visible à la surface du sol. Dans une parcelle, ce stade est atteint quand le coléoptile de 50% des plantes est visible. Entre la germination et la levée s'effectuent la mise en place du système racinaire séminal, la formation du mésocotyle et du plat eau de tallage et l'élongation du coléoptile.

Les racines séminales se mettent en place très tôt. Dès que la radicule a percé les enveloppes du grain, elle plonge dans le sol et peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres en quelques jours.

Avec un léger décalage par rapport à la radicule, les autres racines séminales, au nombre de 3 ou 4, partent du nœud scutellaire. Elles aussi plongent rapidement dans le sol. La vitesse d'installation de ces racines dépend des conditions du milieu (température, humidité, type de sol).

Le mésocotyle résulte de l'allongement du premier entre-nœud compris entre le nœud scutellaire et le premier nœud de la tigelle. Sa croissance débute quelques heures seulement après l'apparition de la radicule qui permet le percement du péricarpe du grain par le coléoptile.

Au-dessus du plateau de tallage le coléoptile, qui joue un rôle de protection mécanique vis-à-vis des feuilles qu'il contient, croît jusqu'à la surface du sol. Arrivé à ce niveau où son développement est inhibé par la lumière, il se déchire et libère la première feuille. Peu après la levée, une première couronne de racines apparaît juste au-dessus du nœud qui forme le plateau de tallage.

La formation de la tige, des feuilles et des racines

En même temps que le coléoptile, les 4 ou 5 feuilles qui existaient dans l'embryon se sont allongées, elles sont enroulées les unes dans les autres, la première étant à l'extérieur. Le bourgeon terminal est quant à lui situé au centre, à la base de ce cylindre. Sitôt la levée, la première feuille, qui se caractérise par son extrémité arrondie, se déroule et laisse apparaître la seconde, puis la troisième qui forment le cornet. Ces dernières se déploient rapidement pour donner une plante au stade "3-4 feuilles" qui marque souvent une pause dans le développement des parties aériennes.

Simultanément, au niveau du plateau de tallage, les couronnes de racines se mettent en place et ce, juste avant la floraison. Elles sont empilées les unes au-dessus des autres et toutes insérées juste au-dessus d'un nœud. Le système racinaire séminal alimente la plante jusqu'au stade "5-6 feuilles", en complémentarité avec les réserves de la semence. Ensuite, progressivement, il cesse de devenir fonctionnel et les racines coronaires prennent le relais.

L'ensemble de l'appareil végétatif aérien (tige et feuilles) est initié par le bourgeon terminal. Cette phase du développement de la plante se termine lorsque 6 à 10 feuilles sont visibles à l'extérieur. Le maïs mesure alors de 20 à 40 cm, selon les variétés et les conditions de croissance. Le temps écoulé depuis le semis dépend de la précocité des variétés et des conditions climatiques et peut varier de 2 à 8 semaines. Au plan pratique, on peut repérer la fin de l'initiation des organes végétatifs en comptant le nombre de feuilles apparentes sur les plantes. En effet, des expérimentations récentes ont montré qu'elle intervenait lorsque 50% de celles-ci étaient visibles.

A la fin de la phase de formation des organes végétatifs, le bourgeon terminal est encore, le plus souvent, situé juste à la surface du sol. La croissance de la tige n'a pas encore commencé. Elle intervient ultérieurement et prend une allure explosive dans les jours qui précèdent la floraison. a format i o n de la panicule, des épis et des talles

* La panicule est initiée à l'extrémité de la tige par le bourgeon terminal après la dernière feuille.

Le méristème apical perd sa forme arrondie, s'allonge et se ramifie. Le nombre de brins qui composera la panicule est déterminé dès ce stade. Sur ces ramifications et sur l'axe principal de la panicule apparaissent ensuite des ébauches qui se divisent en deux pour former les épillets, toujours réunis par paire. Chaque primordium se divise ensuite pour donner les glumes, les glumelles et les fleurs.

Alors que la phase d'initiation des organes végétatifs a une durée très variable, celle qui correspond à la formation de la panicule se déroule en un laps de temps beaucoup plus constant (de l'ordre de 6 semaines).

* **Les talles et les épis** : pendant la phase végétative, le bourgeon terminal forme, en plus des entre-nœuds, des nœuds et des feuilles, tous les bourgeons axillaires. Ces derniers, selon leur position sur la plante, connaissent des évolutions différentes.

Ceux situés à la base de la tige lorsqu'ils se développent donnent les talles. Les mécanismes biochimiques qui en provoquent le départ interviennent très tôt. Leur origine peut être soit génétique, soit physiologique, soit parasitaire. Ainsi, certaines variétés ont tendance à taller, d'autre pas. Les causes physiologiques sont mal connues. Le tallage du maïs, comme celui des autres graminées, correspond à un mécanisme de régulation du rendement qui adapte la plante à sa capacité de production. Le tallage est cependant très limité (rarement plus d'une talle sauf en maïs doux). Les bourgeons axillaires associés aux feuilles du milieu de la tige évoluent pour donner les épis.

Potentiellement, sur chaque pied de maïs, ils sont au nombre de 4 ou 5. Toutefois, en conditions normales de culture, un seul va au terme de son évolution, les autres dégènèrent. Dès leur formation, antérieure à celle de la panicule, les bourgeons axillaires évoluent et initient une tige (le pédoncule), des feuilles (les spathes), des bourgeons secondaires.

Sur un épi de maïs, toutes les fleurs ne sont pas au même stade en même temps. Les fleurs de la base sont les plus âgées et celles de la pointe les plus jeunes et les plus fragiles.

La floraison et la fécondation

* **La floraison mâle** : au niveau d'une panicule, la floraison correspond au moment où les premières fleurs libèrent du pollen. Dans une parcelle, la floraison mâle est atteinte quand 50% des plantes sont à ce stade. Les fleurs à la base du tiers supérieur de l'axe principal de la panicule sont les premières à fleurir. La floraison progresse ensuite vers les extrémités et démarre sur les ramifications latérales.

Les deux fleurs d'un même épillet libèrent leur pollen à 3 ou 4 jours d'intervalle. La floraison mâle sur une panicule s'étale sur 8 à 10 jours, mais cette durée peut varier selon la variété et les conditions de milieu. Le pollen est enfermé dans les sacs polliniques eux-mêmes enveloppés par les glumelles et par les glumes. Sa libération nécessite l'élongation des filets, l'ouverture des glumes et la déchirure des sacs polliniques, ces trois mécanismes intervenant en quelques minutes.

* **La floraison femelle** est atteinte, sur une plante, quand les premières soies sont visibles à l'extérieur des spathes. Dans une parcelle ce même stade est acquis quand la moitié des plantes ont fleuri. Toutes les soies ne sortent pas en même temps. Les premières correspondent aux grains de la base. Le premier jour un tiers seulement d'entre elles se dégagent des spathes. Au-delà d'une semaine à 10 jours, quand la fécondation n'a pas eu lieu, l'ovule dégénère et la soie n'est plus fonctionnelle.

La première division cellulaire de l'œuf vrai a lieu 10 à 12 heures après la fécondation. Au bout de 9 à 12 jours, on peut distinguer l'axe embryonnaire et le scutellum. Trois semaines après la fécondation, l'embryon est complet bien que sa croissance ne soit pas terminée. Dès lors, il ne peut plus avorter et si les éléments nutritifs nécessaires lui sont fournis, il peut donner naissance à une nouvelle plante.

La première des divisions cellulaires de l'œuf à l'albumen a lieu 2 à 4 heures après la fécondation. Elles se poursuivent pendant trois semaines environ. Au bout de ce temps, le nombre de cellules n'augmente plus et le grain qui contient encore plus de 90% d'eau a atteint son volume définitif.

Le remplissage et la maturation du grain

La phase de remplissage des grains correspond à l'accumulation dans ceux-ci des produits issus de la photosynthèse qui, provisoirement, s'étaient auparavant accumulés dans la tige, les racines, la rafle. Au cours de son remplissage, le grain passe par différents stades :

- **Le stade laiteux** : le grain a atteint sa forme et ses dimensions définitives. Il est de couleur jaune pâle et son contenu est laiteux.
- **Le stade pâteux** : le grain est jaune pâle, il s'écrase facilement, son humidité est comprise entre 50 et 60%. La teneur en matière sèche de la plante est alors voisine de 25%, les feuilles et les spathes sont vertes.
- **Le stade pâteux-dur** : le grain est jaune, il commence à durcir, il se raye encore à l'ongle, son humidité est comprise entre 45 et 50%. La teneur en matière sèche de la plante entière est de 30% environ, les feuilles de la base et les spathes commencent à se dessécher.
- **Le stade vitreux** : le grain est dur, il ne se raye plus à l'ongle, son humidité est inférieure à 40%. La teneur en matière sèche de la plante entière est supérieure à 35%, les feuilles au-dessous de l'épi et les spathes sont sèches.
- **La maturité complète** : le grain a une humidité inférieure à 35%, la teneur en matière sèche de la plante est supérieure à 45%. La plante est entièrement sèche.

Ces stades ne sont que des repères indicatifs. Les humidités correspondantes varient avec les conditions climatiques et le type de variété, en fonction de l'équilibre qui se crée entre les quantités d'eau qui arrivent à la base du grain, celles qui partent par sa périphérie et les quantités de matière sèche qui s'accumulent. Si l'on considère que la maturité du grain de maïs est atteinte lorsque cessent les migrations, elle peut être atteinte à des niveaux de remplissage et d'humidité très variables. Même si le cycle végétatif arrive à son terme normal sans incident et que le poids maximal de 1000 grains soit obtenu pour une variété donnée, l'humidité du grain mûr peut varier de 30 à 38% d'eau selon le lieu ou l'année. Quand la maturité résulte d'un accident physiologique (gelée ou pourriture de la tige par exemple), le remplissage du grain peut être incomplet et son humidité très élevée.

Lorsque les migrations sont terminées, les cellules de la plaque nourricière meurent. En conditions chaudes, les composés qu'elles renferment s'oxydent et brunissent pour former le point noir qui n'apparaît pas si le climat est froid et humide. En pratique, lorsque le point noir est présent,

les grains qui ont atteint leur poids maximum peuvent encore se dessécher : lorsqu'il est absent, il est impossible de se prononcer sur leur état de maturité.

2. Facteurs et conditions de la croissance et du développement

Exigences thermiques

Plante d'origine tropicale, le maïs est très exigeant vis-à-vis des températures. Dès la germination, les exigences thermiques sont supérieures à celles des céréales à paille : si la température du sol est inférieure à 6°C, le maïs ne germe pas; entre 6 et 10°C, la germination est très lente. Pour la phase « semis-levée », il faut environ 80° jour, cette durée étant constante entre les variétés. La levée exige une température moyenne du sol élevée,

supérieure à 10°C. Enfin, pour la réalisation des différents stades du cycle, les besoins en somme de températures dépendent des variétés.

En cours de culture, le maïs est très sensible aux gelées de printemps qui entraînent des dégâts foliaires, ainsi qu'aux gelées précoces en automne qui peuvent avoir un effet sur le rendement si le grain n'a pas accumulé toutes ses réserves : les températures inférieures à 2°C sous abri bloquent la migration des assimilats vers les grains.

Enfin, les températures très élevées (> 35°C), ou de forts écarts jour/nuit peuvent causer des dégâts sur les feuilles ou tuer le pollen et dessécher les stigmates entraînant une chute du taux de fécondité.

D'une façon générale, le facteur température définira, aux niveaux spécifique et variétal, l'aire de culture du maïs. Il guide le choix du groupe de précocité et celui de la date de semis qui se situe, pour la majorité des régions françaises, entre le 20/04 et le 10/05.

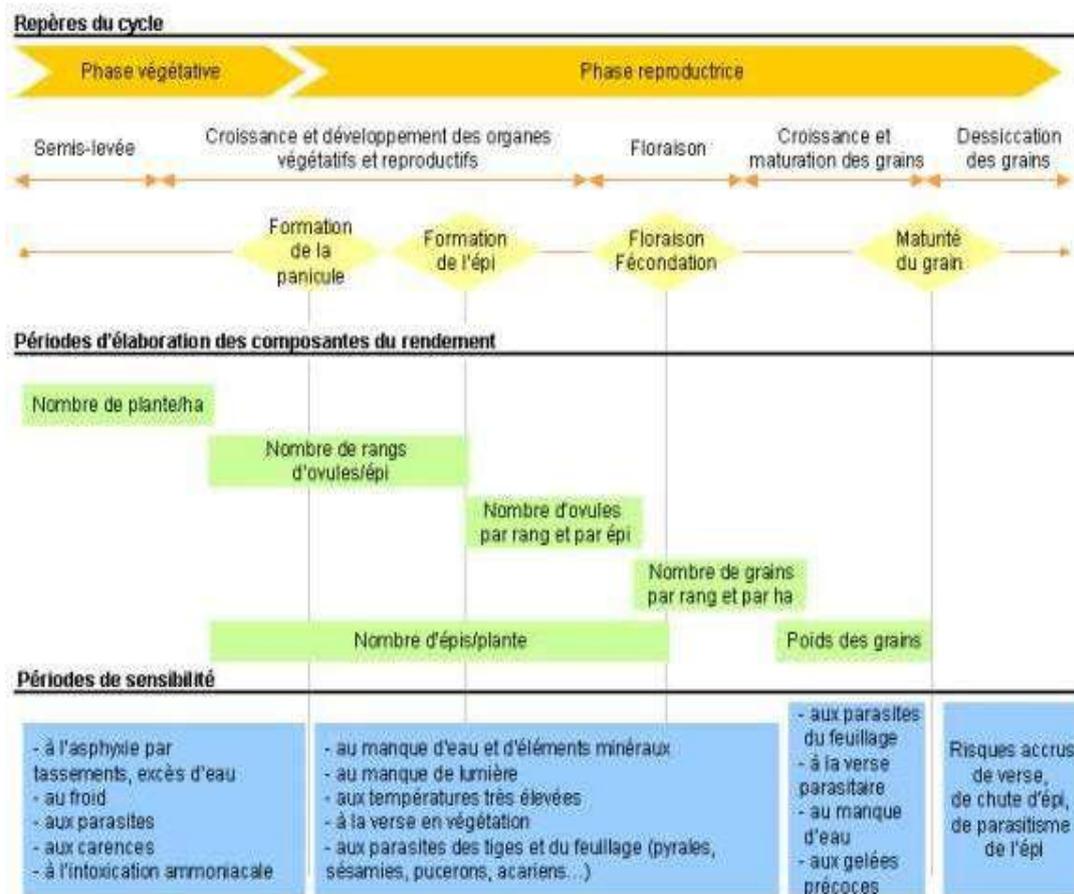
Exigences en eau

Le maïs est très exigeant en eau. Au total et lorsque l'eau est le seul facteur limitant, il faut environ 500 litres d'eau pour produire un kilo de grains, ou 350 litres pour produire un kilo de matière sèche, soit 4000m³/ha pour une récolte de 80 q/ha ou 12 tonnes de matière sèche.

Cependant, outre la quantité totale d'eau à apporter, il importe de tenir compte de la période des apports. En effet, un stress hydrique n'aura pas le même effet sur le rendement final suivant la période du cycle à laquelle il intervient (notion de "période critique", Figure 26). Ainsi, un manque d'eau sévissant au cours des 15 jours qui précèdent la floraison mâle entraîne une réduction du rendement qui peut être supérieure à 50%. Après la floraison mâle, l'action du stress demeure importante jusqu'à la fin du stade "grain laiteux". Elle s'atténue rapidement si la sécheresse intervient avant la différenciation des fleurs femelles ou au stade "grain pâteux" (chute de rendement de l'ordre de 10%).

Ceci montre qu'un apport rationnel d'eau par irrigation est capital. En conclusion, si la température définit l'aire de culture possible du maïs, l'eau définit essentiellement, pour chaque région et chaque variété, le potentiel de production.

Figure 25 : Le cycle du maïs



Éléments minéraux

La majorité des éléments minéraux est prélevée durant une période de 5 semaines allant de 10 jours avant l'apparition des panicules mâles à 25-30 jours après. Pendant cette période critique, la plante prélève :

- 70 à 75% de l'azote nécessaire. Du 1/07 au 15/08, un maïs absorbe près de 2,5 kg d'azote par hectare et par jour. Le maïs a donc un besoin impérieux d'azote à la veille de la floraison pour assurer l'élaboration de son épi.
- 60 à 70% de l'acide phosphorique nécessaire. A partir de la pollinisation, la moitié du phosphore réparti dans tous les organes sera mobilisée au profit des grains.
- 55 à 60% de la potasse. L'absorption de la potasse est plus rapide que celle des autres éléments : des besoins importants se manifestent un mois après la levée.

La totalité de la potasse est absorbée 3 semaines après la floraison. Au moment où l'absorption est maximale, le prélèvement journalier pourrait atteindre et dépasser 8 kg/ha.

C - CONDUITE DE LA CULTURE

1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal

Le maïs est certainement une des cultures présentes dans les successions de culture les moins diversifiées. Contrairement à beaucoup d'autres, elle supporte en effet relativement bien des fréquences de retour élevées sur la même parcelle. Ainsi, on trouve assez souvent des « monocultures » de maïs, c'est-à-dire la répétition du maïs plusieurs années de suite sur la même parcelle, et ce, soit dans des régions de production de maïs-grain où sa rentabilité dans des systèmes irrigués est forte par rapport aux autres cultures (dans les Landes par exemple), soit dans des régions d'élevage bovin intensif où les besoins en fourrage grossier par exploitation sont importants, soit encore dans des régions de polyculture où il sert à valoriser des sols aux potentialités médiocres où nombre de cultures plus exigeantes sont impossibles. Par ailleurs, lorsque les rapports de prix lui sont favorables, il est intégré dans les successions variées des grandes plaines céréalières.

Les autres critères de choix de variétés (et les efforts des sélectionneurs) portent sur la productivité moyenne, la régularité de productivité, la sensibilité à la verse et à la sécheresse, la vigueur au départ (aptitude des jeunes plantes à résister aux conditions froides de printemps) et la sensibilité aux maladies et aux ravageurs.

Toutes les variétés peuvent se récolter indifféremment en ensilage ou en grain. Toutefois les dates de récolte et les objectifs de production étant différents, la destination du produit, si elle est certaine, devient un critère de choix variétal.

2. Implantation

Le semis est réalisé avec un semoir de précision, à une profondeur de 4 à 5 cm. La graine étant de grosse taille, les exigences quant à la finesse du lit de semences sont réduites. En ce qui concerne le choix d'une densité de semis, le maïs pousse très vite et n'a donc qu'une faible capacité à compenser les densités de peuplement trop basses. De ce fait, la recherche d'une densité optimale et d'une bonne réussite de la levée est très importante. En fonction du groupe de précocité de la variété, des risques de pertes à la levée, et de l'objectif de rendement lié en particulier aux capacités d'irrigation, on vise en maïs grain une densité de 85.000 à 100.000 pieds/ha pour les hybrides très précoces et de 50.000 à 75.000 pieds/ha pour les plus tardifs. Toutes choses égales par ailleurs, on sème généralement à plus forte densité en maïs ensilage qu'en maïs grain; mais l'irrigation du maïs grain augmente le rendement potentiel et conduit à augmenter la densité de semis qui peut atteindre ou dépasser celle d'un maïs ensilage non irrigué.

Dans le raisonnement du choix d'une date de semis, on recherche un semis le plus précoce possible, dès que la température et l'humidité du sol permettent d'espérer un bon déroulement de la phase germination-levée. En effet, un semis précoce présente un certain nombre d'avantages :

- meilleure valorisation du rayonnement, avec une installation du couvert foliaire rapide pour profiter des journées les plus longues au mois de juin ;

- limitation du risque de stress hydrique estival ; - limitation du risque de mauvaises conditions météorologiques à la récolte ;
- assurance d'arriver à maturité en région limite du point de vue climatique.

En règle générale, quelle que soit la région, on doit être prêt à semer dès la première quinzaine d'avril.

3. Fertilisation

Les pratiques de fertilisation azotée du maïs ont beaucoup évolué, sous la double motivation d'une diminution des coûts et d'un meilleur respect de l'environnement.

Les conseils de fertilisation azotée sont actuellement basés sur l'emploi de la « méthode du bilan simplifié ». Celle-ci consiste à apporter l'azote en un seul apport, après avoir réalisé les étapes suivantes :

- estimation du rendement potentiel de la parcelle (R),
- estimation des besoins (b) en azote par unité produite (13 kg d'azote par tonne de matière sèche produite pour les maïs-ensilage à potentiel inférieur à 16 t/ha, 12 kg pour ceux dont le potentiel est supérieur à ce seuil; 2,3 et 2,1 kg/q pour le maïs-grain pour des objectifs de rendement respectivement inférieurs et supérieurs à 100q/ha),
- estimation des fournitures du sol (FS) (données par type de sol par des références régionales),
- estimation du coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU) (estimé par parcelle par des références régionales).

La dose à apporter (D) est alors égale à : $D = (b \cdot R - FS) / CAU$

Bien que les estimations de FS et CAU soient encore imprécises, le recours à cette méthode a permis, dans les régions où elle est utilisée, de réaliser des progrès sensibles dans l'ajustement de la dose d'azote. Le recours à des méthodes de mesure instantanée des besoins de la plante (par dosage de la teneur en nitrates de la base de la tige) n'est pas encore techniquement au point sur le maïs, la mesure se faisant à des stades où l'intervention avec un tracteur n'est plus possible et la fertirrigation peu envisageable.

4. Protection phytosanitaire

a) Lutte contre les principales maladies

Le maïs est une espèce qui a l'avantage d'être peu touchée par les maladies et ne nécessite en général pas de protection fongicide en culture. Par ailleurs, il existe une bonne variabilité génétique dans la tolérance aux maladies, qui peut être valorisée par le producteur par le choix variétal en fonction des risques liés à la région dans laquelle il cultive.

*** Les fontes de semis**

Elles sont provoquées par différents champignons présents dans le sol ou à la surface des grains.

Elles détruisent le jeune maïs au cours de la levée (nécrose brune). Les dégâts sont d'autant plus à redouter que les conditions d'implantation sont difficiles : froid, asphyxie, phytotoxicité. A partir de 20 à 30% de pieds manquants, il faut semer à nouveau. Pour lutter contre les fontes de semis, toutes les semences de maïs sont traitées à titre préventif avant d'être commercialisées. Pour l'agriculteur, la seule action efficace est l'application de techniques culturales favorisant l'implantation de la culture : éviter les semis trop profonds, trop précoces en sol froid, drainer...

*** Le charbon du maïs**

Il est provoqué par *Ustilago maydis* et peut attaquer tous les organes aériens de la plante. Il forme des tumeurs blanches qui éclatent à maturité libérant une poussière noire abondante (spores). Les dégâts sont proportionnels à la taille des tumeurs. Une petite tumeur n'a qu'une faible incidence sur la plante alors qu'une tumeur de la taille du poing la rend presque toujours stérile. Les spores de charbon sont véhiculées par le vent. Le champignon pénètre au niveau des blessures, sur des tissus jeunes. Ces blessures, souvent de taille microscopique, peuvent être provoquées par des insectes, des vents de sable, des applications de produits phytosanitaires. Le charbon se développe principalement lors d'étés chauds et secs. La lutte chimique peut se faire :

- indirectement, en luttant contre les insectes favorisant les attaques de charbon (oscinie),
- directement, par l'application de fongicides.

La lutte directe n'est justifiée que dans les productions de semences situées dans les zones à risque (Sud de la France); les meilleurs résultats sont obtenus en traitement préventif (Figure 27).

*** Le charbon des inflorescences**

Provoqué par *Sphacelotheca reiliana*, il est apparu en France en 1984, et s'est étendu géographiquement (Sud-Ouest, Centre-Ouest, nombreux foyers dans le Centre, en Alsace et en Bretagne). L'intensité des dégâts causés par cette maladie (inhibition du développement des grains sur l'épi) et la durée de viabilité des spores nécessitent de recourir à des variétés tolérantes en l'absence de protection. Dans le cas de variétés sensibles, il faut protéger la culture par un traitement du sol ou des semences. En zone infectée, un calcul économique s'impose pour choisir entre ces deux options. Les caractéristiques de tolérance des variétés à cette maladie sont devenues dans ces régions l'un des premiers critères de choix variétal pour les agriculteurs.

* **Rouille et helminthosporiose**

Ces deux champignons ont besoin de chaleur et d'humidité; ils provoquent un dessèchement prématuré du feuillage. Plus l'attaque est précoce (pre mières taches visibles dès la floraison), plus elle est dangereuse et plus la diminution de la taille des grains est importante. Un broyage des plantes malades après la récolte et un labour précoce réduisent les risques d'attaques pour la culture suivante. Des interventions se justifient en cas d'attaques précoces, surtout en production de semences.

b) Lutte contre les parasites animaux

A l'inverse des maladies, les animaux ravageurs du maïs sont fréquemment susceptibles de causer des dégâts importants à la culture.

- **Taupins** : le risque est permanent. Ses larves, "vers fil de fer", se rencontrent souvent derrière prairie et en monoculture de maïs. Elles peuvent causer des dégâts pendant 4 années consécutives; elles rongent les semences, perforent les plantules au collet et provoquent la disparition de pieds.

- **Oscinie** : cette mouche pond dans le cornet dont les feuilles restent accolées et déformées. Les dégâts sont importants par temps froid et sur les variétés démarrant mal.

- **Geomyza** se rencontre surtout dans l'Ouest. Elle provoque le dessèchement de la feuille centrale au stade 3 feuilles, la déformation du pied "en poireau", et la disparition de pieds.

- **Scutigérelle** : lié à certaines parcelles, ce "mille-pattes" blanc, transparent, de taille maximale 5 mm, sévit surtout dans des sols légers et humides. Il dévore les jeunes racines. Aucune lutte curative n'est possible : lorsque les dégâts sont apparus, ils sont irréversibles.

La lutte préventive par désinfection du sol (traitement du sol en plein, localisé, ou maintenant traitement des semences) est seule envisageable contre l'ensemble de ces parasites. Cette lutte préventive concerne aussi des parasites plus occasionnels tels que mouche des semis, nématodes, blaniules.

- **Les limaces** : le risque se situe après la levée du maïs. Les applications de granulés anti-limaces sont effectuées dans la plupart des cas « en plein », l'objectif étant alors d'avoir 25 à 30 grains/m²; parfois également en localisation sur la ligne de semis avec un matériel complémentaire au semoir, contre les attaques précoces.

- **Les corbeaux (freux et choucas)** : ceux-ci déterrent les grains à la levée ou les mangent sur les épis tombés. Des pièces entières, situées trop près de colonies de corbeaux, sont ainsi anéanties.

On peut lutter par répulsifs chimiques ou acoustiques.

- **La pyrale et les sésamies** : les chenilles de ces lépidoptères attaquent les jeunes feuilles et creusent des galeries dans les tiges et les épis. En minant les tiges, les chenilles gênent les échanges nécessaires à la maturation et provoquent une casse plus ou moins importante

selon les variétés. En s'installant dans l'épi, elles dévorent les grains. Toutefois, le dégât primordial est la perturbation de la nutrition minérale et hydrique de la culture, la chenille étant très sensible aux hivers froids. On trouve la pyrale presque partout. L'adulte est un papillon qui vole généralement dès la mi-juin. Il dépose ses oeufs en plaquettes sous les feuilles et sur les spathes. Avant de pénétrer dans les tiges ou les épis, la chenille est baladeuse. Cette vie extérieure, "stade baladeur", dure de 3 à 7 jours. Le broyage des résidus et le travail du sol détruisent une majorité de larves. La lutte chimique est efficace uniquement si les chenilles sont en présence de l'insecticide pendant leur "stade baladeur" (qui est très court).

- **Les vers gris (noctuelles terricoles)** : les dégâts ont lieu du stade 2 feuilles à 8 feuilles du maïs. Les jeunes plantes sont sectionnées au niveau du collet. Les pieds de maïs plus âgés sont perforés à la base. La chenille pénètre à l'intérieur de la tige dont elle se nourrit : les plantes ont un aspect fané et se dessèchent très vite. Semis tardifs, départs en végétation lents, sols humides et riches en matière organique accroissent les risques. Aucune méthode ne permet, pour l'instant, de prévoir les infestations. Les traitements s'effectuent donc en tout début d'attaque par pulvérisations ou avec des appâts.

- **Les cicadelles** : l'insecte adulte (2 à 3 mm) se déplace par vols courts et successifs, très caractéristiques quand on pénètre dans une parcelle attaquée. Ses piqûres provoquent, sur la feuille, des décolorations par petites taches blanchâtres qui, lors de fortes infestations, peuvent se rejoindre et conduire au dessèchement de la feuille. Généralement les attaques débutent par les feuilles de la base. La cicadelle ne transmet pas de virus au maïs en France. Une lutte ne doit être envisagée qu'en cas de forte infestation. L'efficacité des applications diminue lorsque la végétation est importante.

- **Les acariens (tetraxiques ou araignées jaunes)** : les feuilles atteintes présentent tout d'abord des plages jaune-verdâtre; lorsque les attaques se poursuivent, ces zones blanchissent et évoluent en tissu mort. Si les infestations se prolongent, on aboutit à un dessèchement précoce du feuillage. Les acariens se situent à la face inférieure des feuilles. Ils se localisent d'abord sur les feuilles basses, puis gagnent progressivement les étages supérieurs. La présence d'acariens ne doit pas inciter à réaliser une lutte systématique. La surveillance doit commencer à l'apparition des panicules et le traitement être effectué en curatif sur les parties du champ atteintes, si nécessaire.

- **Pucerons (*Metopolophium dirrhodum*, *Rhopalosiphum padi*)** : leur pullulation est favorisée par les conditions suivantes :

. Présence importante des pucerons sur céréales à paille et conditions climatiques favorables pour leur transfert vers le maïs (beau temps sec avec températures nocturnes fraîches);

. Interventions contre d'autres ravageurs avec un insecticide favorisant les pullulations de pucerons;

. Faible population d'auxiliaires prédateurs des pucerons (coccinelles, syrphes, chrysopes...);

. Climat insuffisamment chaud et humide pour provoquer le développement des maladies chez les pucerons (entomophthorales).

Les traitements insecticides peuvent être effectués sans difficulté particulière jusqu'au stade 10-12 feuilles du maïs; au-delà, ils deviennent difficiles à mettre en œuvre (hauteur des plantes, volume végétatif) et leur efficacité est moindre. Les avertissements agricoles régionalisés du Service de Protection des Végétaux, grâce à un réseau de piégeage et d'observations, informent de l'arrivée des vols et des risques qu'ils peuvent induire.

c) Désherbage

Pendant longtemps, le désherbage a reposé sur deux produits du groupe des triazines : la simazine et l'atrazine (produit commercial à 50% de matière active). Leur faible solubilité leur confère une rémanence souvent très préjudiciable aux cultures venant après le maïs, qui oblige l'agriculteur, soit à traiter à de faibles doses, soit à faire plusieurs cultures de maïs consécutives. La simazine n'est absorbée que par les racines des plantes; l'atrazine par les feuilles et par les racines. Leur mode d'action dans la plante serait identique : en agissant sur la photosynthèse, le végétal continue de respirer normalement, mais ne photosynthétise plus et il meurt après épuisement de ses réserves.

Aujourd'hui les triazines sont interdits à la commercialisation en 2002 et leur utilisation sera prohibée en 2003. Deux raisons motivent cette décision du ministère de l'agriculture:

- L'augmentation de la concentration de ces substances dans les eaux souterraines et les eaux de surface dans les régions où la culture de maïs est développée depuis longtemps, conduisant au franchissement régulier du seuil de 0,1 microgramme par litre dans l'eau potable.
- La perte d'efficacité de ces herbicides avec un développement progressif des résistances des adventices. C'est le cas de graminées estivales (panics, sétaires et digitaires) et de certaines dicotylédones (morelle noire, chénopode blanc, amarante, renouées).

Le maïs peut recevoir un désherbage sur une large période de son développement. Toutefois, il est vivement déconseillé d'appliquer un herbicide au stade pointant, stade auquel l'absorption par le jeune maïs est maximale, le rendant très sensible aux réactions de phytotoxicité. Par ailleurs, au-delà des 8-10 feuilles, c'est-à-dire à partir du moment où l'inter-rang est recouvert par la végétation.

5. Irrigation

Près d'un hectare sur deux de maïs-grain est maintenant irrigué en France. Le maïs est relativement peu sensible au stress hydrique avant la floraison. Dès l'émission de pollen et jusqu'à une dizaine de jours après la fécondation, on observe en revanche une période critique vis-à-vis d'un manque d'eau : tout stress pendant cette phase entraîne des baisses de rendement très importantes, de plus de 20 q/ha. Pendant le remplissage du grain, jusqu'au stade « pâteux-dur », la plante est encore sensible au déficit hydrique. En pratique, la relative tolérance du maïs au stress hydrique pendant la phase de préfloraison ne peut guère être utilisée : l'absence d'irrigation pendant cette période conduit à une utilisation importante des

réserves en eau du sol. Si ces réserves en eau sont vides au moment de la phase critique, et que les capacités d'irrigation ne permettent pas de faire complètement face aux besoins de la culture pendant cette phase, les risques pris sont importants.

La gestion de l'irrigation à l'échelle d'une exploitation, où très fréquemment plusieurs parcelles et plusieurs cultures doivent être irriguées au cours d'une campagne culturale, est en effet complexe : il faut tenir compte des volumes d'eau disponibles, des capacités de débit liées à l'équipement, des besoins en eau des cultures à différentes phases, du temps de travail - énorme - lié à la mise en route, à la surveillance et au déplacement éventuel du matériel. Très souvent l'agriculteur ne peut, pour différentes raisons, irriguer à l'optimum des besoins écophysologiques l'ensemble de sa sole à irriguer, et doit réaliser des arbitrages et des compromis dans la gestion de l'irrigation.

Lorsque le débit n'est pas limitant, le début des arrosages (pas avant le stade « 8-9 feuilles ») doit s'effectuer à partir d'un certain niveau de dessiccation du sol. Celui-ci peut être évalué par un bilan climatique, ou mesuré avec un tensiomètre. La dose d'irrigation et la fréquence sont ensuite raisonnées en fonction de la pluviométrie et de la capacité du sol à retenir l'eau apportée. Par exemple en période sans pluie on apportera 35 mm tous les 7-8 jours en sol à capacité de rétention moyenne, et 30 mm tous les 6 jours en sol à rétention faible. S'il pleut, on peut prendre en compte les pluies de plus de 10 mm, sur la base d'un jour d'arrêt pour 5 mm de pluie. L'arrêt de l'irrigation doit se raisonner en fonction du stade.

Le débit peut être limitant, par exemple lorsque la ressource en eau s'épuise au cours du cycle en période estivale, ou lorsque la surface à irriguer ne permet pas de satisfaire tous les besoins instantanés. On a tout intérêt à chercher à conserver les ressources en eau du sol pour les valoriser lors des périodes sensibles. Cela conduit à commencer l'irrigation dès que le sol peut stocker l'eau apportée.

Enfin le débit peut ne pas être limitant, mais le volume d'eau disponible limité : c'est le cas lorsque la ressource en eau est un lac non complètement rempli. On aura tout intérêt à choisir des doses faibles pour augmenter le nombre d'irrigations. Il est important de bâtir un calendrier prévisionnel des irrigations encadrant bien la période critique, si des risques de non-satisfaction des besoins en eau existent, trois types d'adaptation de la conduite de la culture sont envisageables :

- la stratégie d'esquive, qui consiste à faire en sorte que le stress n'arrive qu'après la période critique. On peut jouer en avançant la date de semis et/ou par le choix de variétés précoces;
- le choix d'hybrides tolérants;
- la diminution de la densité de 5 000 à 10 000 plantes par hectare, ce qui diminue le potentiel de rendement, mais aussi les besoins en eau.