

Le passage de l'état végétatif vers l'état floral est considéré comme l'une des étapes les plus importantes de l'ontogenèse d'un végétal. Ce qui suscite l'intérêt de nombreux chercheurs et à fait l'objet de nombreux travaux selon JACKSON et SWEET (1972), KRAMER et KOZLOWSKI (1979) in HECHMI et JACQUES (2002), le passage des méristèmes de l'état végétatif vers l'état floral semble être contrôlé par des corrélations endogènes et des facteurs de l'environnement.

Les corrélations peuvent être de nature hormonale ou métabolique et agie de manière localisée ou à distance via le système vasculaire, alors que les facteurs de l'environnement auraient un effet indirect en agissant sur les périodes de repos et d'activité des bourgeons .

La formation des fleurs chez les espèces fruitiers passe par deux phases essentielles :le virage florale et Morphogenèse florale. Chacune de ces phases est contrôlée par des processus internes et externes spécifiques (MEHRI et GRABBE, 2002) (Figure 01).

-La première phase que l'on peut designer sous le terme évocateur de virage floral, porte essentiellement sur le changement d'orientation du méristème. Elle comporte deux étapes :

-L'induction florale: (induction, du latin: inducere, diriger, ou certains organes de la plante, sous l'effet de stimulus_ extérieurs, envoient au méristème un message, le signal de floraison le fessant passer d'un programme de développement végétatif à un programme de développement reproducteur.

-L'évocation florale: (induction, du latin: évocare, faire venir), ou le méristème se réorganise en fonction de ce programme, en programme, en procédant à des mitoses dans des secteurs appropriés.

La deuxième phase assure la morphogenèse florale, réalisée en deux étapes:

- **L'initiation florale** : ou se différencient les ébauches des pièces florale; à ce stade le bourgeons et enfin épanouissement de la fleur.

- **La floraison** : proprement dite, avec développement des pièces florales, débourrement des bougeons et enfin épanouissement de la fleur (HELLER *et al.*, 2000).

1- L'induction florale :

C'est le changement métabolique qui caractérise chez la plante, le passage d'un état végétatif à un état reproducteur. (BENSLIMANI, 1986).

Elle est aussi défini comme étant le phénomène botanique qui fait qu'un bourgeon à feuille évolue en bouton à fleurs, sous l'action d'éléments extérieurs, comme le froid (vernalisation), la température (thérmopériodisme), la longueur du jour (photopériode) ou la sécheresse.

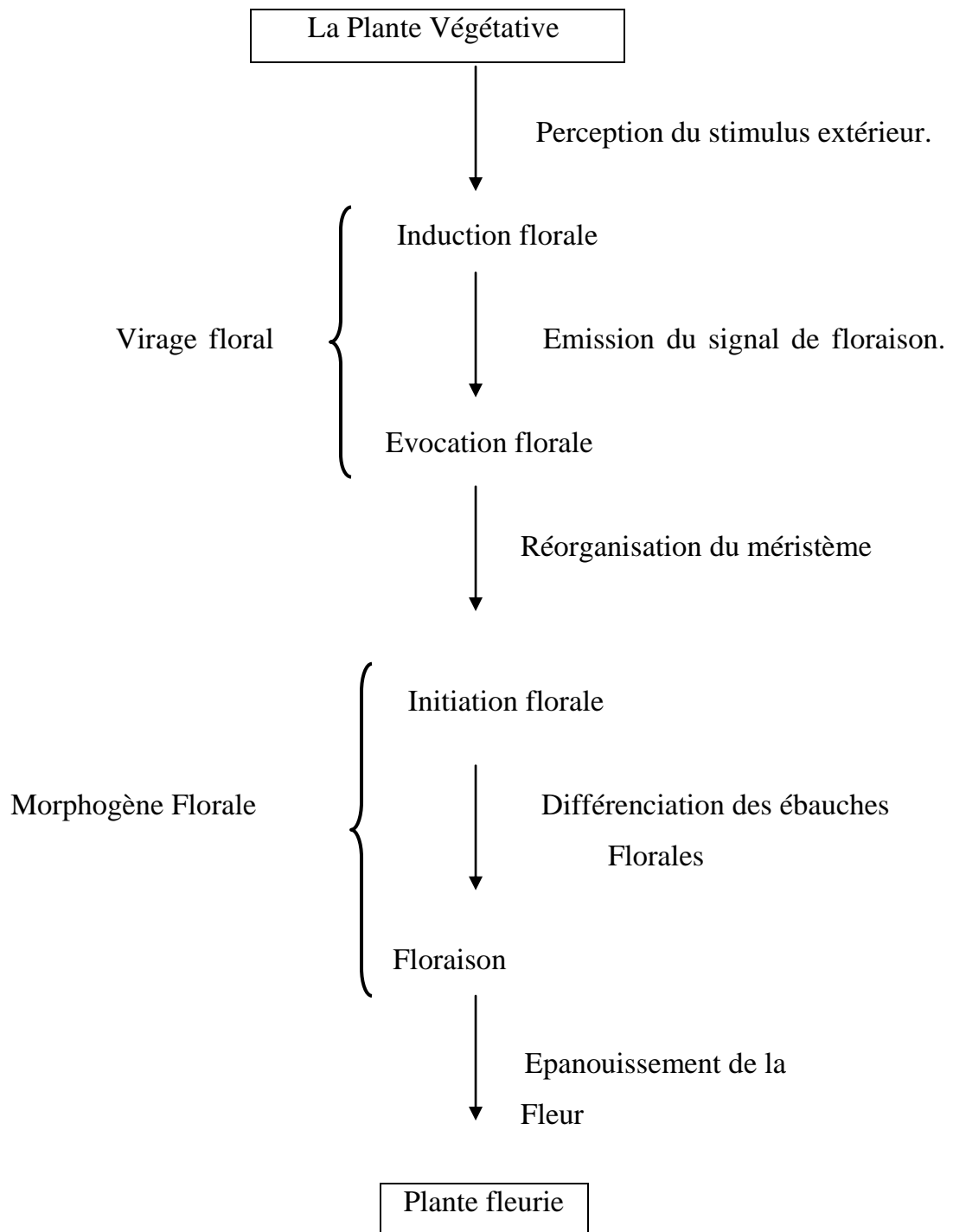


Figure 01 : les différentes étapes du passage à l'état reproducteur chez une Angiosperme (HELLER *et al*, 2000).

L'induction florale est la première étape et la moins connue dans le processus de la mise à fleur. En outre, c'est de cette phase que dépend le déclenchement des deux étapes qui suivent à savoir, la différenciation florale et la croissance des ébauches florales.

Cette phase est imperceptible à l'oeil nu et l'époque de son déroulement est variable suivant les espèces fruitières et les régions (BENETTAYEB, 1993).

Physiologiquement, l'induction florale est considérée comme la réalisation, au niveau de l'apex, d'un bourgeon indifférencié en bourgeon à fleur. Elle a lieu à partir d'un état biochimique favorable à son évolution ultérieure en particulier par changement des équilibres hormonaux et accumulation des réserves dans le méristème floral potentiel.

Selon BUBAN et FAUST (1982) in AMIROUCHE (1998), au niveau cellulaire et d'un point de vue génétique, l'induction florale peut être vue comme un processus devant lequel l'information représentée antérieurement et traduite pour former une nouvelle structure, à savoir le bourgeon floral. C'est le résultat de l'activité d'un gène réprimé pendant la phase végétative et qui est responsable au développement du bourgeon floral.

En effet selon MONET et BASRAR (1970) in OUCHAOU (1993), l'induction florale chez le pêcher se situerait au début du mois d'août, ou moment où les rameaux terminent leur croissance, mais cette induction n'affecte pas tous les bourgeons de l'arbre mais une fraction de ceux-ci ; les autres bourgeons conservent leurs caractères végétatifs et permettent ainsi la pérennité de l'arbre.

1-1- Les facteurs influant sur l'induction florale:

L'acquisition de l'aptitude à fleurir est sous la dépendance de divers facteurs inductifs, qui sont variables, selon les espèces végétales considérées. On ne fera ici qu'une présentation succincte de ces facteurs et une brève description des mécanismes inductifs encore moins connus (VALLADE, 1999).

Ces facteurs qui peuvent être internes, d'ordre trophique, liées surtout aux conditions climatiques (AMIROUCHE, 1998) ou externes.

1-1-1-Les Facteurs externes :

A- La photopériodisme:

C'est l'influence de la durée relative du jour et de la nuit sur de nombreuses réactions physiologiques et ce phénomène n'est nullement spécifique du monde végétal.

Vers 1900, BONNIER in MAZLIAK (1982), avait présenté son importance mais ce n'est que TOURNOIS (1912) in MAZLIAK (1982), et plus tard, GARNER et ALLARD in MAZLIAK (1982), qui ont démontrés l'importance du photopériodisme sur la régulation de la floraison.

D'après VINCE-PRUE (1979) in BENETTAYEB (1993). C'est la durée et la position relative à la lumière et de l'obscurité dans le cycle journalier qui détermine la réponse de la plante au photopériodisme.

Chaque période de 24 heures ou cycle périodique comprend évidemment une période d'éclairement, l'héméropériode, et une période d'obscurité, la nyctipériode.

Durant chaque cycle photopériodique, les plantes doivent recevoir une durée minimale d'un éclairage suffisamment intense pour assurer une activité photosynthétique compatible avec une bonne organogénèse.

Les caractéristiques de cet éclairage sont variables selon les exigences des plantes néanmoins.

Il n'est pas nécessaire que la plante soit maintenue constamment en conditions photopériodiques favorables (eupériodiques) pour qu'elle fleurisse : il suffit qu'elle reçoive ce traitement pendant le temps minimal d'induction pour qu'ensuite, replacée en conditions défavorables (dyspériodiques), elle exprime la floraison (MAZLIAK, 1982).

A partir d'observations écologiques et physiologiques, on peut classer les plantes en quatre groupes distincts :

-Les plantes de jours longs: dites héméropériodiques, dont la floraison est stimulée par des durées de jours supérieures à la photopériode critique.

-Les plantes de jours courts : dites nyctipériodiques, dont la floraison est stimulée par des durées de jours inférieures à la photopériode critique.

-Les plantes indifférentes : dites aphotiques, qui fleurissent presque à la même vitesse pour toutes les durées des jours et chez les quelles il n'apparaît donc pas clairement de photopériode critique.

-Les plantes préférées : c'est les plantes qui parviennent à fleurir. Même dans des conditions défavorables, mais plus tardivement.

-Les plantes intermédiaires : dont la floraison se produit en photopériodes ni trop longues, ni trop courtes.

En fin, certaines plantes exigent par fois une succession de jours courts puis longs ou l'inverse (VALLADE, 1999).

B- La thèrmo-périodisme :

La température est un autre facteur dont le rythme peut influencer la mise à fleur, chez les espèces fruitiers l'intensité de la floraison est apparemment directement proportionnelle à la durée d'exposition des bourgeons aux basses températures de l'hiver.

Cette durée varie suivant les espèces et les régions de 7.2 à 13°C (BENETTAYEB, 1993).

Les variations de températures sont subies par les plantes selon une périodicité saisonnière ou quotidienne et de plus l'effet physiologique des diverses températures peut être différent, il faut donc mesurer les relations de la plante en fonction de la température et de sa distribution dans l'espace et dans le temps, on a deux modes de températures :

- **Saisonnier**: à la fin du printemps ou au début de l'été les feuilles sont foncées, on constate que le bourgeon végétatif contenu dans le bulbe est très réduit et il peut former de nouvelles feuilles, si la température est suffisante pour leur croissance.

La seule façon de provoquer le passage de ce bourgeon de l'état végétatif à l'état floral consiste à soumettre le bulbe pendant quelques semaines à une température comprise entre 25 et 30°C.

- **Quotidien** : si des plantes de pois sont cultivées à température diurne constante est égale à 20°C, mais soumises à diverses températures nocturnes, allant de 4 à 26 °C, la croissance et la floraison sont d'autant plus accélérées que la température nocturne est élevée.

La température nocturne peut résulter des modifications de la vitesse de l'organogenèse ainsi que de son orientation vers la voie végétative en florale.

La température est un facteur important de l'environnement climatique, puisque capable de stimuler, d'inhiber ou de moduler largement l'organogenèse florale (HELLER *et al*, 2000).

D'une façon générale, dans les conditions naturelles, le thermopériodisme quotidien ainsi que la différence de température entre tiges, feuilles et racines jouent certainement un rôle important pour la croissance et le développement des plantes.

De plus, la levée de dormance est absolument indispensable à l'expression floral le thermopériodisme saisonnier est l'un des éléments déterminants de la floraison de nombreuses plantes herbacées et ligneuse de nos climats (MAZLIAK, 1982).

1-1-2-Les facteurs internes :

Divers travaux supposent, même s'ils ne peuvent que partiellement le démontrer, que l'induction florale est fortement dépendante de substances chimiques qui sont émises par certaines organes de l'arbre, ces substances sont de types gibbérellines et cytokinines endogènes.

L'anthésine, une hormone non encore identifiée, aurait aussi un rôle à jouer dans le déclenchement de la mise à fleur (BENETTAYEB, 1993)

Selon LEGAVE (1975) in AMIROUCHE (1998), trois facteurs internes interviendrait dans les changements métaboliques :

- les facteurs nutritionnels (glucides, matières azotées rapport C/N) liés à la présence de feuilles.

-les facteurs hormonaux (hormones endogènes de croissance).

-les facteurs génétiques.

A-les facteurs nutritionnels :

Selon KLES in BENSLIMANI (1986), la formation des bourgeons floraux est déterminée par la relation qu'existe entre la quantité d'élément nutritifs minéraux et la quantité d'hydrates de carbone présente dans les tissus végétaux.

Si les hydrates de carbone dominant, la plante commence à former des bougeons à fleurs, si les élément minéraux l'emportent la croissance végétative l'emporte aussi.

D'après CHOUARD in BENSLIMANI (1986), la valeur favorable du rapport C/N serait de l'ordre de 15 à 20.

Les glucides serait détournés au profit du méristème lorsque les plantes induites, il y a une augmentation de la teneur en saccharose dans la sève élaborée, au niveau du bougeons apical.

B- Les facteurs hormonaux :

A ce titre, nous pouvons prendre l'exemple de l'influence des feuilles et des fruits sur ce phénomène

-Les feuille : elles sont nécessaires à la formation des bougeons à fleurs.

Chez néflier du Japon, HUET (1972) LLOYDII et COUVILLON (1974) in AMIROUCHE (1998), mettent en évidence l'effet de la feuille dans l'amélioration de l'induction florale, elles produisent des substances qui stimulent la floraison, une fois transportées aux bourgeons, ses substances induisent la formation des fleurs. Cet effet bénéfique peut être explique par le fait que les feuilles interviennent et favorisent l'ascension des cytokinines produites dans les racines.

Les feuilles ont une action bénéfique sur l'induction florale, elles agissent par leurs nombres (surface foliaire).

FULFORD in BENSLIMANI (1986), souligne l'importance de l'age des feuilles et leurs positions sur le rameau à l'induction florale.

Les gibbérellines, les cytokinines et l'éthylènes ayant, le plus souvent un effet promoteur tandis que l'auxine et l'acide abscissique manifestent généralement un effet inhibiteur.

Les mêmes hormones peuvent être promotrices ou inhibitrices selon l'espèce considérée ou la concentration utilisée (VALLADE, 1999).

-Les fruits : selon HUET (1965) in AMIROUCHE (1998), il existe un effet compétitif exercé par le fruit sur l'induction et qui, en général, est le résultat de l'alternance.

En effet, la présence de fruits entrave la formation des bourgeons floraux en exerçant une action compétitive vis-à-vis des éléments nutritifs.

La logique qui découle de ces observations est que plus un arbre porte beaucoup de fruits fécondés plus les risques de subir une alternance de production.

C-Les facteurs génétiques :

La très grande complexité du processus d'induction florale laisse supposer que de nombreux gènes sont impliqués dans le contrôle de cette étape. Chez *Arabidopsis*, on connaît de nombreux mutants ayant une floraison avancée ou retardée.

Les gènes correspondant à ces mutations ont des fonctions variables et pas encore toujours connus. Certains codent pour des protéines de photorécepteurs tels que (PHYA) pour le phytochrome A, (PHYB) pour le phytochrome B, HY4 pour le photorécepteur de la lumière bleue (cryptochrome I) d'autre pour des enzymes intervenant dans des biosynthèse comme PGM (synthèse de l'amidon) ou pour des protéines impliquées tardivement dans la morphogénèse florale comme (TFL).

La date de floraison d'*Arabidopsis* serait sous le contrôle de plusieurs voies Métabolique, certaines promotrices, d'autres inhibitrices. Le phytochrome B aurait un rôle inhibiteur tandis que le phytochrome A et le phytochrome II (cry2) ont un rôle promoteur de la floraison (VALLADE, 1999).

2- L'évocation florale :

Le terme évocation florale est souvent employé pour désigner les changements initiaux, cytologiques et métaboliques, qui surviennent dans un méristème apical.

Les plantes dès quelle est placée en conditions photopériodique notamment, favorables à l'induction florale (MAZLIAK, 1982).

Selon EVANS (1969) in HELLER *et al* (2000), elle consiste en une réorganisation de l'architecture de l'apex préparatoire à la différenciation des ébauches. Cette évolution n'est pas décelables à l'œil nu on ne peut la caractériser qu'au niveau microscopique ou biochimique, par les changements de morphologie ou de composition cellulaire.

On observe ainsi une accélération du métabolisme énergétique, sous l'influence d'un afflux de substrats (saccharose notamment), une augmentation de l'activité mitotique ainsi que de la synthèses de RNA de protéines nouvelles, de polyamines... etc.).

C'est au cours de cette étape que sont dérégulés certains gènes dont l'expression sera à l'origine de l'initiation florale.

L'annexe 02 : donne un exemple de la suite des événements de l'évocation florale chez *Sinapis alba* (montarde blanche, brassicacée). Cette espèce a l'avantage de présenter une induction florale assurée par un seul cycle photopériodique (un seul jour long).

A l'arrivée du signal de floraison à l'apex, estimée se produire 16 heures après le début de la photopériode inductive, les augmentations du métabolisme énergétique et des teneurs en acides nucléiques (RNA et DNA) traduisent les profonds changements en cours, aboutissant à un net accroissement du taux des mitoses (de 8 fois au centre et 6 fois à la périphérie de l'apex).

Chez *Sinapis alba*, il existe deux pics mitotiques le premier (non présent chez toutes les espèces) a simplement pour objet d'amener la moitié (environ) des cellules apicales, initialement en phase G2 (soit 4n), en phase G1. Alors toutes les cellules se diviseront d'une manière synchrone (deuxième pic mitotique). L'augmentation de l'hauteur du méristème et de la taille des cellules (t : +54 à 62h) et de deuxième pic mitotique (t : +68h) sont les éléments fondamentaux qui terminent l'évolution florale.

2-1-Aspects cytologiques :

La structure du méristème de la plante végétative comporte essentiellement une zonation faite de trois territoires :

-une zone axiale : peu active durant la phase végétative, mais qui va s'activer lors du passage à l'état florale (d'où son état de méristème d'attente).

-une zone latérale : de forme torique (anneau initiale), très active qui édifie les familles ainsi que les tissus corticaux et conducteurs de la tige.

-une zone située sous la zone centrale : le méristème médullaire, qui met en place les tissus centraux de la tige (moelle).

Bien avant l'apparition visible des fleurs, les premiers signes de la transformation du méristème végétatif peuvent être décelés par l'observation microscopique.

L'annexe 03 : montre l'évolution d'un tel méristème (toujours à propos du chrysanthème des moissons, dont l'inflorescence est un capitule).

(HELLER *et al.*, 2000).

Le fonctionnement végétatif de l'apex, va être modifié, plusieurs phases peuvent être distinguées :

a- Phase végétative adulte : dès le début de la transformation la zonation typique du méristème végétatif s'atténue puis disparaît; le méristème se vacuolise.

b- Phase intermédiaire : Elle se caractérise par une augmentation de taille de l'apex par l'accroissement de toutes les zones de l'apex, les mitoses étant uniformément réparties : les cellules apicales axiales acquièrent peu à peu des caractéristiques plus méristématiques et on remarque des divisions périclines des cellules du méristème d'attente du corpus et du méristème médullaire.

c- Phase préflorale : Progressivement, l'apex change de forme et devient plus bombé compte tenu d'une nouvelle répartition des mitoses :

-Des mitoses apparaissent dans le méristème d'attente, la coloration de l'apex apparaît beaucoup plus uniforme.

-Toutes les cellules du méristème possèdent alors une teneur élevée et uniforme en ARN.

Les organes latéraux formés se transforment peu à peu de la feuille à la bractée vraie et le fonctionnement plastocronique cesse progressivement, l'initiation des bractées involucreales se fait sur les flancs et leur vascularisation se fait à partir des cellules du corpus.

En fin de phase préflorale, le méristème inflorescentiel, en forme de dôme, est achevé et il comprend donc des assises cellulaires très méristématiques (le manchon méristématique); superficielles, recouvrant des cellules centrales vacuolisées.

d- Phase floral : Elle correspond à l'édification des pièces du périanthe : à la périphérie du méristème inflorescentiel vont naître les protubérances florales.

Le fonctionnement plastocronique de l'apex ayant disparu, les pièces florales sont disposées en verticilles qui se forment simultanément (MAZLIAK, 1982).

2-2- Structure et fonctionnement de l'apex :

Il est important de suivre les modifications morphologiques et cytologiques d'un apex lors de la transition de l'état végétatif à l'état floral, les différences entre les deux étapes permettant une meilleure compréhension de mécanisme de la floraison.

Le point remarquable de la structure d'un apex végétatif est sa zonation c'est-à-dire que l'analyse cytologique met en évidence des zones cytologiques distinctes.

Il faut souligner que dès 1947, PLANTEFOL in MAZLIAK (1982), montra que les feuilles étaient disposées le long d'hélices foliaires qui aboutissent au point végétatif à des centres générateurs foliaires, situés dans une zone latérale à quelque distance du sommet, zone appelée l'anneau initiale.

Ensuite de PLANTEFOL, l'école française (et notamment BUVAT, LANCE NOUGAREDE.....) in MAZLIAK (1982), fait progresser les connaissances concernant la structure et le fonctionnement apical des angiospermes (Annexe, 04).

Jusqu'alors, il était admis que le méristème caulinaire était constitué d'une ou quelques assises superficielles.

-La tunica: à l'origine de l'accroissement périphérique de la surface par multiplication anticline des cellules (perpendiculairement à la surface) cellules de dimension réduite mais à cytoplasme abondant, au dessous de la tunica :

-Le corpus: des cellules plus grandes à divisions parfois périclines (parallèles à la surface) qui permettent l'accroissement en volume.

BUVAT et NOUGAREDE in MAZLIAK (1982), montra le caractère plus méristématique de la zone apicale correspondant à l'anneau initial : c'est le méristème de flanc qui va donner naissance aux initiums foliaires appelés en suite primordiums dès qu'ils surplombent l'apex ; la croissance de ces primodiums aboutira à la formation du pétiole et du limbe tandis que l'édification de la tige se fera à partir du sous-bassement foliaire.

Quelques cellules du méristème de flanc, à l'aisselle des primordiums, reconstituent l'anneau initial.

Lors de la croissance végétative, l'apex fonctionne de telle sorte que les feuilles se succèdent suivant un rythme bien défini (plastochrone).

3- L'initiation florale :

C'est la première étape de la morphologie florale succède à l'évocation florale, on peut considérer que celle-ci est achevée (parfois depuis longtemps) lors que le méristème, d'aspect végétatif jusqu'alors, commence à manifester, les premiers signes visibles de changement morphologique qui peu à peu vont lui donner l'aspect d'un méristème inflorescentiel.

Dans le cas d'une fleur unique terminale, les diverses pièces (sépalles, pétales, étamines, carpelles) sont initiées progressivement à la surface de méristème inflorescentiel porte des méristèmes floraux, aux mêmes initiateurs de pièces florales (HELLER *et al.*, 2000).

Dès 1947 PLANTEFOL in BENSLIMANI (1986), montra que les feuilles étaient disposées le long d'hélices foliaires situées dans une zone latérale à quelque distance du sommet dans une zone appelée anneau initial. C'est ce méristème de flanc qui va donner naissance aux initiums foliaires appelées ensuite primordiums dès qu'ils surplombent l'apex.

4 -la floraison :

La floraison consiste dans le développement des ébauches florales par la différenciation de tissus particuliers (carpelles et étamines) et par la croissance des diverses pièces florales et en fin l'épanouissement des fleurs (HELLER *et al.*, 2000).

Chez la vigne la floraison s'étale sur dix à quinze jours (REYNIER ,2003) .
RYMY (1960) in OUCHAOU (1993). Montre que la date de floraison dépend plus des températures nocturnes, que des températures moyennes de chaque jour.

D'après CAILAVET ET SOUTY (1950) in OUCHAOU (1993), montre que la durée totale de la floraison varie selon les conditions climatologiques de l'année et selon la précocité de début de floraison : les variétés, à début floraison précoce, ont une durée de floraison plus longue que celles à début de floraison normale ou tardif.

4-1 L'écologie florale :

L'organogenèse d'un bouton floral peut donner soit une fleur isolée, soit une inflorescence.

A- Organisation de l'inflorescence :

Les morphologistes ont défini des types très variés d'inflorescences qui se rapportent à deux modes de ramifications :

La cyme : dont l'axe principal porte une fleur terminale et la première à s'épanouir, son développement est défini : fraisier (cyme bipare).

La grappe : dans laquelle l'axe principal s'accroît par son extrémité en produisant des fleurs, son développement est indéfini : bananier.

B- Organisation de la fleur :

La fleur est portée par un axe pédoncule floral, dont l'extrémité élargie est le réceptacle (BENETTAYEB,1993), la fleur est constituée par un ensemble de pièces florales fixées sur l'extrémité renflée d'un axe, qui est lui même inséré sur la tige, à l'aisselle d'une feuille plus petite et plus simple que les feuilles ordinaires : une bractée. (Annexe 05)

- Le périanthe :

Ensemble de pièces stériles, ou enveloppes florales, parmi lesquels on sépare :

Le calice : formée de 5 sépales libres, pièces verdâtres d'aspect foliacé, chaque sépale est constitué par un parenchyme chlorophyllien homogène, vascularisé, revêtu par un épiderme stomatifère (CAMEFORT et BOUE , 1997). Selon son origine les sépales sont :

- Libres (dialysépales) rosacées, pommier, poirier.....
- Soudes (gamopétales) : olivier, vigne, figuier.....

La corolle : est constituée par 5 pétales libres, bien développés et vivement colorés ; l'organisation anatomique des pétales est identique à celle des sépales sauf que les cellules du parenchyme sont dépourvues de chloroplastes.

- Les pièces fertiles :

Directement impliquées dans les phénomènes de reproduction, ce sont :

-L'androcée : il est formé par les étamines, chaque étamine est formée d'un filet et d'une anthère qui à maturité, contient les grains de pollen (BENETTAYEB, 1993).

-Le gynécée ou pistil : est la partie centrale de la fleur, est composée d'un ou plusieurs carpelles (GUILLAUME, 2002).

Chaque carpelle est composé d'un ovaire, partie renflée et creuse contenant un ovule, d'un style, bref prolongement de l'ovaire, et d'un stigmate arqué, terminant le style. (CAMFORT et BOUE, 1997).

-Le bractée : il est vrai qu'en général, les fleurs des angiospermes possèdent une bractée, qui se trouve à la base du pédoncule floral, quand ce dernier existe.

Cependant, les bractées sont parfois inexistantes la forme de la bractée est très variable, de même que son implication dans des fonctions biologiques, la protection de la fleur constitue un des rôles les plus évidents du bractée (GUILLAUME ,2002).