

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Département de Biologie des Populations et des Organismes

Mémoire de fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de **MASTER en Biologie**

Option : Valorisation de la biodiversité et développement durable

Thème

**Etude de l'effet de la pollinisation artificielle
sur la productivité chez le noyer commun
Juglans regia L. en vue de la sauvegarde et la
préservation du patrimoine nucicol local.**

Présenté par :

KADDOURI Ammaria

Devant le jury composé de :

M ^{me} BENMANSOUR N.	MAA	UB-1-	Présidente
M ^{me} CHERIF H.	MCB	UB-1-	Examinatrice
M ^{me} GHANAÏ R.	MAA	UB-1-	Examinatrice
M ^{me} FAIDI H.	MAB	UB-1-	Promotrice

Promotion : 2013/2014

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

J'adresse mes sentiments les plus sincères à ma promotrice madame Faïdi Houria pour sa grande disponibilité et ses grands efforts consacrés tout au long de la rédaction de ce mémoire.

J'adresse également mes vifs remerciements à Mme Benmansour N. qui nous a fait l'honneur de présider le jury, et mesdames Cherif H. et Ghanaï R. qui ont donné de leur temps pour examiner ce modeste travail.

Tous mes enseignants de l'option : Valorisation de la Biodiversité et Développement durable, en particulier Mme Ouadah Nadia pour le bon déroulement de la formation.

Je remercie également Mon Directeur Général Monsieur Nedjahi Abdallah de m'avoir donné l'occasion de poursuivre mes études.

Toute l'équipe INRF Baraki en particulier Monsieur Bouyaïche Mohammed, Chargé de Recherche à l'INRF et Chef de la Station INRF Baraki pour ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la formation et pour ses précieuses photos. Sans oublier tous mes collègues de travail de Bainem en particulier Mme Dilmi, Responsable du laboratoire de pédologie.

Je tiens à remercier le Docteur Francis Delort ex-chercheur à l'INRA de Bordeaux France d'avoir mis à ma disposition les moyens nécessaires pour la réalisation de ce travail.

Toute l'équipe du laboratoire de Bioclimatologie et de Pédologie de l'INRAA : Mahdi Boualem en particulier Monsieur Semiani Mohammed, chargé de recherche pour ses conseils précieux dans le domaine statistique ainsi que Mme Boulahbel Ouahiba et Mme Ziza Fatima Zohra, Chercheurs à l'INRAA.

Je veux adresser également mes sentiments les plus sincères à mon frère aîné le Docteur Kaddouri Mohammed, ex maître de conférences à l'université Djillali Lyabes de Sidi Bel Abbès, avec qui j'ai initié mes premières recherches scientifiques dans le cadre de l'Ingéniorat.

Enfin J'adresse mes plus sincères remerciements à ma très chère mère pour sa bénédiction, ma petite famille, mon mari et mes chères enfants pour leur disponibilité, leur soutien, et leur patience tout au long de mes études. A toute la famille Kaddouri, à mes chères amis, Mouna, Siham, Lamia et Amina et à tous qui ont participé de pré ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Résumé

Le présent travail consiste en l'étude de l'impact de la pollinisation artificielle sur la productivité chez le noyer commun *Juglans regia* L.

Une caractérisation phénologique des arbres échantillonnés est effectuée par la notation des dates du début et de la fin des stades débourrement, feuillaison et floraison mâle et femelle en corrélation avec les degrés-jours de croissance (DJC) cumulés. Le stade débourrement a débuté dans le verger le 24 mars ($\pm 0,00$ jour) à 12°C (température base du noyer) correspondant à zéro DJC cumulé, ce stade a duré 43 jours. Le début de manifestation du stade feuillaison est observé le 30 mars ($\pm 1,73$ jours) après une accumulation de 5,7 DJC, il a duré 40 jours. La floraison mâle n'apparaît que chez 28,57% des arbres. L'émission du pollen dans le verger a débuté le 10 avril ($\pm 0,00$ jour) après accumulation de 47,2 DJC et a duré 17 jours. La floraison femelle est observée chez l'ensemble des arbres échantillonnés (100%). Les fleurs femelles étaient plus exigeantes en chaleur (DJC cumulés), elles ne sont apparues que le 17 avril ($\pm 1,00$ jour) après accumulation de 74,4 DJC. La durée de manifestation des fleurs femelles était plus longue que celles des fleurs mâles, elle est de 24 jours. Des cumuls thermiques compris entre 56,7 et 72 DJC se sont révélés les plus favorables à la floraison mâle dans le verger, alors que la floraison femelle semble être favorisée par des accumulations de DJC plus importantes comprises entre 122,1 et 162,4 DJC.

La durée de synchronisation des deux floraisons était très courte, de l'ordre, de trois jours, pour la majorité des arbres, alors qu'un décalage important est observé. La pollinisation naturelle c'est faite principalement par un seul arbre qui a développé des chatons tardifs. Elle a donné des taux de nouaisons variables selon les arbres, allant de 1,8 à 84,2%. Le taux de nouaison obtenu suite à une intervention par une pollinisation artificielle est de 15,53% malgré les contraintes.

Mots clés : Stades phénologiques, floraison, degrés-jours de croissance, Synchronisation, Dichogamie, taux de nouaison.

ملخص

هذا العمل يندرج في دراسة مفعول التلقيح الاصطناعي على الإنتاجية لدى أشجار الجوز المحلي و التي عمرها تسع سنوات.

التوصيف الفيزيولوجي على عينة من الأشجار قد تمت بالحرص على تنقيط تواريخ بداية و نهاية مختلف المراحل الفيزيولوجية التبرعم،التورق،الإزهار الذكري و الإزهار الأنثوي المترابطة بالتراكم الحراري(DJC cumulés).

التبرعم في الحقل ظهر بتاريخ 24 مارس عند درجة حرارة 12°م (درجة الحرارة القاعدية للجوز) و التي تمثل 0 درجات يومية ، هذه المرحلة دامت 43 يوما.مرحلة التورق ظهرت في 30 مارس ± 0.00 يوم بعد تراكم 7،5 درجات و قد دامت هذه المرحلة 40 يوما . الأزهار يومية الذكورية لم تظهر إلا عند 28.57% من الأشجار . بداية إنتشار حبات الطلع ظهرت في 10 أبريل ± 0.00 يوم بعد تراكم 47.2 و دامت 17 يوما. الأزهار الأنثوية ظهرت عند كافة الأشجار المعينة و كانت اكثر طالبية للتراكم الحراري حيث لم تظهر إلا بعد تراكم 7،4 درجات يومية و قد دامت مرحلة الإزهار الأنثوي أكثر من نضيرها من الأزهار الذكورية (24) يوما. التراكمت الحرارية التي أظهرت مفعولها على الإزهار الذكري في الحقل هي تلك التي تقع بين 56.7 و 72 درجات يومية، في حين الإزهار الأنثوي لم يظهر الا بعد تراكم حراري أكبر و الذي يقع بين 122.1 و 162.4. مدة تزامن الأزهار الأنثوية والأزهار الذكورية كانت قصيرة بموجب ثلاث أيام و هذا لدى معظم الأشجار.التلقيح الطبيعي تم في الأساس عن طريق شجرة واحدة و التي تم فيها الإزهار الذكري مؤخرا،حيث أعطيت نسب مختلفة من الثمور المتراوحة بين 1.8% و 84.3%. كمية الثمور المحصل عليها إثر التدخل بالتلقيح الاصطناعي هو 15.53% مع كل العراقيل .

كلمات المفتاح : المراحل الفيزيولوجية ، الإزهار ، التراكم الحراري للنمو ، تزامن ، تعاكس ، نسبة الثمور .

ABSTRACT

The present work is the study of the impact of artificial pollination on productivity in the walnut *Juglans regia* L.

A phenological characterization of trees sampled is performed by the rating of the dates of the beginning and end stages of bud, leafing and flowering male and female correlated with the accumulated degree days growth (GDD). It appears that the bud stage began in the orchard March 24 (± 0.00 days) at 12 ° C (temperature of the walnut base) corresponding to zero cumulative GDD, this stage lasted 43 days. The early stage of manifestation foliation is observed on March 30 (± 1.73 days) after an accumulation of 5.7 GDD, it lasted 40 days. The male flowers appear only in 28.57% of the trees. The emission of pollen in the orchard began on 10 April (± 0.00 days) after accumulating 47.2 GDD and lasted 17 days. The female flowers are observed in all sampled trees (100%). The female flowers are more demanding to heat (cumulative GDD), they appeared only on April 17 (± 1.00 days) after accumulating of 74.4 GDD. The duration of event female flowers was longer than those of male flowers, it is 24 days. Heat totals of between 56.7 and 72 GDD have proven most favorable to the male flowering in the orchard, while the female flowering seems to be favored by larger accumulations of GDD between 122.1 and 162.4 GDD.

The duration of flowering synchronization of the two flowers was very short, on the order of three days, while, in the majority of trees, a significant shift is observed. Natural pollination is done primarily by a single tree that developed late male flowers. She gave varying nouaisons rates by trees, ranging from 1.8 to 84.2%. The fruit setting rate obtained by an artificial pollination intervention is 15.53% despite the constraints.

Keywords: Phenological stages, flowers, growing degree days, Synchronization, Shift, fruit set rate.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Production mondiale de noix.....	07
Tableau 2 : Rapidité de mise à fruit de diverses variétés de noyer.....	12
Tableau 3 : Héritabilité de caractères de l'arbre et du fruit chez le noyer <i>Juglans regia</i> L.	
Tableau 4 : pluviométries et températures mensuelles moyennes de la zone d'étude (Baraki).....	16
Tableau 5 : Composition physicochimique moyenne du sol de la zone d'étude.....	17

ANNEXE 1

Tableau 6 : Classification des arbres selon les dates du début de débourrement	
Tableau 7 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de débourrement	
Tableau 8 : Classification des arbres selon les dates de fin de débourrement	
Tableau 9 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de débourrement	
Tableau 10 : Classification des arbres selon la durée de débourrement	
Tableau 11 : Classification des arbres selon les dates du début de feuillaison	
Tableau 12 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de feuillaison	
Tableau 13 : Classification des arbres selon les dates de fin de feuillaison	
Tableau 14 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de feuillaison	
Tableau 15 : Classification des arbres selon la durée de feuillaison	
Tableau 16 : Taux des arbres producteurs de fleurs mâles	
Tableau 17 : Classification arbres selon les dates du début de floraison mâle	
Tableau 18 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de feuillaison	
Tableau 19 : Classification des arbres selon les dates de fin de floraison mâle	

Tableau 20 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de floraison mâle

Tableau 21 : Classification des arbres selon la durée de floraison mâle

Tableau 22 : Classification des arbres selon les dates du début de floraison femelle

Tableau 23: Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de floraison femelle

Tableau 24 : Classification des arbres selon les dates de fin de floraison femelle

Tableau 25 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin floraison femelle

Tableau 26 : Classification des arbres selon la durée de floraison femelle

ANNEXE 2

Tableau 27 : Etalement de la floraison mâle au niveau du verger (dates du début et de fin de la floraison mâles des arbres pollinisateurs)

Tableau 28 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation de la floraison mâle au niveau du verger par fréquence d'arbres

Tableau 29 : Etalement de la floraison femelle au niveau du verger (dates du début et de fin de la floraison femelle des arbres échantionnés)

Tableau 30 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation de la floraison femelle au niveau du verger par fréquence d'arbres

ANNEXE 3

Tableau 31 : Classification des arbres selon la durée de synchronisation des deux floraisons mâle et femelle

Tableau 32 : Classification des arbres selon la durée de dichogamie au début de la floraison des arbres pollinisateurs

Tableau 33 : Classification des arbres selon la durée de dichogamie à la fin de la floraison des arbres pollinisateurs

ANNEXE 4

Tableau 34: Taux de nouaison et durées de synchronisation des floraisons mâle et femelle

Liste des figures

Figure 1 : Feuille d'un jeune noyer à 09 Folioles.....	04
Figure 2 : Fruit du noyer commun (<i>Juglans regia</i> .L).....	04
Figure 3 : Carte de localisation des peuplements de noyer commun (<i>Juglans regia</i> . L) en Algérie (INRF 2012).....	05
Figure 4 : Les organes floraux du noyer commun (<i>Juglans regia</i> .L).....	08
Figure 5 : Fleur mâle du noyer commun (<i>Juglans regia</i> L.).....	09
Figure 6 : Fleur femelle du noyer commun (<i>Juglans regia</i> L.)	10
Figure 7 : Evolution des fleurs femelles du noyer commun.....	11
Figure 8 : La parcelle expérimentale (INRF, Station de Baraki).....	15
Figure 9 : Répartition des arbres échantonnés au niveau de la parcelle expérimentale....	16
Figure 10 : Les différents stades phénologiques du noyer commun.....	18
Figure 11 : Technique de l'intervention par une pollinisation artificielle.....	23
Figure 12 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de débourrement.....	25
Figure 13 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de débourrement.....	26
Figure 14 : Fréquence des arbres en fonction de la durée du débourrement.....	27
Figure 15 : Fréquence des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de feuillaison.....	28
Figure 16 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de feuillaison.....	29
Figure 17 : Fréquences des arbres en fonction de la durée de feuillaison	30
Figure 18 : Fréquences des arbres producteurs et non producteurs de fleurs mâles.....	31
Figure 19 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de floraison mâle chez les arbres pollinisateurs.....	32
Figure 20 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de floraison mâle chez les arbres pollinisateurs.....	33
Figure 21 : Fréquences des arbres en fonction de la durée de floraison mâle.....	34
Figure 22 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de floraison femelle.....	35
Figure 23 : Fréquences des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de floraison femelle.....	36
Figure 24 : Fréquences des arbres en fonction de la durée de floraison femelle.....	37
Figure 25 : Représentation schématique de l'étalement de la floraison mâle au niveau du verger en corrélation avec les degrés-jours de croissances cumulés (DJC cumulés).....	38
Figure 26 : Représentation schématique de l'étalement de la floraison femelle au niveau du	

verger en corrélation avec les degrés-jours de croissance cumulés (DJC cumulés).....	39
Figure 27 : Fréquences des arbres en fonction de la durée de synchronisation de la floraison mâle et femelle.....	40
Figure 28 : Représentation schématique de la synchronisation des deux floraisons mâle et femelles des arbres échantonnés.....	41
Figure 29 : Fréquences des arbres pollinisateurs en fonction de la durée de la dichogamie au début de la floraison.....	42.
Figure 30 : Fréquences des arbres pollinisateurs en fonction de la durée de la dichogamie à la fin de la floraison.....	43
Figure 31 : Taux de nouaison et durées de synchronisation de la floraison des arbres échantonnés.....	44

Sommaire

Introduction	01
Donnés bibliographiques	
I. Généralités sur le genre <i>Juglans</i>	03
II. Systématique du noyer commun	03
III. Caractéristiques botaniques de l'espèce	03
III.1. Les racines	03
III.2. Les feuilles	03
III.3. Le fruit	04
IV. Origine et aire de répartition	04
IV.1. Dans le monde	04
IV.2. En Algérie	05
V. Conditions de la culture du noyer	06
V.1. Exigences climatiques	06
V.2. Exigences édaphiques	06
VI. Etat actuel du noyer	06
VI.1. Dans le monde	06
VI.2. En Algérie	08
VII. Biologie de la reproduction	08
VII.1. Organes floraux	08
VII.2. Fleurs mâles	09
VII.3. Fleurs femelles	09
VIII. Etalement de la floraison (Dichogamie)	10
IX. Pollinisation –fécondation	11
IX.1. Germination du pollen	11
IX.2. Stade optimum de réceptivité des stigmates	11
IX.3. Fructification	12
IX.3.1. Mise à fruit	12
IX.3.2. Principaux types de fructification du noyer commun	12
X. Importance de la culture du noyer	13
X.1. Les fruits	13
X.2. Les feuilles	13
X.3. Le bois	13
X.4. Les brous	13
X.5. Les coquilles	13

XI. Génétique du noyer	
XII. Influence de la température sur la phénologie et théorie des degrés-Jours	13

Matériel et méthodes

I. Matériel

I.1. Donnés sur le matériel végétal	15
I.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude	16

II. METHODES

II.1. Caractérisation phénologique des arbres	17
II.1.1. Stades phénologiques	17
II.1.2. Détermination des stades phénologiques	19
II.2. Influence de la température sur la manifestation des différents stades phénologiques	19
II.3. Besoin en chaleur de la floraison au niveau de la zone d'étude	20
II.4. Durée de synchronisation de la floraison et dichogamie	21
II.4.1. Durée de synchronisation	21
II.4.2. Dichogamie	21
II.5. La pollinisation artificielle	21
II.5.1. Technique de la pollinisation artificielle	21
II.5.2. Calcul du taux de nouaison	23
II.6. Méthode d'analyse statistique	23

Résultats et discussions

I. Date du début et de fin des stades phénologiques en corrélation avec les DJC cumulés

I.1. Débourrement	25
I.2. Feuillaison	28
I.3. Floraison mâle	30
I.4. Floraison femelle	34
II. Besoin en chaleur (DJC) de la floraison au niveau de la zone d'étude	37
II.1. Floraison mâle	37
II.2. Floraison femelle	38
III. Synchronisation des floraisons mâle et femelle et dichogamie	39
III.1. Synchronisation	39
III.2. Dichogamie	42

VI. Taux de nouaison	44
Conclusion	46
Références bibliographiques	48
Annexes	

Le noyer commun *Juglans regia* L. est un arbre fruitier et forestier de grande importance que l'on rencontre en Algérie à l'état d'arbres isolés, sous forme d'alignement en bordure des routes et des champs ou cultivé en verger. L'intérêt du noyer n'est pas seulement lié à la valeur énergétique et diététique de la noix (protéines, lipides, glucides, Vitamines, minéraux etc...), mais aussi à la large utilisation de ses composants (bois, brou, coque etc...) (**Ounis et Zitouni, 1996**).

C'est une espèce très importante pour le développement et la mise en valeur des zones montagneuses. Elle a connu depuis des siècles une culture importante au sein de plantations privées notamment au nord de l'Algérie (**Ounis et al. 2003**). La présence d'un peuplement important de cette essence, ainsi que sa grande capacité d'adaptation, montrent une potentialité pédoclimatique optimale de la plupart des régions nord de l'Algérie qui répondent largement aux besoins de cette culture.

Malgré cette potentialité d'adaptation, la culture du noyer est absente des statistiques agricoles algériennes, elle est conduite de manière traditionnelle par l'existence de verger à faible production, issu de plants non sélectionnés et non greffés de performances agrobotaniques limitées, entrant en fructification tardivement (sept ou neuf ans après plantation) (**Ounis et al. 2003**). Ce retard de la mise à fruit est due au fait que les fleurs femelles précèdent de un à deux ans celles du mâle qui n'apparaissent que sept à neuf ans après la plantation. Un autre problème entravant la culture du noyer réside dans le fait que les fleurs mâles et les fleurs femelles d'un même arbre sont très souvent décalées dans le temps (dichogamie), les fleurs femelles ne seront réceptives qu'après la chute de la plupart des chatons (**Germain et al. 1981**). Le décalage des deux floraisons est en partie responsable des faibles rendements.

Le retard de mise à fruit ainsi que la faible productivité chez le noyer commun constituent le problème principal auprès des nuciculteurs qui ont procédé, par méconnaissance, à l'arrachage de cette espèce et à l'introduction d'autres espèces plus productives (pommier, poirier etc...). Cette substitution n'est guère à l'avantage des agriculteurs et se réalise au détriment de la biodiversité. En effet, du fait du mode de reproduction sexuée du noyer, il s'est créé une large population où tout arbre représente un biotype particulier (écotype). A l'intérieur de cette population, il existe donc une large diversité génétique pouvant servir ultérieurement dans des programmes d'amélioration génétique du noyer. Elle constitue également une voie de conservation *in-situ* de ce patrimoine génétique important, un réservoir de gènes d'adaptation exceptionnel.

Dans ce contexte, un programme de sélection et de préservation des ressources génétiques locales, entre autre le noyer, est mené par l'Institut National de la Recherche Forestière (INRF) depuis 2011 en collaboration avec la direction générale des forêts (**DGF**), dans le cadre de la détermination, de la délimitation et de la gestion des peuplements portes-graines.

Ce présent travail rentre dans le cadre de ce programme de recherche. Les objectifs visés sont :

- De répondre aux préoccupations des nuciculteurs en remédiant au retard de la mise à fruit et à la faible productivité du noyer commun en introduisant la pollinisation artificielle;
- D'améliorer leurs conditions de vie de manière durable en augmentant les revenus de leur ménage et de leur communauté ;
- D'améliorer la gestion des ressources naturelles pour préserver la biodiversité locale.

I. Généralités sur le genre *Juglans*

Le noyer commun (*Juglans regia*.L) ou noyer royal est un arbre fruitier et forestier qui peut atteindre jusqu'à 30m de hauteur et qui vit aisément au-delà de 100 ans (**Gallais et Bannerot, 1992**). Il appartient à la famille des Juglandaceae. Cette famille à elle seule forme un ordre, celui des Juglandales qui regroupe une soixantaine d'espèces réparties en 4 genres principaux dont le genre *Juglans* (**Rehder, 1947**).

Ce genre est originaire du Moyen Orient, il est caractérisé par des rameaux à moelle lamellées et des fruits à coque lignifiée plus ou moins sillonnée et rugueuse, enfermés dans une enveloppe charnue (le brou) déhiscent ou non (**Manning, 1978**).

Toutes les espèces du genre *Juglans* sont diploïdes $2n=2x=32$ chromosomes. L'étude du polymorphisme enzymatique permet de distinguer ces différentes espèces en nombre de 20 (**Arulsekhar et al.,1985 ; Wenheng, 1987**).

II. Systématique du noyer commun

Selon **Crète (1956)** cité par **Chadda (2008)**, le noyer blanc ou noyer commun appartient à :

- Embranchement** : Phanérogames
- S/embranchement** : Angiospermes
- Classe** : Dicotylédones
- S/classe** : Apitales
- Ordre** : Amentales
- Famille** : Juglandaceas
- Genre** : *Juglans*
- Espèce** : *Juglans regia* (Linné)

III. Caractéristiques botaniques de l'espèce

III.1. Les racines

Le système racinaire est pivotant, avec un chevelu abondant, ramifié et mycorhizé (**Bretaudeau, 1981**). Les racines sont traçantes et ont toujours tendance à remonter à la surface vers la couche fertile et aérée du sol (**Garavel, 1971**).

III.2. Les feuilles

Elles sont glabres et composées de folioles dont le bord n'est pas denté. La foliole terminale est la plus grande et la paire de folioles basale la moins développée (**Garavel, 1959**). Les feuilles matures sont composées de 7 à 9 folioles (Fig.1).



Figure 1 : Feuille d'un jeune noyer à 09
Folioles.

III.3. Le fruit

La forme des fruits est très variable. La noix peut être très allongée, arrondie ou présente toutes les formes intermédiaires (**Gallais et Bannerot, 1992**). Il se compose d'une enveloppe " le brou" entourant un volumineux noyau, la noix (Fig. 2a). Cette noix, à coque scléreuse, renferme une amande huileuse, 'le cerneau' (Fig. 2b) (**Germain et al.,1981**).

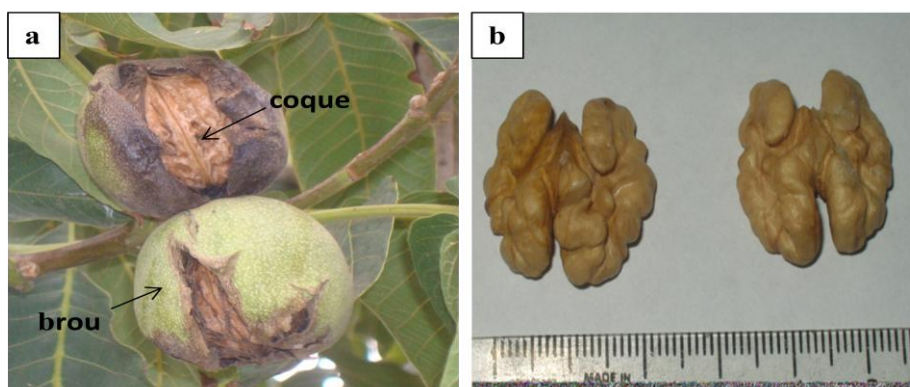


Figure 2 : Fruit du noyer commun (*Juglans regia*.L).

a : Fruit mature;

b : Coupe longitudinale d'un cerneau de la noix.

IV. Origine et aire de répartition

IV.1. Dans le monde

L'aire d'origine de cette espèce s'étend des moyennes montagnes d'Asie centrale (du Caucase au Turkestan), de l'Asie mineurs, des Balkans et de l'Himalaya jusqu'à l'Est de la Chine (**Germain, 1992**). L'espèce existe encore à l'état sauvage sous forme de peuplements à l'Est de la Turquie, du Caucase et du Tadjikistan, au nord de l'Irak, de l'Iran, de l'Afganistan, du Pakistan, de l'Inde, au Népal ay Tibet, ainsi que sur les pentes Sud-Est de l'Himalaya et en Chine (**Granahan et al.,1990**).

Dés l'Antiquité grecque, le noyer commun a été cultivé et introduit en Europe puis, pendant le période romain, en Afrique du nord. Il a été introduit en Chili et

cultivé en Californie au XX^{ème} siècle (Germain, 1992). Il est également cultivé en Australie, en Nouvelle Zélande et en Afrique du Sud (Garavel, 1959).

IV.2. En Algérie

Le noyer commun est l'espèce la plus fréquente en Algérie, introduite il ya Plus d'une centaine d'année où il se trouve actuellement en petites cultures dans le massif des Aurès, les régions de Sétif, kenchela, Batna, Annaba, Tlemcen, Ain-Sefra, Skikda, la Grande Kabily (Fig.3), soit sous forme d'arbre isolé soit sous forme d'alignement en bordure des routes et des champs soit cultivé en verger avec des densités variables (Source INRF, 2011).

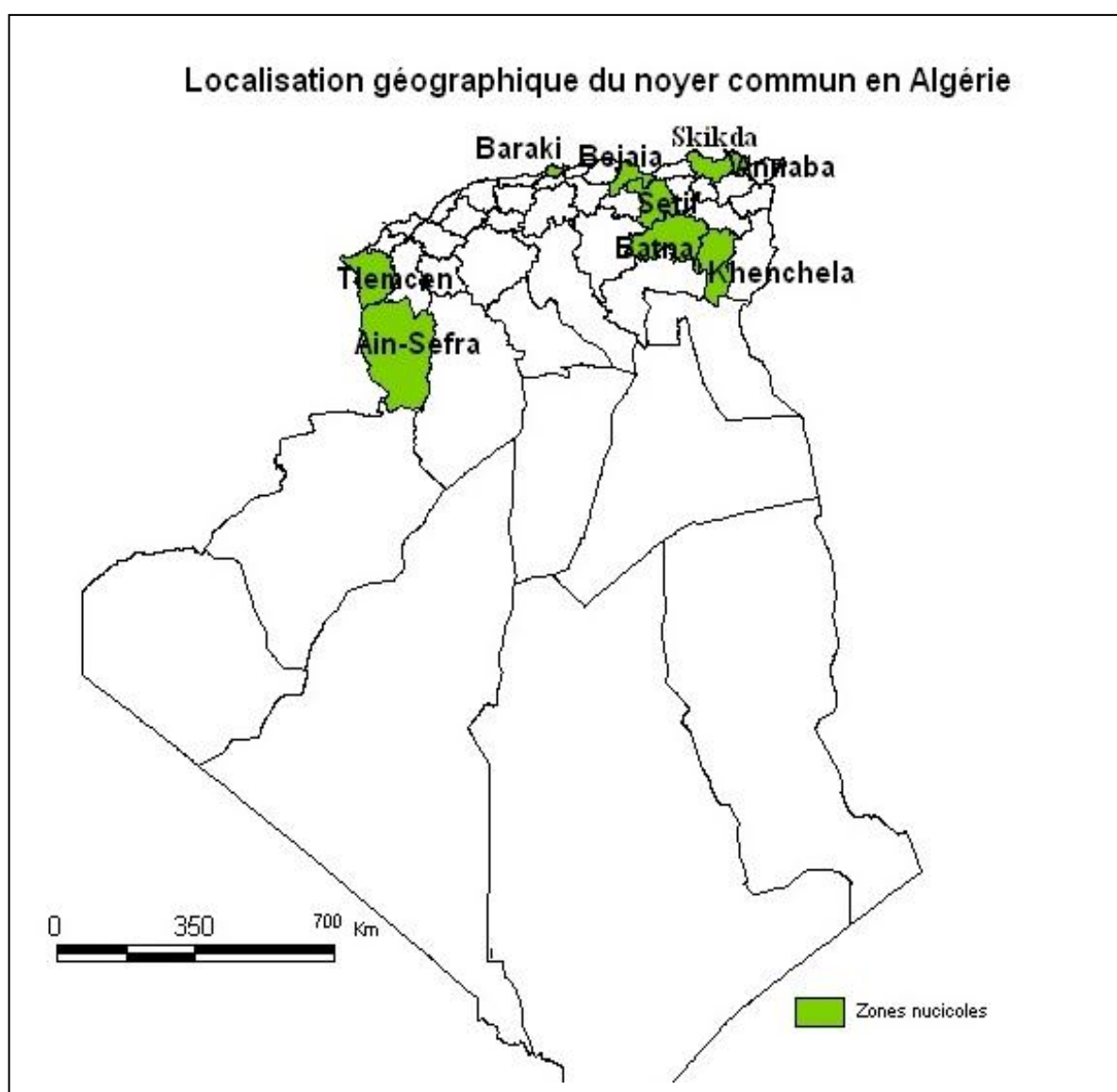


Figure 3 : Carte de localisation des peuplements de noyer commun (*Juglans regia. L*) en Algérie (INRF 2012).

V. Conditions de la culture du noyer

V.1. Exigences climatiques

Le noyer se trouve dans les conditions climatiques très variables, mais il a besoin d'une certaine quantité de froid en période de repos. Les besoins en eau sont assez importants, 700 à 800 mm / an au minimum, avec des quantités suffisantes en Juillet et Août. La culture du noyer à fruit ne doit pas dépasser une altitude de 300 à 400 m pour assurer une production importante et régulière, mais il peut se développer à une altitude allant jusqu'à 1500 m (dans le nord de la wilaya de Sétif), mais, avec un rendement faible à moyen. Les grands vents sont néfastes à une bonne fécondation. Ainsi les situations très ventées ne sont pas conseillées, à moins qu'on lui assure une bonne protection par l'installation d'un réseau de brises vent (**Ounis et Zitouni, 1996**).

V.2. Exigences édaphiques

Le noyer pousse dans tout les sols, bien que redoutant l'argile, à moins qu'il existe en profondeur des réserves en eau abondantes, accessibles par les racines (**Ounis et Zitouni, 1996**). Il craint les sols compacts et mal drainés, il est plus résistant à la chlorose ferrique et peut être utilisé sans risque dans des sols à pH supérieur à la neutralité, pouvant aller jusqu'à 7,5 (**Germain et al., 1981**).

VI. Etat actuel du noyer

VI.1. Dans le monde

Les deux grand pays producteurs de noix du monde entier sont la Chine et les Etats-Unis, à la fois avec les cultures qui dépassent 200 000 tonnes par an (**Ignacio, 2008**).

La production mondiale de noix entières était d'environ 1,5 x 10⁶ tonnes en 2008 (FAO, 2008). La chine est le premier producteur mondial, suivie par les Etats-Unis, l'Iran, La Turquie, l'Ukraine, la Roumanie, la France et l'Inde, mais la production dans d'autres pays tels que le chili et l'Argentine a augmenté rapidement ces dernières années (**Martinez et al., 2010**).

La production chinoise a connu une croissance phénoménale dans la dernière décennie, atteignant la première place des pays producteurs. La récolte est destinée pour l'essentiel en partie pour la consommation intérieure. Le deuxième plus grand producteur dans le monde entier est les Etats-Unis, avec une récolte très proche de celle de la Chine. La production nord-américaine est concentrée principalement dans la région de la Californie et basée sur la culture irriguée de variétés très productives, adaptés à un temps plus chaud. Plus de la moitié de la récolte américaine va à l'exportation. La Turquie et l'Inde sont aussi d'importants producteurs. Les cultures d'arbres sont presque totalement dédiées pour répondre à la demande intérieure (**Ignacio et palomares, 2008**).

Le noyer commun est largement réparti dans les pays de l'Union Européenne, bordant la Méditerranée. En Grèce, il existe 2 215 000 noyers répartis dans tout le pays (**Rouskas, 1996**). En France, cette espèce qui représente 1950 000 arbres est cultivée principalement dans le Périgord et le Dauphiné (**Germain, 1986**). L'Italie possède 1 800 000 arbres concentrés en majorité en Campanie (**Minotta, 1989**). En Espagne, il est dénombré environ 700 000 noyers (**Aletà et Ninot, 1992**). Au Portugal, les 400 000 arbres recensés sont surtout présents dans le centre du pays et au nord dans la région de Tras-os-montès (**Gomes Pereira, 1990**).

Tableau 1 : Production mondiale de noix

Pays	Production totale (tonnes)	Production commercialisée (tonnes)
Chine	250.000	60.000
Etats-Unis	210.000	200.000 (46 %)
Union européenne	100.000	70.000
* France	25.000	24.000
* Grèce	20.000	
* Italie	14.000	
* Espagne	9.000	
* Autres	32.000	
Europe de l'Est	170.000	40.000
* Ukraine	64.000	
* Roumanie	27.000	
* Bulgarie	18.000	
* Serbie	18.000	
* Russie	15.000	
* Autres	28.000	
Turquie	66.000	10.000
Iran	50.000	5.000
Inde	25.000	15.000
Pakistan	18.000	3.000
Mexique	21.000	6.000
Chili	10.000	9.000
Argentine	8.000	5.000
Autres	52.000	12.000
TOTAL	980.000	435.000

Source INRA Bordeaux CTIFL (2006)

VI.2. En Algérie

Selon **Ounis et al. (2003)**, la nuciculture est absente des statistiques agricoles de l'Algérie, elle est conduite d'une manière traditionnelle, par l'existence de vergers monovariétaux à faible production, issus de semis de plants non sélectionnés et non greffés, de performances agro-botaniques limitées, entrant en fructification tardivement (septième ou neuvième année après la plantation). Ceci a engendré un délaissement progressif de cette culture au profit de certaines espèces fruitières plus rémunérantes. Un nombre important d'arbres du noyer local disparaît chaque année soit pour l'extraction du « souak » (écorce de racine), soit remplacé par d'autres espèces fruitières plus exigeantes en eau et nécessitant beaucoup d'entretien mais supposé à tort ou à raison plus rentables.

Actuellement les zones de production se localisent surtout dans les régions de Tlemcen, Ain-Sefra, Sétif, Skikda, Khenchela et Baraki. Les régions de Annaba, Batna connaissent ces dernières années une nette régression dans les cultures malgré la très bonne qualité des fruits. (**INRF, 2011**).

VII. Biologie de la reproduction

VII.1. Organes floraux

Toutes les espèces du genre *Juglans* sont monoïques et leurs fleurs unisexuées (**Latorse, 1990**). Chez le noyer commun (*Juglans-regia* L.), chaque arbre porte à la fois des inflorescences mâles et des inflorescences femelles (Fig.4).

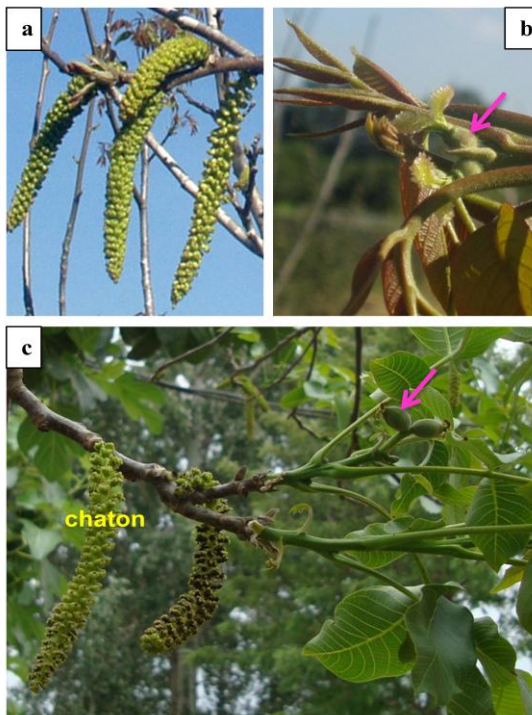


Figure 4 : Les organes floraux du noyer commun (*Juglans regia*).

- a** : Chatons (Fleurs mâles) ;
- b** : Fleurs femelles ;
- c** : Localisation des fleurs males et femelles sur l'arbre

VII.1.1. Fleurs mâles

Elles sont groupées en inflorescences appelées chatons localisés sur la partie basale des pousses de l'année précédente (Fig.4c).

La morphologie des inflorescences mâles a fait l'objet de nombreuses descriptions à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle (**Eichler, 1875 ; Sargent, 1895 ; Britton, 1907; Small, 1913 et Holm, 1921**). Lorsqu'ils ont atteint leur plein développement, les chatons ont en moyenne une longueur de 10 à 11cm (**Germain et al., 1981**). Chaque chaton est constitué de 100 à 160 fleurs (**Ramina et Impiuni, 1967 ; Constanta, 1967**) insérées radialement le long de l'axe de l'inflorescence (**Constanta, 1967**) (Fig.5).

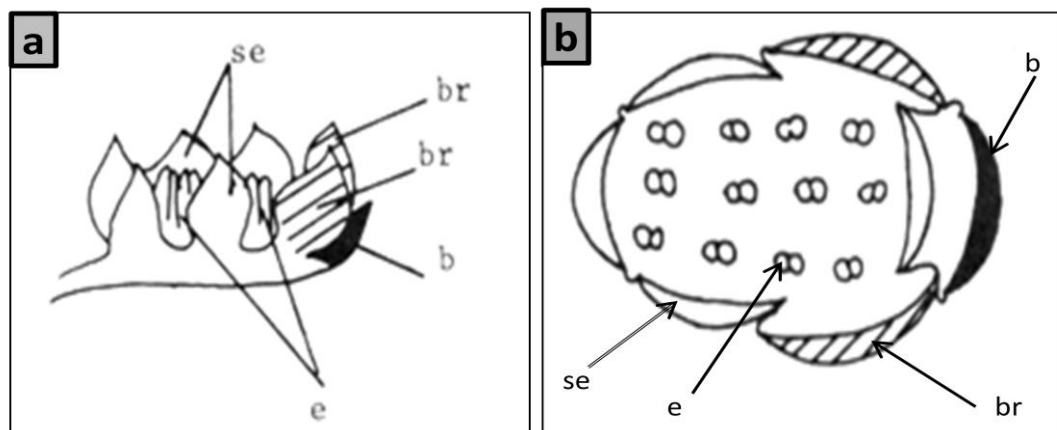


Figure 5 : Fleur mâle du noyer commun (*Juglans regia* L.) (Machida, 1974)

- a** : Organisation d'une fleur mâle (se : sépales, br : bractéoles, b : bractée, e : étamines).
b : Diagramme floral.

VII.1.2. Fleurs femelles

Dés 1962, **Candolle** (cité par **Latorse, 1990**) donne une description de la fleur femelle du noyer, qui reste en accord avec les observations réalisées ultérieurement (**Van Tieghem, 1869 ; Lubbock, 1891 ; Karsten, 1902 ; Nicoloff, 1904-1905; Benson et Welford, 1909; Holm, 1921; Langdon, 1934 et 1939; Nast, 1935; Schanderl, 1964**).

Les fleurs femelles sont insérées à l'aisselle des cicatrices foliaires des rameaux âgés d'un an. Au niveau d'un même nœud elles ne sont que très rarement associées. Elles sont sessiles, parfois isolées, mais le plus souvent groupées par deux et plus rarement par trois (Fig.4b). Au printemps elles apparaissent au milieu d'un bouquet de 4 à 6 jeunes feuilles pennées issues d'un bourgeon situé en position terminale ou subterminale sur un rameau de l'année précédente (**Germain et al., 1973**) (Fig. 4c). Chaque fleur est apétale, sa partie externe est composée d'un involucre poilu qui morphologiquement représente l'union d'une bractée avec deux bractéoles ou préfeuilles. L'ovaire unicellulaire est bicarpellé (**Jacobini, 1959 ; Calo, 1966**) duveteux qui renferme un ovule orthotrope

(Germain *et al.*, 1981) et surmonté de deux stigmates bifurqués très anfractueux (Jacobini, 1959 ; Calo, 1966) (Fig. 6). Dans ces nombreux replis, l'hygrométrie est très élevée et même saturée. Le pollen peut ainsi germer bien que les stigmates ne secrètent aucune substance aqueuse (Germain *et al.*, 1881).

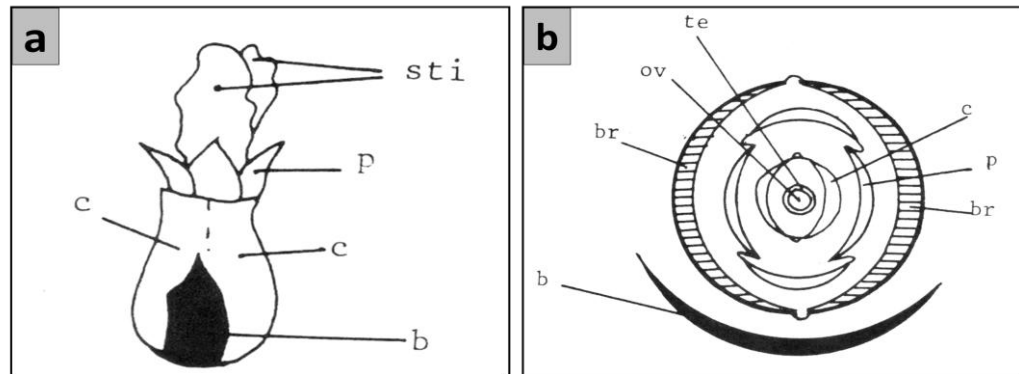


Figure 6 : Fleur femelle du noyer commun (*Juglans regia* L.) (Machida, 1974).

a : Organisation d'une fleur femelle (b : bractée ; br : bractéoles ;
p : périanthe, c : carpelle, te : tégument, ov : ovule ; sti : stigmate).
b : Diagramme floral.

VIII. Etalement de la floraison (Dichogamie)

Chez *Juglans regia*, les floraisons mâles et femelles d'un même arbre sont très souvent décalées dans le temps. Ce phénomène est appelé **dichogamie**. La floraison mâle peut être plus précoce que la floraison femelle, la variété est alors dite **protandre** ; dans le cas contraire, la variété est dite **protogyne**. Si les deux floraisons coïncident, on parle d'**homogamie**.

La majorité des variétés de noyer sont protandres, quant aux variétés homogames elles sont en général plus rares que les variétés protogynes. La durée de floraison femelle d'un même arbre dépend de la variété. En moyenne elle est de 15 à 20 jours, la pleine floraison s'étalant sur une période de 8 à 10 jours. L'émission du pollen des chatons d'un même arbre s'étale sur 8 à 14 jours mais la durée de la pleine floraison est plus réduite, de l'ordre de 5 à 6 jours, et d'autant plus brève que la température est plus élevée. Lorsque les arbres sont adultes, on observe presque toujours quelques chatons très tardifs. En général, leurs floraisons mâle et femelle sont plus étalées que celles des arbres jeunes.

La dichogamie, en dehors de la notion variétale, varie en fonction :

- Des conditions climatiques : Un printemps chaud hâte l'évolution des chatons. Son action est moins importante sur les fleurs femelles. La dichogamie est alors très marquée.
- Des températures basses au départ de la végétation retardent au contraire la floraison mâle sans avoir une grande influence sur la floraison femelle. Le décalage dans le temps est donc dans ce cas atténué.

- De l'âge de l'arbre : la protandrie est plus prononcée chez les arbres jeunes (Germain *et al.*, 1981).

IX. Pollinisation –fécondation

IX.1. Germination du pollen

Le pollen une fois libéré des anthères a une durée de vie très courte, de l'ordre de 2 à 3 jours. Les stigmates ne secrètent pas de substances sucrées (nectar), et de ce fait elles ne sont pas visitées par les insectes. Celles-ci ne sont d'ailleurs pas nécessaires à la germination des grains de pollen car eux-mêmes contiennent des substances hydrocarbonées. Les cellules épidermiques de ces stigmates produisent par contre des substances huileuses qui permettent aux tubes polliniques de progresser jusqu'au moment où ils trouvent un interstice pour pénétrer. Ces tubes polliniques poursuivent ensuite leur croissance dans les espaces intercellulaires du style jusqu'au micropyle. La fécondation intervient 2 à 5 jours après la pollinisation (Germain *et al.*, 1981).

IX.2. Stade optimum de réceptivité des stigmates

La pollinisation est possible dès le début de divergence des stigmates. Le stade de réceptivité optimum de fleurs femelles se situe au moment où les stigmates bien développés, ne sont pas encore complètement divergents. Ils ont alors une couleur verte jaune et leur extrémité sont orangées (stade Ff1, Fig.7a). La durée de réceptivité des stigmates est de 4 à 6 jours (Germain *et al.*, 1981).

Le taux de nouaison commence à diminuer dès que les stigmates de couleur vert jaune pâle sont complètement récurvés (stade Ff2, Fig.7b) à ce stade leur épiderme ne secrète plus en effet de substances stigmatiques huileuses. Les possibilités de pollinisation baissent ensuite très rapidement dès que le stigmate se strie de brun (stade Ff3, Fig.7c). Elles deviennent pratiquement nulles lorsqu'il commence à se dessécher.

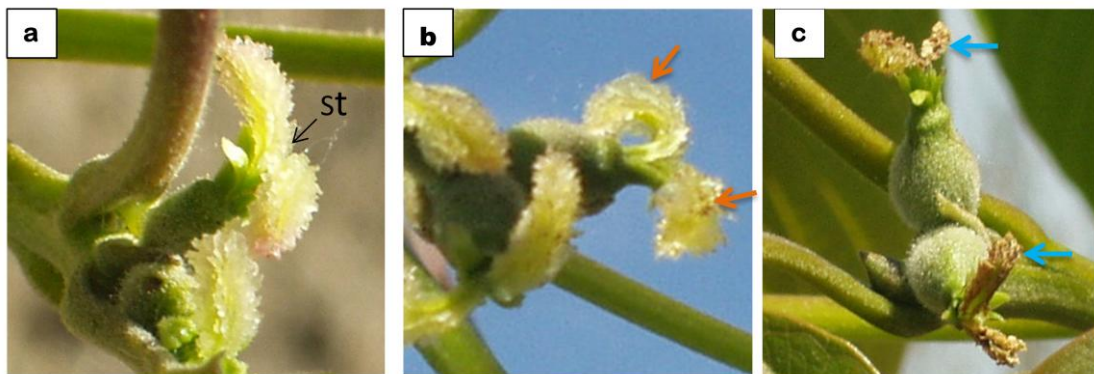


Figure 7 : Evolution des fleurs femelles du noyer commun.

- a : Stigmate (St) en pleine réceptivité (extrémités orangées, stade Ff1) ;
- b : Stigmate en fin de réceptivité (stigmates complètement récurvés, stade Ff2) ;
- c : Stigmates striés de brun (stade Ff3).

IX.3. Fructification

IX.3.1. Mise à fruit

Celle-ci est assez lente chez l'espèce *Juglans regia*. Elle est favorisée par une faible croissance. L'apparition des fleurs femelles, à quelques exceptions près, précède de un ou deux ans celle des chatons. Néanmoins, il existe des différences importantes de comportement variétal (tableau 2).

Tableau 2 : Rapidité de mise à fruit de diverses variétés de noyer

Variétés	Origine	Fleurs femelles	Chatons
Franquette	France	5-6 ans	6-7 ans
Mayette	-	6-7 ans	7-8 ans
Parisienne	-	5-6 ans	8 ans
Marbot	-	6-7 ans	6-7 ans
Corne	-	7 ans	7-8 ans
Grandjean	-	7-8 ans	8-9 ans
Hartley	USA	5 ans	5- 6 ans
Pedro	-	4 ans	4-5 ans
Midland	-	3-4 ans	3-4 ans
Tehama	-	4-5 ans	4-5 ans
Gustine	-	4 ans	4 ans

(Germain *et al.*, 1981).

IX.3.2. Principaux types de fructification du noyer commun

Selon Charlot et Germain (1988), il existe trois types de fructification chez le noyer commun.

- **Type1** : Fructification terminale en bout de rameau et faible ramification. Les bourgeons à fruit sont localisés à l'extrémité des rameaux d'un an.
- **Type2** : Fructification en bout de rameau et forte ramification. Les bourgeons à fruit sont localisés principalement en extrémité de pousses longues insérées sur des rameaux de 2 ans ou plus (fructification par bouquet).
- **Type3** : Fructification sur brindilles latérales. Les bourgeons à fruit sont insérés tout au long des rameaux d'un an.

X. Importance de la culture du noyer

Les différents constituants du noyer (fruits, feuilles, bois, brous, coquilles, écorces) sont d'une valeur inestimable vus leurs grandes propriétés économiques et diététiques (**Ounis et al. 2003**).

X.1. Les fruits : Les noix sont utilisées pour la table, la confiserie, la pâtisserie et l'extraction de l'huile de noix, riche en acide gras. L'amande de la noix constitue un aliment riche en eau, en matières azotées, en matières grasses, en amidon, en sucre etc...), la composition moyenne de l'amande est de 625 calories pour 100 gr. Les noix offrent des effets protecteurs contre la maladie du cœur (**Fong et Burnett, 1995** cité par **Ounis et al. 2003**).

X.2. Les feuilles : Elles sont utilisées en pharmacie du fait de leur forte teneur en juglantine, substance amère et aromatique. Elles ont des propriétés toniques et aromatiques. On leur attribuait autrefois des vertus contre l'ictère, la tuberculose, le diabète, le scrofule, le lymphatisme. On les utilise également pour les pansements des ulcères, et entrent dans diverses préparations.

X.3. Le bois : Il est très recherché dans l'armurerie, l'ébénisterie, il est bien connu pour sa grande résistance sa dureté et par sa couleur caractéristique. La partie extérieure de l'écorce, surtout de la racine, est utilisée par les femmes arabes pour se frotter les gencives (souak).

X.4. Les brous : Les brous entrent dans la préparation d'une teinture employée en ébénisterie pour donner une couleur brune au bois blanc.

X.5. Les coquilles : Elles sont recherchées pour la préparation des colles de synthèse.

XI. Génétique du noyer

La dichogamie observée chez le noyer favorise l'allogamie. La structure génétique de l'espèce *Juglans regia* L. est donc hétérozygote.

Les recherches entreprises sur la génétique de cette espèce, concentrées à l'université de Davis en Californie et à la Station de Recherches fruitières de l'INRA à Bordeaux ont permis de mettre en évidence des caractères de type quantitatif (**Germain, 1992**). A l'université de Davis, l'héritabilité de 18 de ces caractères a été calculée à partir de 2400 hybrides issus de croisements faisant intervenir 38 géniteurs différents. Ces coefficients, pour les 12 caractères les plus importants sur le plan agronomique, sont rassemblés dans le tableau 3.

Tableau 3: Héritabilité des caractères de l'arbre et du fruit chez le noyer *Juglans regia* L.

Héritabilité	Caractère
Très élevé, $h^2 > 0,90$	* Epoque de débourrement * Date de réceptivité de stigmates * Epoque de maturité
Elevé, $0,80 < h^2 < 0,90$	* Epaisseur de la coque * Longueur de la noix * Importance du bourrelet de suture de la coque * Poids de la noix et du cerneau
Moyenne, $0,40 < h^2 < 0,50$	* Fructification sur brindilles latérales * Couleur du cerneau * Suture des valves de la coque
Très faible à nulle	* Productivité * Pourcentage de cerneau de bonne qualité

(Hansche et al. 1972).

 h^2 : Héritabilité au sens strict.

XII. Influence de la température sur la phénologie et théorie des degrés-jours

Le terme "phénologie" décrit l'apparition de stades importants dans le développement d'une espèce végétale. Chaque stade représente une phase de développement spécifique marquant les épisodes phénologiques, d'une culture, tels que la germination, la croissance, l'apparition des feuilles, la floraison, la fructification, la maturité etc... (Lepage et Bourgeois, 2012).

La phénologie d'une plante est prédéterminée par son propre bagage génétique et modulée par les conditions de l'environnement. La vitesse de l'apparition des différents stades de développement est influencée par les conditions météorologiques ambiantes, la photopériode et la conduite de la culture (Lepage et Bourgeois, 2012).

Même si de nombreux éléments météorologiques influent sur le bien être d'une plante, la température est le facteur particulier qui contribue le plus à la croissance. Pour cette raison et parce que les renseignements sur les températures de l'air sont facile à obtenir, bon nombre de tentatives ont été faites pour établir une relation entre la croissance des plantes et la température (Edey, 1980).

En effet, les cumuls thermiques comme les **degrés-jours** sont des indices agrométéorologiques utilisés par le secteur agricole pour évaluer le développement des végétaux et des insectes durant la saison de croissance (Lepage et al. 2012). Ils sont fondés sur des caractéristiques spécifiques du développement des espèces, en se référant à une température de base (ou seuil inférieur) au dessus de laquelle le développement s'effectue en réponse à la température de l'air. Les cumuls thermiques sont utilisés afin de prédire l'arrivée de stades phénologiques précis durant la saison de croissance (Lepage et Bourgeois, 2012).

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau d'un verger de noyer sis à la station INRF (Institut National de la Recherche Forestière) (Fig. 8) située dans la commune de Baraki, à l'est de la wilaya d'Alger. Le stage a duré 06 mois (du mois de Janvier au mois de Juin).

I. Matériel

I.1. Données sur le matériel végétal

Il s'agit d'un verger de noyer, constitué de 48 arbres âgés de 9 ans, comportant 7 lignes espacés de 3m entre les arbres et 4m entre les lignes, ce qui correspond d'environ à une densité de 100 arbres/ha (Fig. 8).

Les arbres sont des pieds francs plantés dans le domaine expérimental (INRF de Baraki). Ils sont issus de graines de noyer commun (*Juglans regia* L.) récoltées dans la région de Sétif, dans le cadre de l'amélioration et de la préservation du patrimoine génétique local. Cette espèce est répandue par sa qualité d'adaptation dans la plupart de nos zones nucicoles et la qualité de ses fruits. Les semis au hasard de cette espèce ont créé une large diversité génétique, pouvant être ultérieurement utilisée comme géniteurs dans des programmes de création variétale. Un marquage des pieds destinés aux observations et mesures était nécessaire.



Figure 8 : La parcelle expérimentale (INRF, Station de Baraki).


L'étude a porté sur un échantillon de 14 arbres pris aléatoirement au niveau du verger de noyer. Parmi les 14 arbres échantillonnés, 13 arbres sont pollinisés naturellement et un arbre a subi une pollinisation artificielle (Fig. 9).

				-		
		-	+	-		
+		+	+	-		
		-	+	-		
-	-	-	-	-		
-	+	+	+	-	-	
-	+	+	-	-	-	
-	-	+	+	+	-	-
-	-	+	-	-	-	-
-	-	+	-	-	-	-

Figure 9 : Répartition des arbres échantillonnés au niveau de la parcelle expérimentale

+ et - : Arbres constituant le verger

+ : Arbres échantillonnés

 Arbre subissant une pollinisation artificielle

I.2. Caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude

• Caractéristiques climatiques

Les relevés pluviométriques et les températures mensuelles moyennes de la zone d'étude sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : pluviométries et températures mensuelles moyennes de la zone d'étude (Baraki)

Mois	Pluviométries et Températures		
	Pluviométries moyennes (en mm)	Températures Minimales (°C)	Températures Maximales (°C)
Septembre	31	18,62	29,23
Octobre	8	17,06	28,11
Novembre	27	12,77	23,96
Décembre	193	9,11	17,89
Janvier	19	7,1	18,39
Février	71	9,94	19,1
Mars	147	8,1	18,59
Avril	61	12,75	20,71
Mai	5	14,19	26,16
Juin	14	18,32	27,75
Pluviométries moyennes cumulées	576		

Cette zone se caractérise par une étage bioclimatique humide avec une latitude de 36.41'09''N, une longitude de 03.06'62'' E et une altitude de 17 m.

- **Caractéristiques pédologiques**

L'étude pédologique est effectuée conjointement par le laboratoire de pédologie de L'INRF (Bainem) et le laboratoire de pédologie de L'INRAA (Mahdi Boualem). Les résultats de l'analyse du sol sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Composition physicochimique moyenne du sol de la zone d'étude

Horizons		A	E	Bt	C
	A	51,18	50,26	48,24	38,09
	LF	19,94	29,31	23,44	19,55
Granulométrie	LG	20,06	17,24	20,72	22,48
	SF	4,73	2,2	4,58	6,01
	SG	4,09	1	3,86	13,87
pH		8,15	7,78	8,18	8,28
Calcaire total (%)		10,14	7,15	10,14	18,23
Calcaire actif (%)		6,25	4,65	6,53	5,48
Conductivité électrique (dS/m)		0,29	0,5	0,5	0,51
Azote total (%)		0,25	1,03	0,11	0,17
Carbone total (%)		0,46	1,12	0,27	0
Matière organique (%)		0,73	1,94	0,46	0

Le sol de la parcelle expérimentale est composé de quatre horizons (H), ils sont de type argilo-calcaire avec un niveau de fertilisation appréciable, non salés, et à pH alcalin variant entre 7,78 et 8,5. La description révèle que le sol est peu évolué d'apport alluvial.

II. METHODES

Avant l'intervention par une pollinisation artificielle, il était nécessaire de déterminer le moment propice pour effectuer cette opération. Pour cela, nous avons tout d'abord procédé à la caractérisation phénologique des arbres échantillonnés par la notation des dates du **début** et de la **fin** des stades débourrement, feuillaison et floraison. Ensuite nous avons déterminé les besoins en chaleur de chaque stade phénologique en particulier le stade floraison en utilisant la théorie des degrés-jours. Cette dernière étape est effectuée en corrélant les dates de manifestation des différents stades phénologiques avec les degrés-jours de croissance cumulés.

II.1. Caractérisation phénologique des arbres

II.1.1. Stades phénologiques

Nous avons procédé à des notations phénologiques concernant les stades débourrement, feuillaison, floraisons et nouaison de l'ensemble des arbres échantillonnés (14 arbres).

- ✓ **Le débourrement** : Ce stade est estimé lorsque les écailles externes des bourgeons s'écartent en laissant apparaître les écailles les plus internes et l'extrémité des premières folioles (le stade C2, fig.10a) (Germain et al. 1973) ;
- ✓ **La feuillaison** : Ce stade a été déterminé selon la description décrite par Comps et al. (1987) comme étant le processus permettant l'apparition et le développement du feuillage (fig.10b) ;
- ✓ **La floraison mâle** : l'inflorescence mâle est notée lors de la déhiscence des chatons et libération du pollen, (stade Fm, Fig.10c) (Germain et al. 1981) ;
- ✓ **La floraison femelle** : Elle est marquée par le début de divergence des stigmates, stade de réceptivité optimum du pollen (stade Ff1, Fig.10d) (Germain et al. 1981) ;
- ✓ **La nouaison** : La nouaison est le premier cycle de développement du fruit et qui correspond au début de grossissement du fruit et du dessèchement des stigmates (stade Gf, fig.10e et 10f).

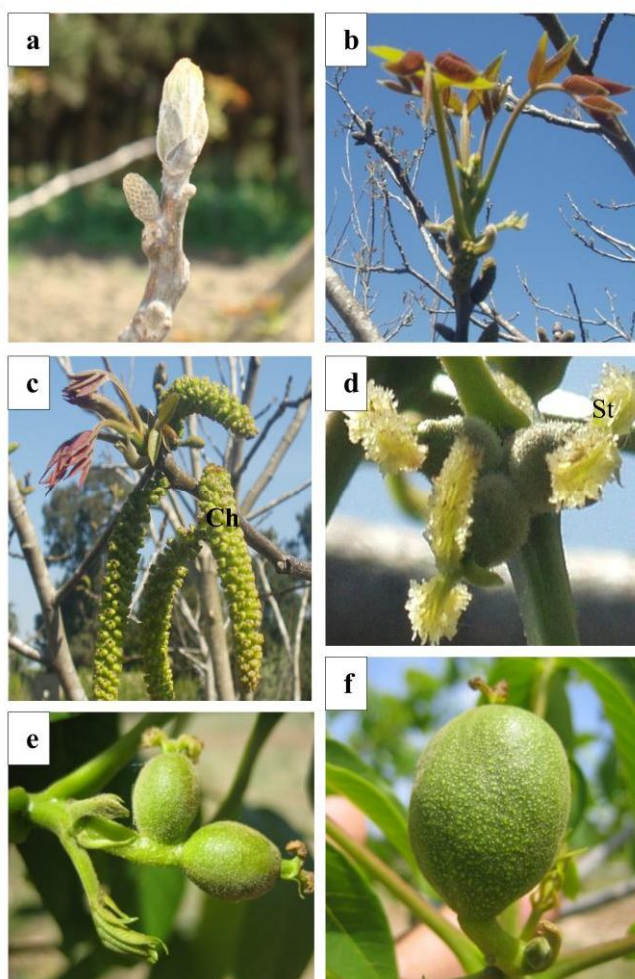


Figure 10 : Différents stades phénologiques du noyer commun (*Juglans regia*).

- a : Stade débourrement ;
- b : Stade feuillaison ;
- c : Floraison mâle (Ch. : chaton) ;
- d : Floraison femelle (stade Ff1, St. : Stigmate)
- e : Stade nouaison ;
- f : Détail du stade nouaison

II.1.2. Détermination des stades phénologiques

Des observations journalières sont effectuées au niveau de la parcelle expérimentale pour déterminer les paramètres qui correspondent à la notation des dates du **début** et de la **fin** des stades phénologiques (débourrement, feuillaison et floraison). La méthode décrite par **Differt (2001)** dans le réseau RENECOFOR. « Réseau National de suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers » est adoptée pour la notation des différentes observations mais dans notre cas nous avons considéré que chaque arbre représente une population :

- ✓ **La date du début** de manifestation des différents stades phénologiques est notée lorsque environ 10% des bourgeons à l'échelle de l'arbre atteignent les caractéristiques souhaitées ;
- ✓ **La date de la fin** de manifestation des différents stades phénologiques correspond à la date à laquelle environ 90% des bourgeons à l'échelle de l'arbre présentent les caractéristiques espérées ;
- ✓ **La durée** de manifestation des différents stades phénologiques est la différence entre la date de la fin et la date du début de chaque stade phénologique.

II.2. Influence de la température sur la manifestation des différents stades phénologiques

Le noyer, comme tous les végétaux, a besoin d'énergie pour croître, et pour se développer, une partie de cette énergie se trouve sous forme de chaleur. La chaleur requise est exprimée en degrés de température ((**Edey, 1980**).

La théorie des degrés-jours ou des unités thermiques est utilisée pour établir le rapport entre la croissance, le développement, la maturation des végétaux et la température. Cette théorie suppose que chaque plante a son propre seuil de température au-dessous duquel elle ne croît pas.

Un **seuil** thermique de **12°C** est nécessaire pour lever la dormance des bourgeons chez le noyer (**Mauget et Germain, 1989**). Ce seuil est aussi appelé la température de base (T base), température en dessous de laquelle la végétation est nulle (Zéro végétation).

Les degrés jours de croissance sont obtenus en soustrayant la température seuil du noyer de la température moyenne du jour selon la formule suivante (**Edey, 1980**):

$$\text{Degrés- jours de croissance (DJC)} = [(T_{\text{max}} + T_{\text{min}}) / 2] - T_{\text{base}}$$

Tmax : La température maximale de la journée (°C)

Tmin : La température minimale de la journée (°C)

(Tmax+Tmin)/2 : La température moyenne de la journée (°C)

T base : La température seuil (12°C)

La quantité de chaleur accumulée est la somme des degrés-jours de croissance, elle est calculée en additionnant ou en accumulant les degrés-jours pendant la période de croissance selon la formule suivante (Edey, 1980):

$$\text{Degrés-jours de croissance cumulés (DJC cumulés)} = \sum [(T_{\text{max}}+T_{\text{min}})/2-T_{\text{base}}]$$

Tmax : La température maximale de la journée (°C)

Tmin : La température minimale de la journée (°C)

Tmax+Tmin/2 : La température moyenne de la journée (°C).

T base : La température seuil (12°C)

La corrélation des dates de manifestation des différents stades phénologiques avec les DJC cumulés, va nous renseigner sur les besoins en chaleur pour atteindre les stades débourrement, feuillaison et floraison.

II.3. Besoins en chaleur du stade floraison au niveau du verger

Selon Edey (1980), il est possible à l'aide de la théorie des degrés-jours de prévoir la maturation d'une culture, le développement des arbres fruitiers et la prolifération des insectes dans les cultures et les forêts etc ...

Ce paramètre pourrait constituer une étape importante dans l'intervention par une pollinisation artificielle. En se basant sur les relevées météorologiques (température maximale et minimale journalière) de la zone nucicole choisie, il serait possible de prévoir à distance la ou les dates propices pour le prélèvement et la conservation du pollen, ainsi que la ou les dates convenables pour l'intervention par une pollinisation artificielle.

Pour déterminer la quantité de chaleur (les DJC cumulés) permettant d'atteindre le stade floraison (mâle et ou femelle) au niveau du verger, nous avons :

- ✓ D'abord procédé à l'établissement d'une échelle de la floraison pour l'ensemble des arbres échantillonnés, en se basant sur les dates du début et de la fin de la floraison de chaque arbre ;

- ✓ Ensuite, de suivre sur l'échelle de floraison, les valeurs de DJC cumulés favorables à la floraison de la majorité des arbres échantillonnés.

II.4. Durée de synchronisation de la floraison et dichogamie

II.4.1. Durée de synchronisation

La méthode utilisée consiste à calculer pour l'ensemble des arbres échantillonnés, les durées dont la floraison mâle manifestée dans le verger et la floraison femelle de chaque arbre coïncident.

II.4.2. Dichogamie

Quand les fleurs mâle et femelle d'**un même arbre** sont décalées dans le temps on parle de dichogamie (**Germain et al. 1981**) :

- ✓ La dichogamie observée au début de la floraison consiste à compter le nombre de jours écoulés entre le début de la floraison mâle et le début de la floraison femelle ;
- ✓ la dichogamie observée à la fin de la floraison consiste à compter le nombre de jours écoulés entre la fin de floraison mâle et la fin de floraison femelle.

II.5. Pollinisation artificielle

Elle consiste à apporter du pollen conservé au moment où les fleurs femelles sont en pleine réceptivité en vue d'augmenter la productivité, elle a concerné un seul arbre des 14 arbres échantillonnés.

L'évaluation de la productivité de l'arbre issue d'une pollinisation artificielle est basée sur la détermination du taux de nouaison.

II.5.1. Technique de la pollinisation artificielle

Elle est inspirée de celle utilisée par **Germain et al. en 1977** pour la création par hybridation de nouvelles variétés de noyer. Cette opération consiste en l'isolement des fleurs femelles, La conservation du pollen, le contrôle de la viabilité du pollen et la pollinisation artificielle proprement dite.

II.5.1.1. Isolement des fleurs femelles

L'isolement est effectué dès l'apparition des fleurs femelles (stade Ef) avec des sachets ayant des dimensions de 40x20cm, constitués d'un manchon rigide en papier kraft fermé à une extrémité par une toile très fine empêchant toute combinaison pollinique par le vent et permettant une bonne aération. Nous avons

nous même fabriqué les sachets d'isolement selon un prototype envoyé par l'INRA de Bordeaux. Chaque sachet est indiqué par un numéro, pour faciliter l'opération de la pollinisation (Fig. 11a).

II.5.1.2. Conservation du pollen

Cette étape consiste en :

- La récolte du pollen en prélevant les chatons au début de l'émission du pollen (stade Fm). Le prélèvement est effectué sur des arbres ayant produit une quantité importante de fleurs mâle ;
- Le dépôt des chatons sur des feuilles en papier blanc au laboratoire pendant 12 heures ;
- La récupération du pollen via de légères secousses ;
- La dessiccation du pollen pendant 4 heures dans un dessiccateur à chlorure de calcium;
- La conservation du pollen dans des tubes à essai au congélateur à -18°C sous réserve d'un étiquetage indiquant la date de conservation (Figure 11.b).

II.5.1.3. Contrôle de la viabilité du pollen conservé

A fin d'optimiser le rendement en graines, un contrôle de viabilité du pollen est effectué en utilisant le test de coloration d'Alexander. Ce test est basé sur la coloration du pollen, grâce à la propriété de fixation de certains composés chimiques sur des constituants cellulaires spécifiques (**Bouguediri, 1985 ; Djerbi, 1993**), mises en évidence par observation au microscope photonique. Le pollen fertile se colore en rouge violacé et le pollen stérile en vert.

II.5.1.4. Pollinisation artificielle

Elle est réalisée au début de divergence des stigmates (moment de la réceptivité optimale) en apportant le pollen sur ces stigmates à l'aide d'un pinceau (Fig. 11c et 11d). Lors de cette opération, la surface foliaire doit être réduite à l'intérieur du manchon d'isolement. Cette opération doit être effectuée avec précaution pour éviter d'endommager les stigmates d'une part, et d'autre part pour éviter toute pollinisation accidentelle.

Lorsque les stigmates sont desséchés (stade Gf, fig. 10f), deux semaines après la pollinisation, les sachets d'isolement sont enlevés.

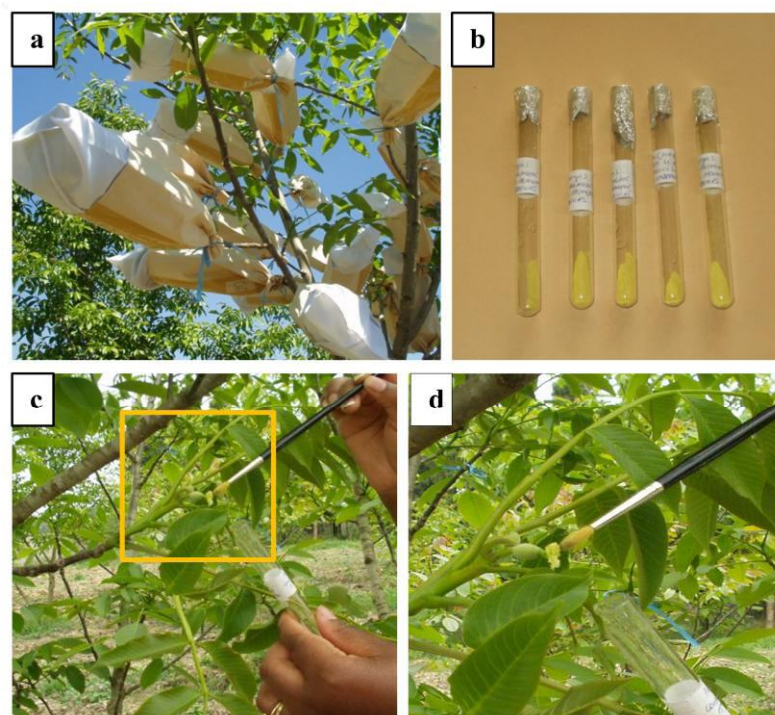


Figure 11 : Technique de la pollinisation artificielle.

- a : Emplacement des sachets d'isolement ;
- b : Tubes à essai contenant le pollen récolté ;
- c : Intervention par la pollinisation artificielle ;
- d : Fleur femelle pollinisée artificiellement.

II.3.2. Calcul du taux de nouaison

Le taux de nouaison est calculé pour chacun des arbres échantillonnés selon la formule suivante (Mahlou *et al.*, 2012) :

$$\text{Taux de nouaison (\%)} = \frac{\text{Nombre de fleurs nouées}}{\text{Nombre total de fleurs femelles}} \times 100$$

II.6. Analyse statistique

Pour analyser les dates du début et de la fin des différents stades phénologiques nous avons converti des dates en jours juliens (c'est-à-dire en nombre de jours depuis le 1 janvier) (Differt, 2001).

La méthode d'analyse statistique utilisée est celle qui consiste à classer les individus (arbres) en groupes homogènes selon la méthode dite "Clusters". Le logiciel

statistique utilisé est celui de "Statistica". Les différents paramètres analysés sont les suivants :

- ✓ Dates et durées de manifestation des stades phénologiques (débourrement, feuillaison et floraison) ;
- ✓ Durée de synchronisation de la floraison ;
- ✓ Durée de dichogamie ;
- ✓ Taux de nouaison.

I. Date du début et de fin des stades phénologiques en corrélation avec les DJC cumulés

I.1. Débourrement

I.1.1. Début du débourrement

Les résultats relatifs à la classification des arbres et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes du début de débourrement sont représentés dans les tableaux 6 et 7 (Annexe 1), illustrés par la figure suivante.

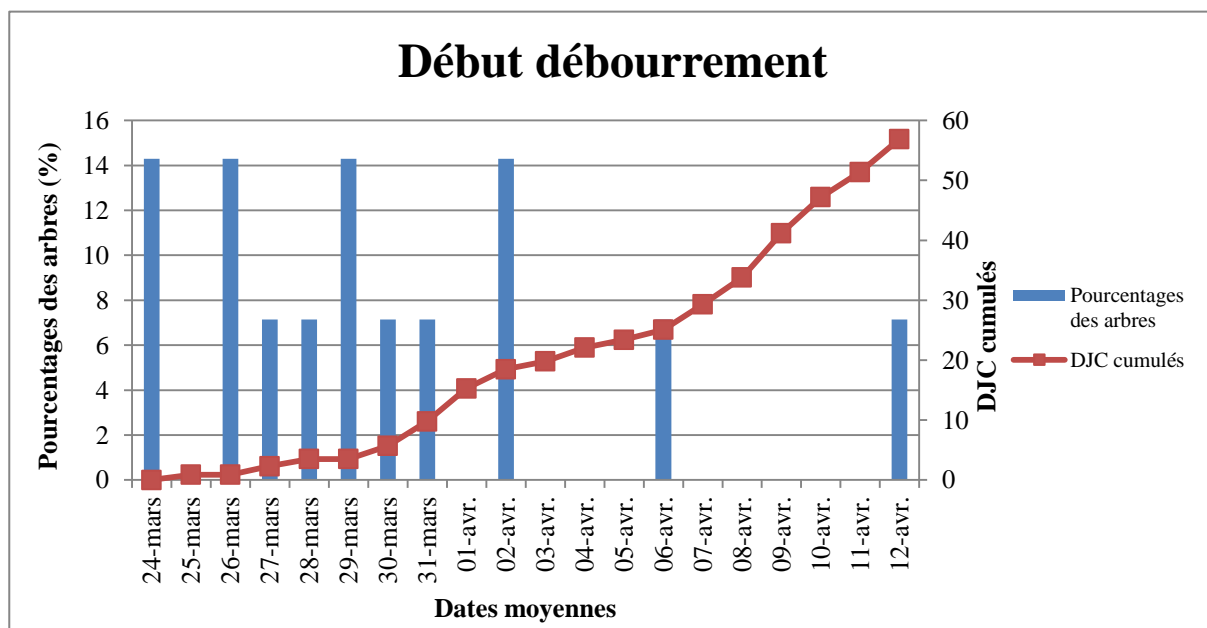


Figure 12 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance(DJC) en fonction des dates moyennes du début de débourrement.

Sur la base des dates du début de débourrement, les arbres échantillonnés sont classés en dix groupes homogènes. Les groupes identifiés sont repris au niveau de la figure 12.

Nous constatons qu'au niveau du verger le débourrement a débuté le 24 mars ($\pm 0,00$ jour) chez 14,29% des arbres. La manifestation de ce stade s'est prolongée jusqu'au 12 avril ($\pm 0,00$ jour) pour 7,14 % des arbres.

Concernant l'influence des DJC cumulés sur le début de débourrement, les résultats montrent que le débourrement a débuté à zéro degrés-jours (correspondant à 12°C température de base du noyer). La plupart des arbres (71,43%) ont débourré à une valeur de DJC cumulés inférieure à 10. Par contre, les arbres qui ont débourrés tardivement (12 avril $\pm 0,00$ jour) ont exigé une accumulation des DJC de 56,9.

Une certaine hétérogénéité est donc observée entre les arbres vis-à-vis des dates du début de leur débourrement (variabilité interindividuelle). En effet, les arbres sont des pieds francs issus de graines et les semis ont créé une large diversité génétique. **Germain**

(1992) a rapporté que chez le noyer commun les dates de débourrement varient de façon considérable selon les génotypes considérés. De même, **Mauget et Germain (1989)** ont mentionnés qu’il existe une grande variabilité du niveau maximale de dormance au sein d’une population d’hybrides, sans doute en partie d’origine génétique, il peut aussi être en relation de façon plus ou moins complexe avec la capacité de ramification du cultivar et sa résistance au froid hivernal. Selon ces auteurs, le débourrement dépend très largement de l’action de la température sur la physiologie des rameaux pendant l’automne et l’hiver. Ils suggèrent que la croissance des bourgeons de noyer commun n’est pas possible en dessous d’un seuil de 12°C, ce qui concorde avec nos résultats.

I.1.2. Fin de débourrement

Les résultats relatifs à la classification des arbres et l’accumulation des DJC en fonction des dates moyennes de fin de débourrement sont représentés dans les tableaux 8 et 9 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

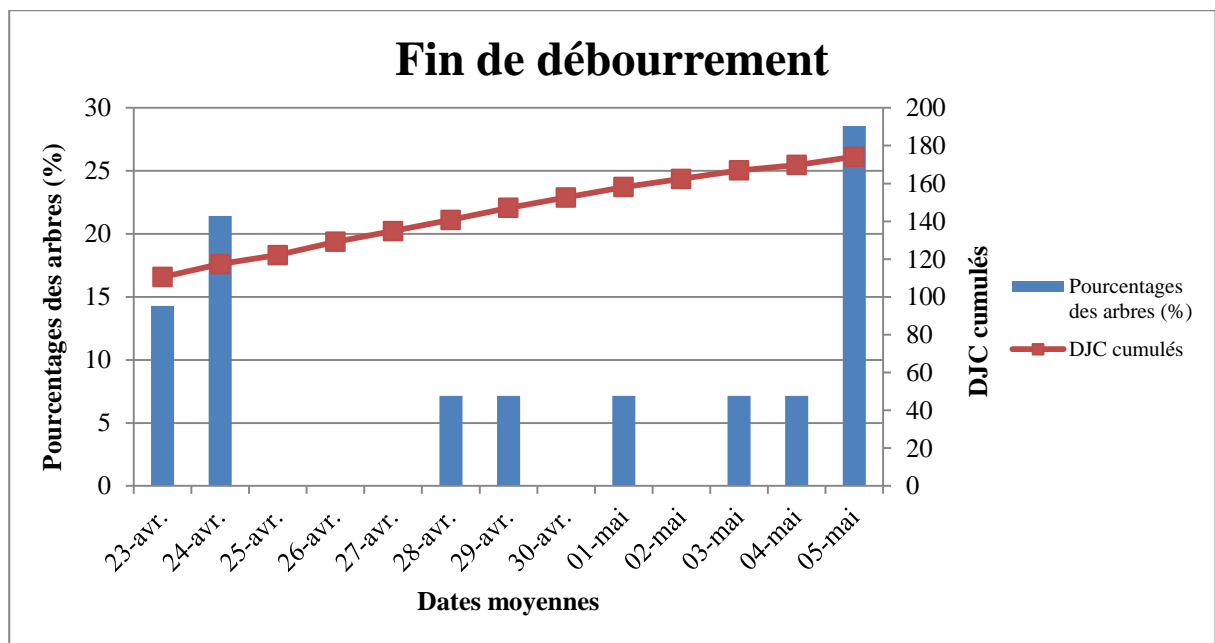


Figure 13: Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de débourrement.

L’analyse descriptive des dates de fin de débourrement des arbres échantillonnés a mis en évidence 08 groupes de dates homogènes.

La figure 13 révèle que la fin du débourrement est observée chez 14,29% des arbres le 23 avril ($\pm 0,71$ jour) après accumulation de 110,5 DJC, alors que 28,57 % des arbres n’ont achevé leur débourrement que le 05 mai ($\pm 0,00$ jour) après accumulation de 174,1 DJC.

Nous constatons que les arbres expriment un comportement variable vis-à-vis des dates de leur fin de débourrement malgré qu’ils sont dans les mêmes conditions du milieu,

cette variabilité est partiellement sous le contrôle du génotype, **Bidabé (1967)** l'a montré chez le pommier.

L'étalement du débourrement dans le verger, représentant le nombre de jours écoulé entre la date du début de débourrement dans le verger (24 mas) et la dates de la fin de débourrement dans le verger (05 mai), était de 43 jours. Cet étalement est relativement court comparé à celui observé sous les conditions climatiques françaises (environ trois mois) (**Germain, 1992**). Cette courte durée du stade débourrement constaté dans notre verger est probablement en rapport avec l'âge des arbres (un jeune verger de 09 ans).

I.1.3. Durée du débourrement

Les résultats correspondants à la classification des arbres en fonction des durées moyennes de leur débourrement sont représentés dans le tableau 10 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

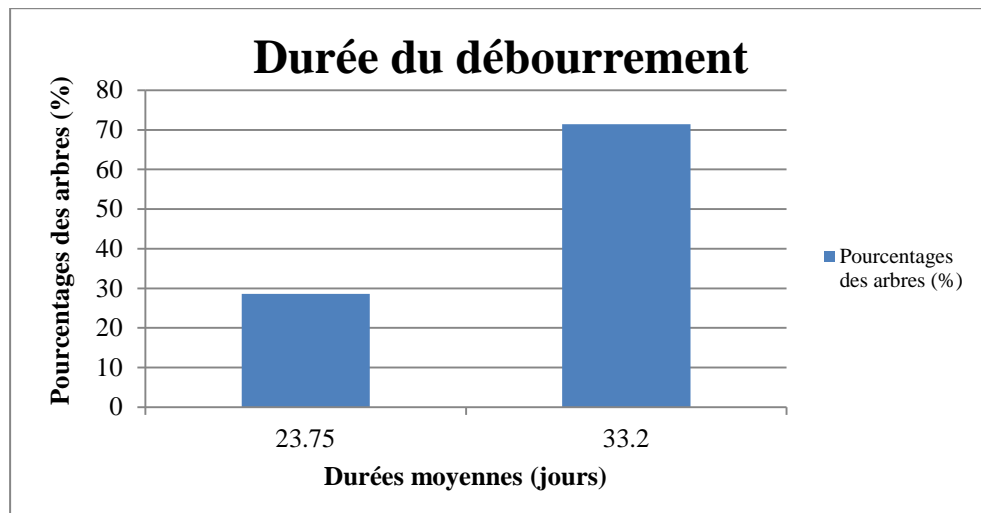


Figure 14 : Pourcentages des arbres en fonction de la durée du débourrement.

La classification des arbres selon leur durée de débourrement a mis en évidence deux groupes de durées homogènes.

La plupart des arbres (71,43 %) ont marqué une durée de débourrement relativement longue, elle est de 33,2 (\pm 3,08) jours, pour le reste des arbres (28,57%), nous avons enregistré une durée moyenne de l'ordre de 23,75 (\pm 4,35) jours.

Les résultats obtenus montrent une hétérogénéité dans le comportement de la population des bourgeons d'un même arbre (hétérogénéité intraindividuelle) vis-à-vis de leur débourrement. Elle est en partie responsable de l'échelonnement du débourrement. En effet, **Champagnat et al. (1971)**, **Arias et Crabbé (1975)** et **Mauget (1976)** ont montré qu'une partie de cette variabilité est connue et liée aux niveaux d'insertion des bourgeons sur le rameau. De même, **Dreyer et al. (1986)** ont rapporté que chez le noyer commun les gradients de dormance ont toujours été mis en évidence de façon indubitable sur les rameaux. D'après

ces mêmes auteurs, l'hétérogénéité observée peut s'interpréter comme dû à l'hétérogénéité des phases de latence jouant le rôle de révélateur de l'inhibition accumulée pendant l'été.

I.2. Feuillaison

I.2.1. Début de feuillaison

Les résultats relatifs à la classification des arbres et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes du début de feuillaison sont mentionnés dans les tableaux 11 et 12 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

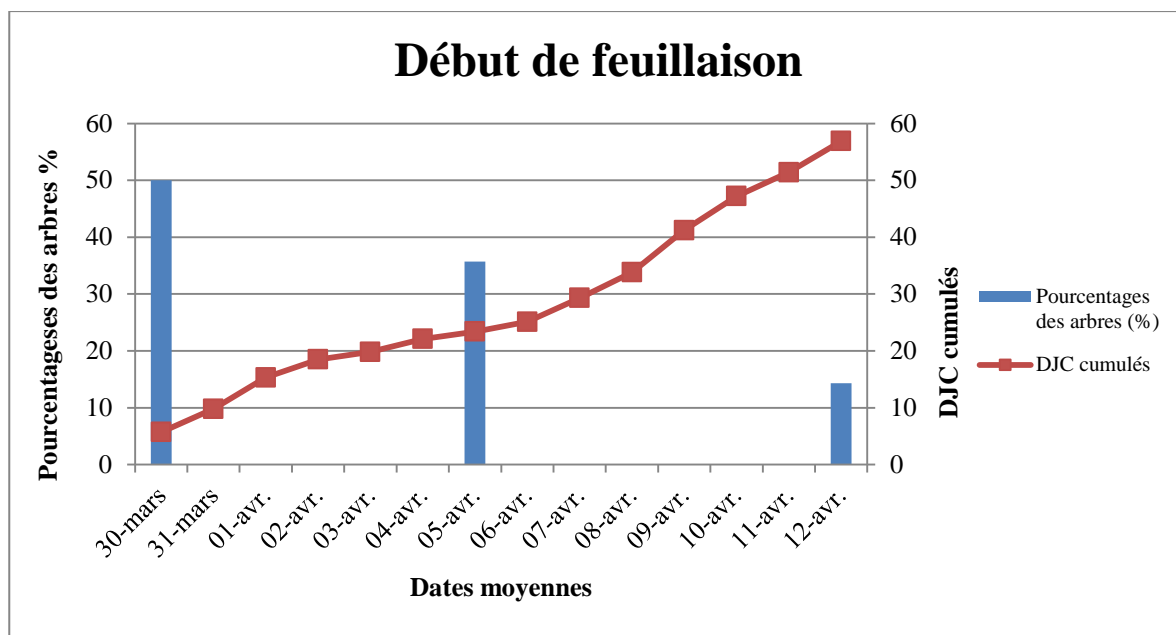


Figure 15 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de feuillaison.

La classification des arbres selon la date du début de leur feuillaison a révélé 03 groupes de dates homogènes.

50% des arbres ont atteint le stade feuillaison le 30 mars ($\pm 1,73$ jours) correspondant à l'accumulation de 5,7 DJC, 35,71 % des arbres ont feuilli le 05 avril ($\pm 1,30$ jours) à une valeur de DJC de 23,4. Le reste des arbres (14,29%), étaient plus exigeants en énergie (sous forme de chaleur), ils n'ont feuilli que le 12 avril ($\pm 3,54$ jours) après accumulation de 56,9 DJC.

Les résultats obtenus montrent que la feuillaison n'a pas exigé une accumulation importante de DJC pour la plupart des arbres échantillonnés. En effet, une faible quantité de chaleur était suffisante pour atteindre ce stade.

I.2.2. Fin de feuillaison

Les résultats relatifs à la classification des arbres et l'accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de feuillaison sont représentés dans les tableaux 13 et 14 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

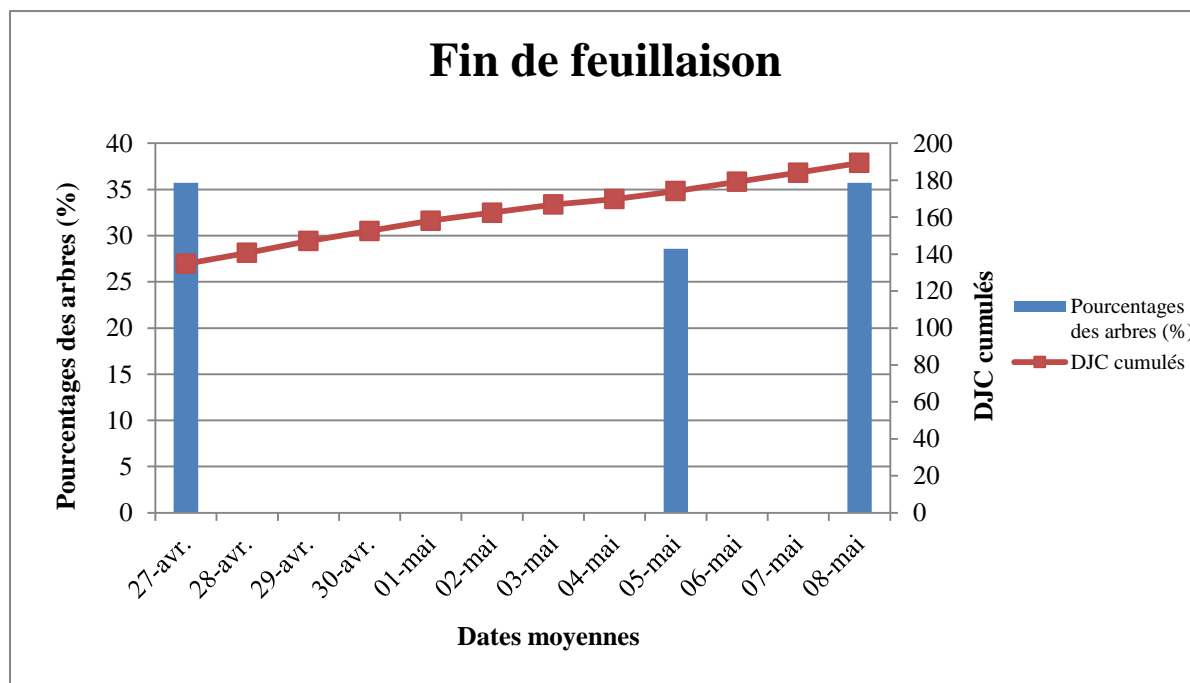


Figure 16 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de feuillaison.

La classification des arbres selon la date de la fin de leur feuillaison a révélé 03 groupes de dates homogènes.

L'analyse de la figure 16 a montré que la fin du stade feuillaison est observée le 27 avril ($\pm 0,84$ jour) chez 35,71% des arbres après accumulation de 134,8 DJC. Ce stade n'est achevé que le 08 mai ($\pm 1,34$ jours) chez 35,71% des arbres après l'accumulation de 189,4 DJC.

I.2.3. Durée de feuillaison

Les résultats correspondants à la classification des arbres en fonction des durées de feuillaison sont représentés dans le tableau 15 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

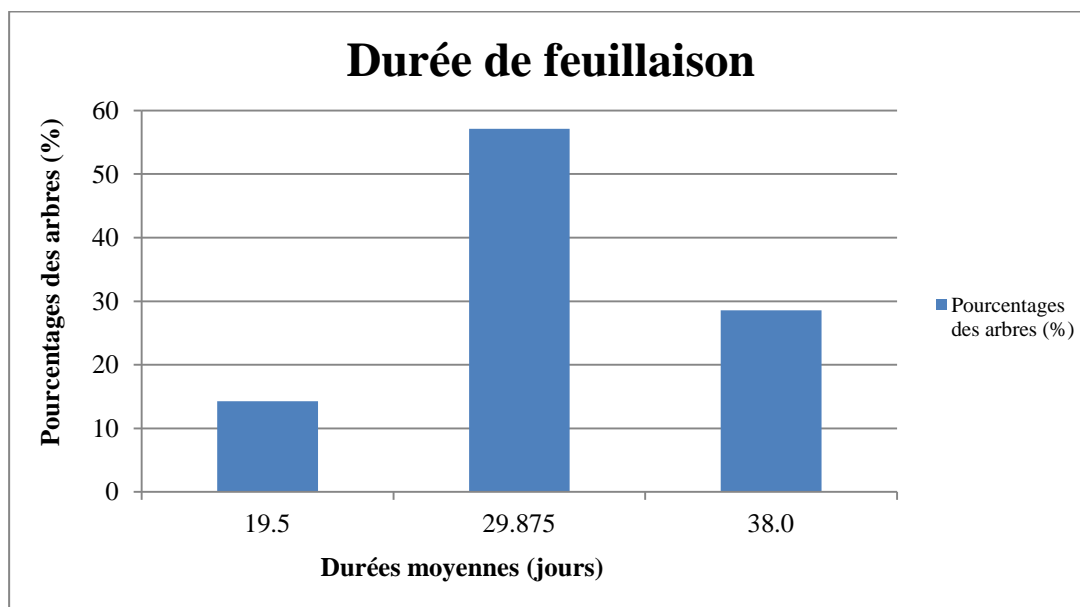


Figure 17 : Pourcentages des arbres en fonction de la durée de feuillaison.

La classification des arbres échantillonnés selon leur durée de feuillaison a fait ressortir 03 groupes de durées homogènes.

La durée moyenne de feuillaison la plus importante est de 38 ($\pm 2,45$) jours, elle est constatée chez 28,57% des arbres. Pour la majorité des arbres (57,14 %) la durée moyenne du stade feuillaison est de l'ordre de 29,88 ($\pm 2,16$) jours. Le reste des arbres (14,29%) ont enregistré une durée moins importante ($19,5 \pm 3,53$ jours).

Nous pouvons déduire que la variabilité observée dans le comportement des arbres vis-à-vis de l'échelonnement de leur stade feuillaison a certainement un rapport avec le débourrement. Plus le débourrement à l'échelle de l'arbre s'étale dans le temps, plus la feuillaison s'échelonne. Selon **Mauget et Germain (1989)**, la durée d'étalement de ces stades varie avec la disposition des rameaux à l'échelle de l'arbre. Néanmoins, **Dreyer et al. (1986)** ont indiqué que l'allongement des ébauches foliaires se réalise à la même vitesse moyenne pour tous les bourgeons.

I.3. Floraison mâle

Avant de procéder à l'analyse des résultats correspondants au début, fin et durée du stade floraison mâle, nous avons d'abord évalué la fréquence des arbres qui ont produit des fleurs mâles.

I.3.1. Production de fleurs mâles

Les résultats relatifs à la production des fleurs mâles dans le verger (fréquences des arbres pollinisateurs) sont représentés dans le tableau 16 (Annexe 1), illustrés par la figure suivante.

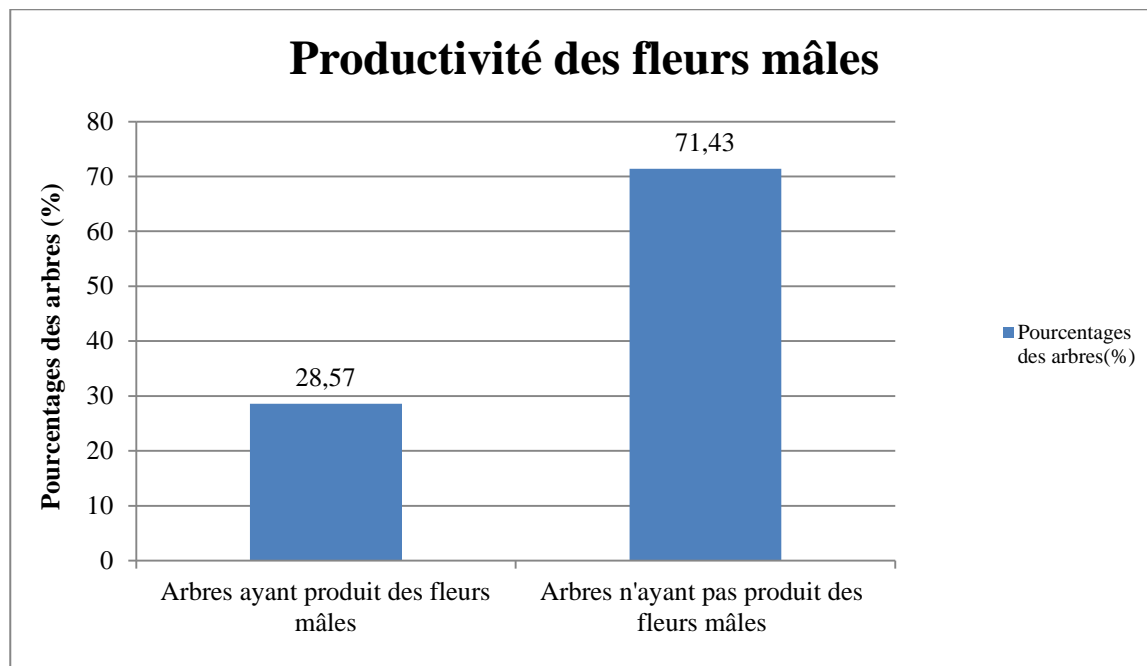


Figure 18 : Pourcentages des arbres producteurs et non producteurs de fleurs mâles.

Nous constatons que 28,57% des arbres échantillonnés (quatre arbres sur quatorze) ont produit des fleurs mâles, le reste (71,43 %) correspondant à dix arbres sur quatorze n'ont pas produit des fleurs mâles.

Nous pouvons déduire que la floraison mâle n'est pas encore apparue au niveau du verger chez la plupart des arbres échantillonnés âgés tous de neuf ans. Selon **Germain et al. (1981)**, l'absence des fleurs mâles chez certains arbres jeunes est l'une des caractéristiques du noyer commun dont la floraison femelle précède de un ou deux ans celle des chatons, les jeunes arbres ne commencent à se couvrir de chatons qu'après 7 à 9 ans.

I.3.2. Début de floraison mâle

Les résultats relatifs à la classification des quatre arbres pollinisateurs et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes du début de floraison mâle sont représentés respectivement dans les tableaux 17 et 18 (Annexe 1), illustrés par la figure suivante.

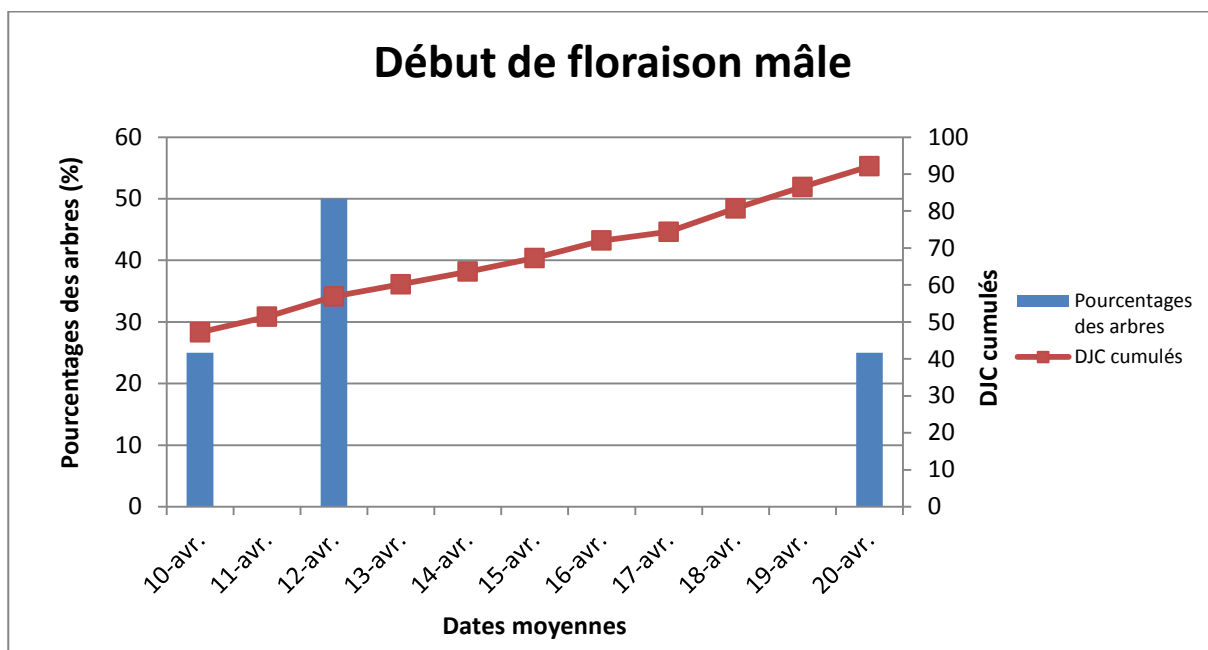


Figure 19 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de floraison mâle chez les arbres pollinisateurs.

La classification des arbres pollinisateurs selon les dates du début de floraison mâle a mis en évidence 03 groupes de dates homogènes.

Les résultats montrent que la floraison mâle a débuté chez un arbre sur quatre (25%) le 10 avril ($\pm 0,00$ jour) correspondant à une valeur de DJC de 47,2. 50 % des arbres pollinisateurs (deux arbres sur quatre) ont atteint ce stade le 12 avril ($\pm 0,71$ jour) après l'accumulation de 56,9 DJC. L'arbre restant (25 %) était plus exigeant en chaleur, il n'a atteint ce stade que le 20 avril ($\pm 0,00$ jour) lorsque 92,1 DJC sont accumulés.

Nous constatons que pour trois des arbres pollinisateurs, la floraison mâle était plus précoce, elle n'a pas nécessité l'accumulation d'une importante quantité de chaleur. En effet, selon **Germain et al. (1981)**, l'induction florale des fleurs mâles commence très tôt, tout de suite après le débourrement. **Germain (1992)** a mentionné que pour une variété donnée, l'époque d'émission du pollen par rapport au débourrement est variable, de 08 jours à un mois après l'entrée en végétation des arbres. Dans notre cas, le stade floraison mâle a débuté en moyenne 18 jours après le début du débourrement.

I.3.3. Fin de floraison mâle

Les résultats correspondants à la classification des quatre arbres pollinisateurs et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes de fin de floraison mâle sont représentés dans les tableaux 19 et 20 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

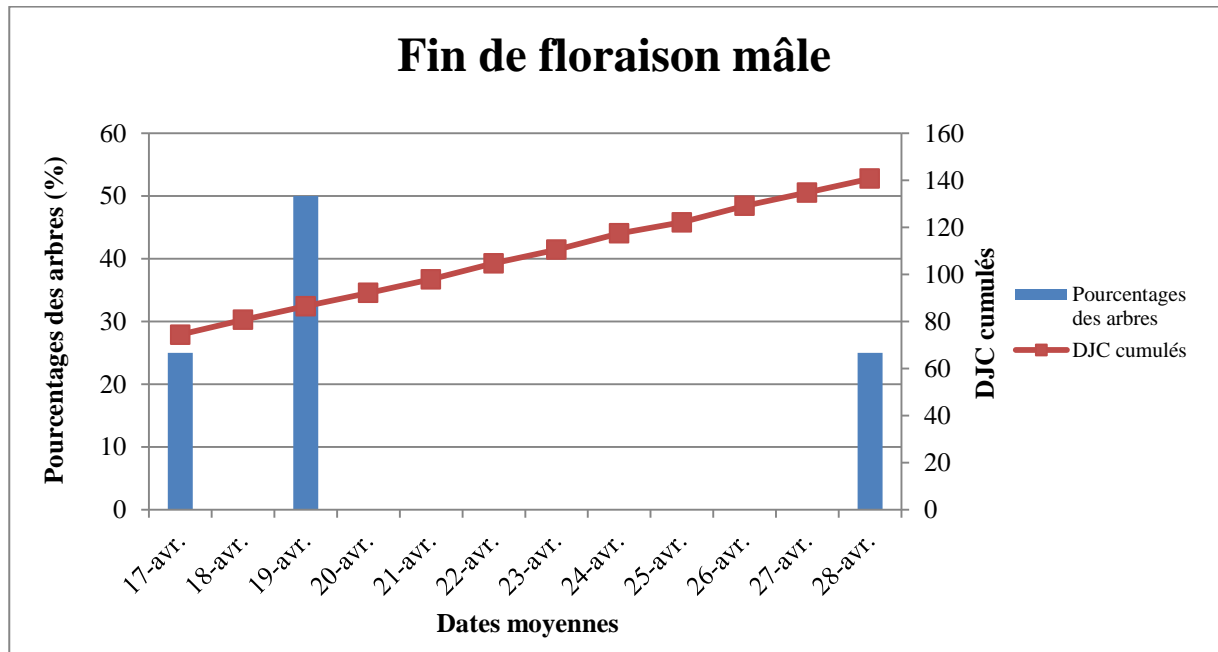


Figure 20 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de floraison mâle chez les arbres pollinisateurs.

La classification des arbres pollinisateurs selon les dates de fin de floraison mâle a mis en évidence 03 groupes de dates homogènes.

La date de la fin de floraison mâle est observée le 17 avril ($\pm 0,00$ jour) après une accumulation de 74,4 degrés-jours chez un des quatre arbres pollinisateurs (25%). deux des quatre arbres (50%) ont achevé leur floraison le 19 avril ($\pm 0,71$ jour) après accumulation de 86,5. L'arbre restant, celui ayant exigé une quantité de chaleur plus importante pour développer des chatons, n'a terminé sa floraison mâle que le 28 avril ($\pm 0,00$ jour) après accumulation de 140,7 DJC.

I.3.4. Durée de floraison mâle

Les résultats relatifs à la classification des arbres pollinisateurs selon la durée de floraison mâle sont représentés dans le tableau 21 (annexe 1) illustrés par la figure suivante.

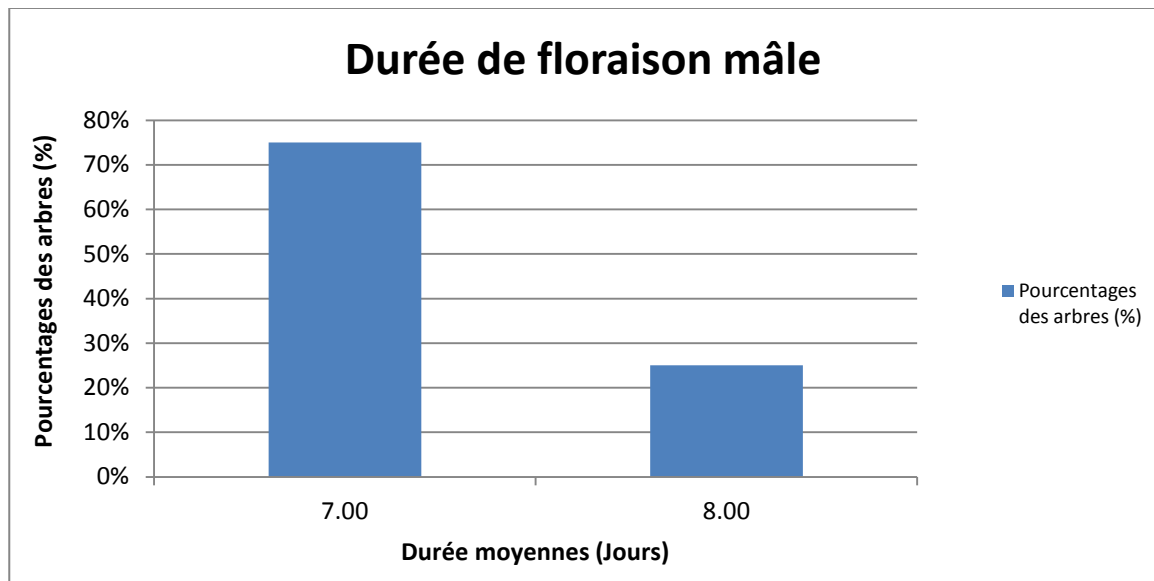


Figure 21 : Pourcentages des arbres en fonction de la durée de la floraison mâle.

L'analyse descriptive des durées de floraison mâles a mis en évidence deux durées moyennes de 7 ($\pm 0,00$) jours et 8 ($\pm 0,00$) jours, correspondants respectivement aux fréquences de 75% (03 arbres) et 25% (1 arbre).

Selon **Germain et al. (1981)**, la durée de floraison mâle d'un même arbre s'étale moyennement entre 08 et 14 jours, alors que nos résultats montrent une durée encore plus courte, elle était de 7 à 8 jours. Cette courte durée est pourrait être en rapport avec le jeune âge des arbres (09 ans). Selon ces auteurs, la durée de floraison mâle est d'autant plus brève que la température est plus élevée.

I.4. Floraison femelle

I.4.1. Début de floraison femelle

Les résultats correspondants à la classification des arbres échantillonnés et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes du début de floraison femelle sont représentés respectivement dans les tableaux 22 et 23 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

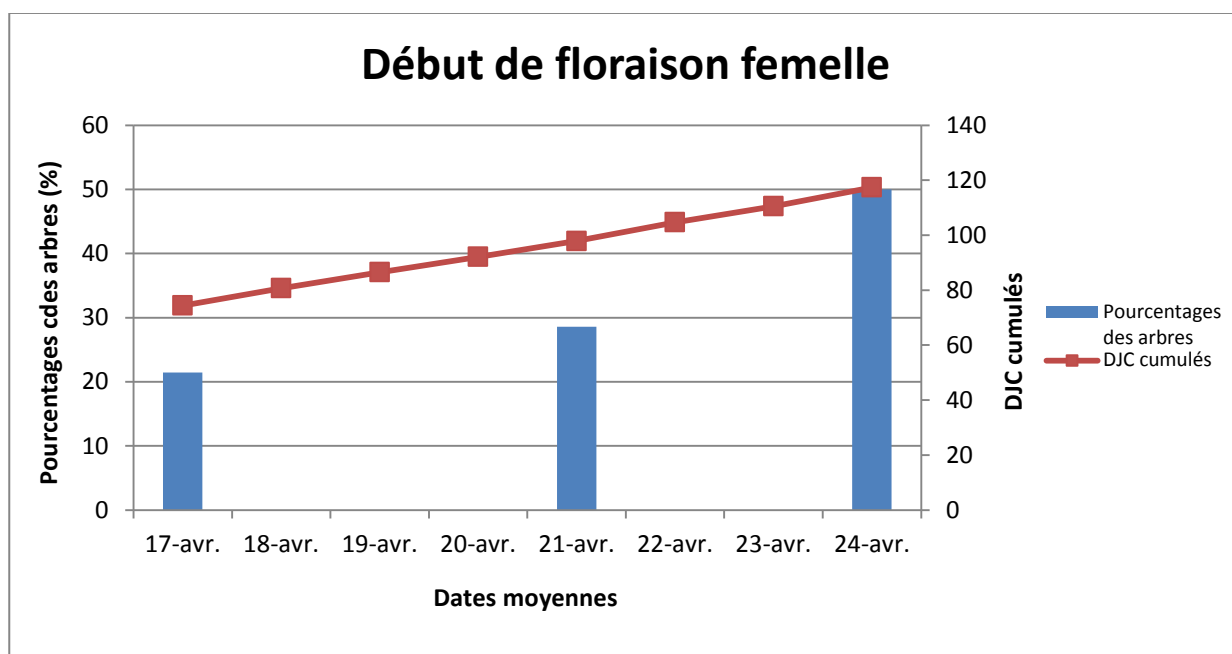


Figure 22 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes du début de floraison femelle.

La classification des arbres selon les dates du début de floraison femelle a révélé 03 groupes de dates homogènes.

L'analyse de la figure 22 montre que la date du début de manifestation de la floraison femelle est observée moyennement le 17 avril ($\pm 1,00$ jour) chez 21,43% des arbres échantillonnés lorsque 74,4 DJC sont accumulés. 50% des arbres étaient plus exigeants en chaleur, ils n'ont fleuri que le 24 avril ($\pm 0,79$ jour) après l'accumulation de 117,4 DJC. Le reste des arbres (28,57%) étaient moyennement exigeants en chaleur (97,9 DJC cumulés), les fleurs femelles au stade Ff1 ont été observée à partir du 21 avril ($\pm 1,00$ jour).

Nous remarquons que plus la chaleur accumulée augmente plus les niveaux de la floraison femelle augmentent. Nous pouvons déduire que la floraison femelle exige plus de chaleur comparé à la floraison mâle. Selon **Germain et al. (1981)**, l'induction floral des fleurs femelles n'a lieu que beaucoup plus tard après le débournement.

I.4.2. Fin de floraison femelle

Les résultats correspondant à la classification des arbres et l'accumulation des DJC en fonction des dates moyennes de fin de floraison femelle sont représentés dans les tableaux 24 et 25 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

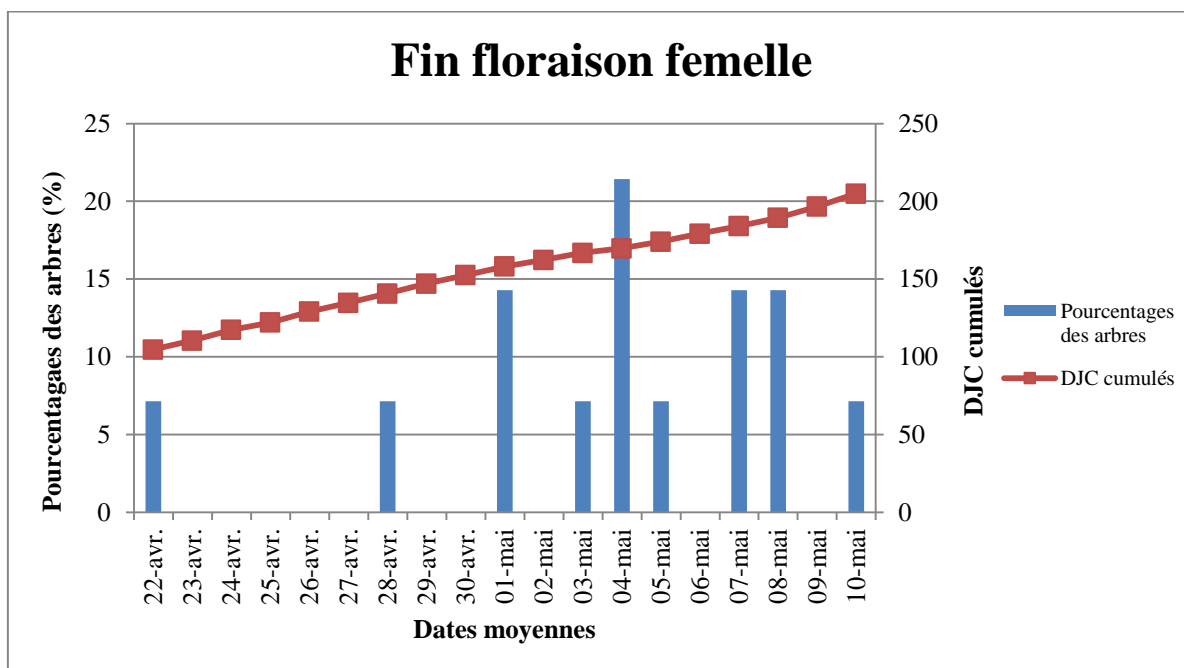


Figure 23 : Pourcentages des arbres et accumulation des degrés-jours de croissance (DJC) en fonction des dates moyennes de fin de floraison femelle.

La classification des arbres selon les dates de fin de leur floraison femelle a fait ressortir 09 groupes homogènes.

L'analyse de la figure 23 montre que la fin de la floraison femelle est observée chez 7,14 % des arbres le 22 avril après accumulation de 104,7 DJC, alors que les dernières fleurs femelles au stade Ff1 sont observées dans le verger (chez 7,14 % des arbres seulement) le 10 mai après l'accumulation de 205 DJC.

Nous pouvons déduire que les arbres ont exprimé un comportement variable vis-à-vis des dates de leur fin de floraison femelle. La plupart des arbres (85,71 %) ont achevé leur floraison femelle après l'accumulation d'une quantité relativement importante de chaleur (entre 158,1 et 205 DJC).

I.4.3. Durée de floraison femelle

Les résultats relatifs à la classification des arbres selon la durée de floraison femelle sont représentés dans le tableau 26 (annexe 1), illustrés par la figure suivante.

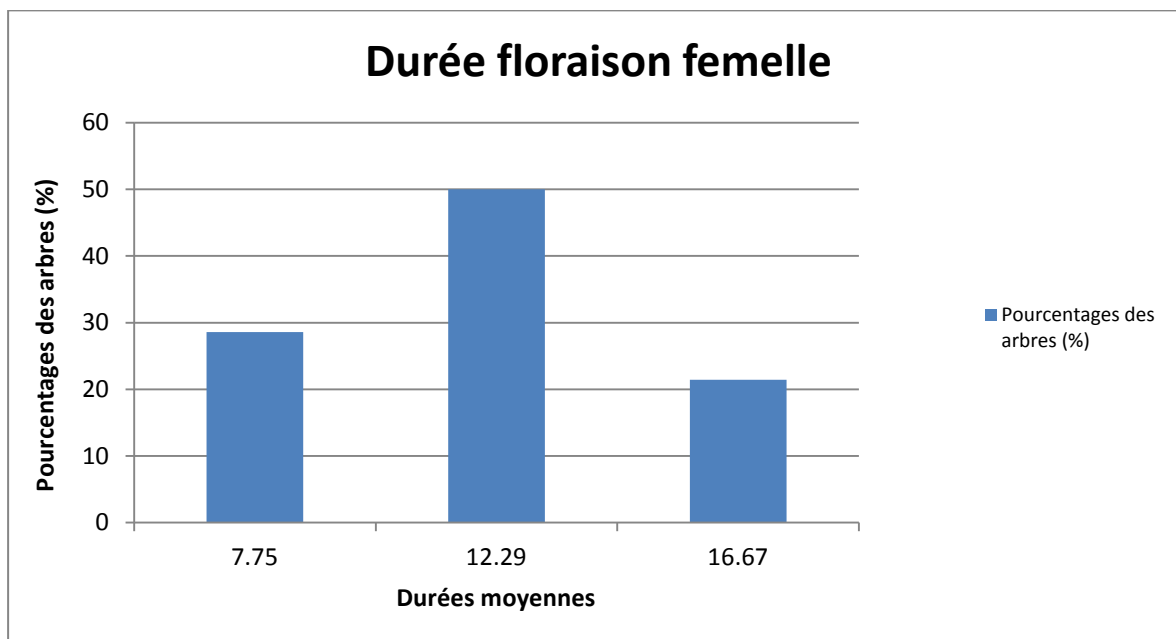


Figure 24 : Pourcentages des arbres en fonction de la durée de la floraison femelle.

L'analyse descriptive des durées de manifestation des fleurs femelles de l'ensemble des arbres échantillonnés a révélé 03 groupes de durées homogènes.

La durée la plus importante était de 16,67($\pm 0,6$) jours, elle n'a marqué que 21,43 % des arbres. 50% des arbres avaient une durée de la floraison femelle de l'ordre de 12,29 ($\pm 1,11$) jours. La durée la plus courte (7,75 $\pm 1,26$ jours) a caractérisé 28,57% des arbres.

Les résultats obtenus montrent que les arbres manifestent un comportement variable dans l'étalement de leur floraison femelle, les durées varient de 07 à 16 jours environ. Selon **Germain et al. (1981)**, la durée de floraison femelle d'un même arbre est assez peu influencée par les conditions climatiques existantes à cette période, en moyenne elle est de 15 à 20 jours. Nous remarquons que la durée de manifestation des fleurs femelles à l'échelle des arbres échantillonnés est inférieure à celle mentionné par les auteurs. Cette courte durée enregistrée dans notre cas pourrait être en relation avec le jeune âge de notre verger.

II. Besoins en chaleur de la floraison au niveau de la zone d'étude

Ce paramètre va nous renseigner sur la quantité de chaleur (DJC cumulés) ayant favorisé la floraison (mâle et femelle) au niveau du verger.

II.1. Floraison mâle

Les durées de la floraison mâle des quatre arbres pollinisateurs par ordre de précocité en corrélation avec les degrés-jours de croissance cumulés sont représentées dans les tableaux 27 et 28 (annexe 2) illustrés par la figure suivante.

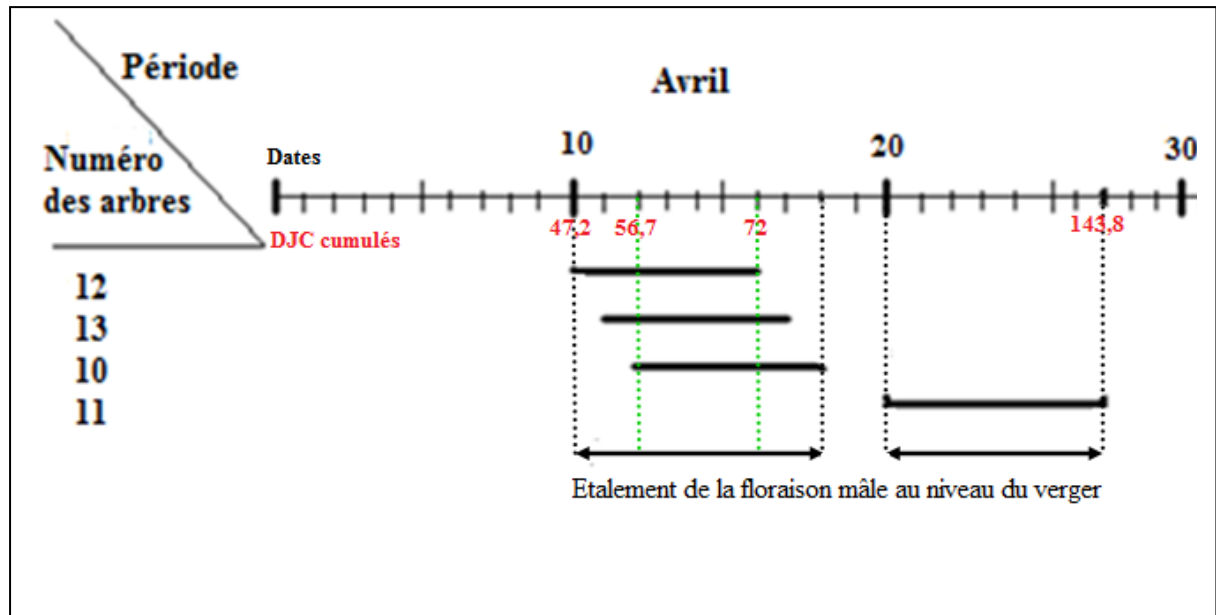


Figure 25 : Représentation schématique de l'étalement de la floraison mâle au niveau du verger en corrélation avec les degrés-jours de croissances cumulés (DJC cumulés).

L'analyse de la figure 25 montre que la floraison mâle a débuté dans le verger le 10 avril après accumulation de 47,2 DJC, la fin de l'émission du pollen est observée le 27 avril après accumulation de 134,8 DJC. Le stade floraison mâle a duré 17 jours. Néanmoins, nous avons constaté que les valeurs de DJC cumulés situées entre 56,9 et 72, sont les plus favorables pour la floraison mâle (fleurs mâle en stade Fm), puisque 75% des arbres (03 arbres) ont présenté des fleurs mâles pendant cette période.

II.2. Floraison femelle

Les durées de la floraison femelle de l'ensemble des arbres échantillonnés en corrélation avec les degrés-jours de croissance cumulés sont représentées dans les tableaux 29 et 30 (annexe 2) illustrés par la figure suivante par ordre de précocité

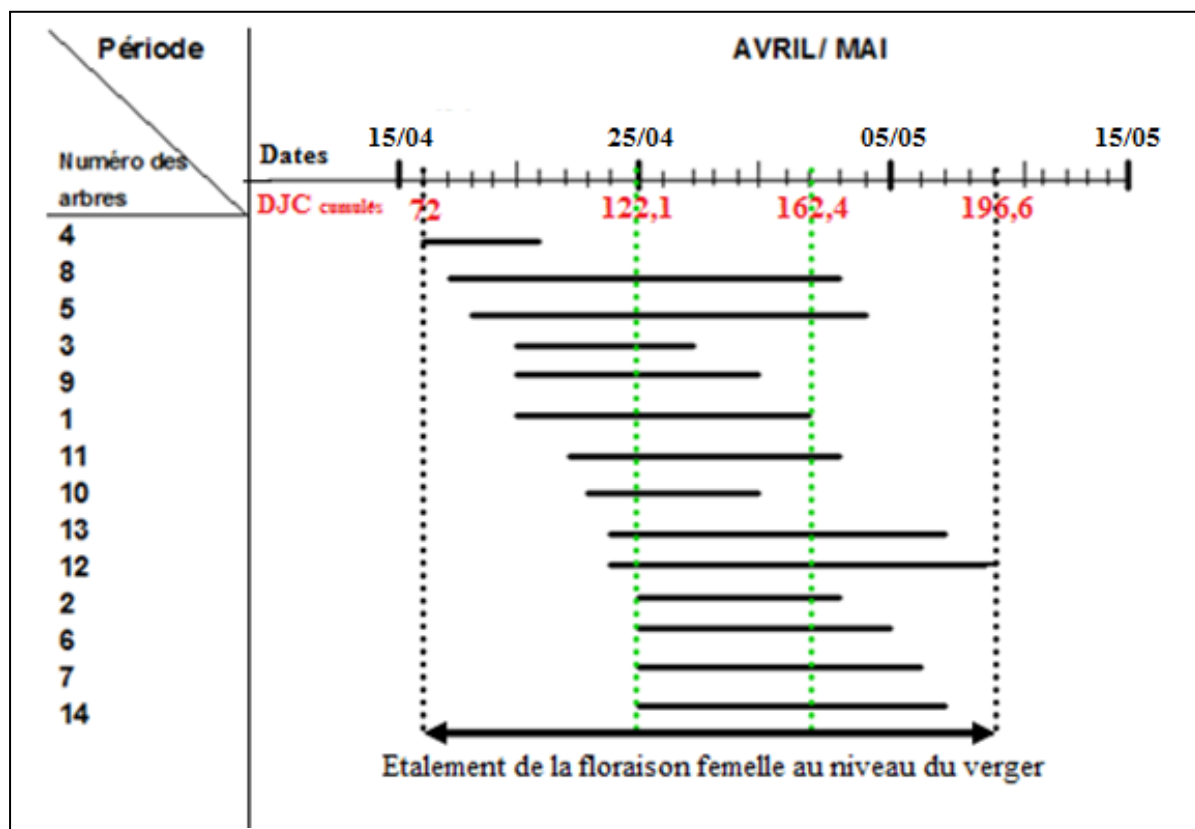


Figure 26 : Représentation schématique de l'étalement de la floraison femelle au niveau du verger en corrélation avec les degrés-jours de croissance cumulés (DJC cumulés).

L'analyse de la figure 26 révèle que la floraison femelle a débuté au niveau du verger le 16 avril après accumulation de 72 DJC. Les dernières fleurs femelles au stade Ff1 sont observées le 09 mai après accumulation de 196,6 DJC. Le stade floraison femelle a durée 24 jours. Il en ressort que les valeurs des DJC cumulés ayant favorisé la floraison femelle chez la majorité des arbres sont celles situées entre 122,1 et 162,4.

Nous pouvons déduire que les besoins en chaleur de la floraison femelle sont plus important (environ le double) que ceux induisant la floraison mâle. Ce paramètre explique en quelques sortes la protandrie de nos individus. En effet, **Germain et al (1981)** ont mentionné que la plupart des variétés de l'espèce *Juglans regia* sont protandre. Quant aux variétés homogames (les plus recherchées) sont en générale plus rares que les variétés protogynes.

III. Synchronisation de la floraison et dichogamie

III.1. Synchronisation

Les résultats relatifs à la classification des arbres échantillonnés en fonction des durées de synchronisation des deux floraisons (mâle et femelle) sont représentés dans le tableau 31 (Annexe 3), illustrés par la figure 27.

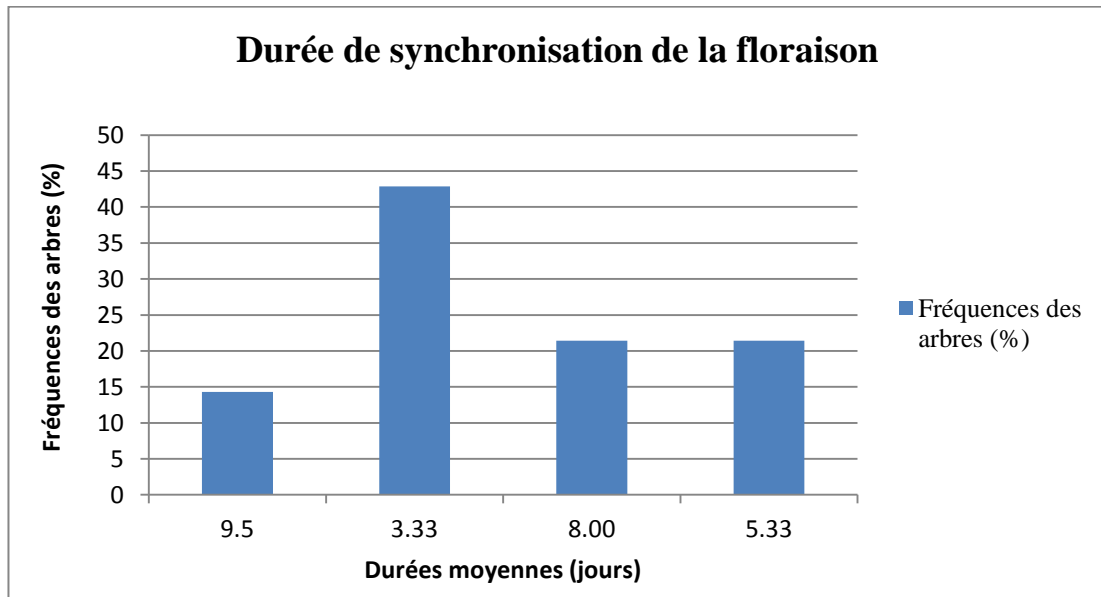


Figure 27 : Fréquences des arbres en fonction de la durée de synchronisation de la floraison.

L'analyse descriptive des durées de synchronisation des fleurs mâles et femelles a mis en évidence 04 groupes de durées homogènes.

La durée de synchronisation des deux floraisons la plus importante est de 9,5 ($\pm 0,71$) jours, mais elle n'a marqué que 14,29% des arbres. La durée la plus faible est de 3,34 ($\pm 0,52$) jours, elle a caractérisé le taux le plus important des arbres (42,86%). Pour le reste des arbres (21,43 %), la durée de synchronisation était de 8 ($\pm 0,00$) jours.

La représentation schématique de la synchronisation de la floraison femelle de chaque arbre échantillonné avec l'émission du pollen (floraison mâle) par les arbres pollinisateurs est représentée dans la figure suivante.

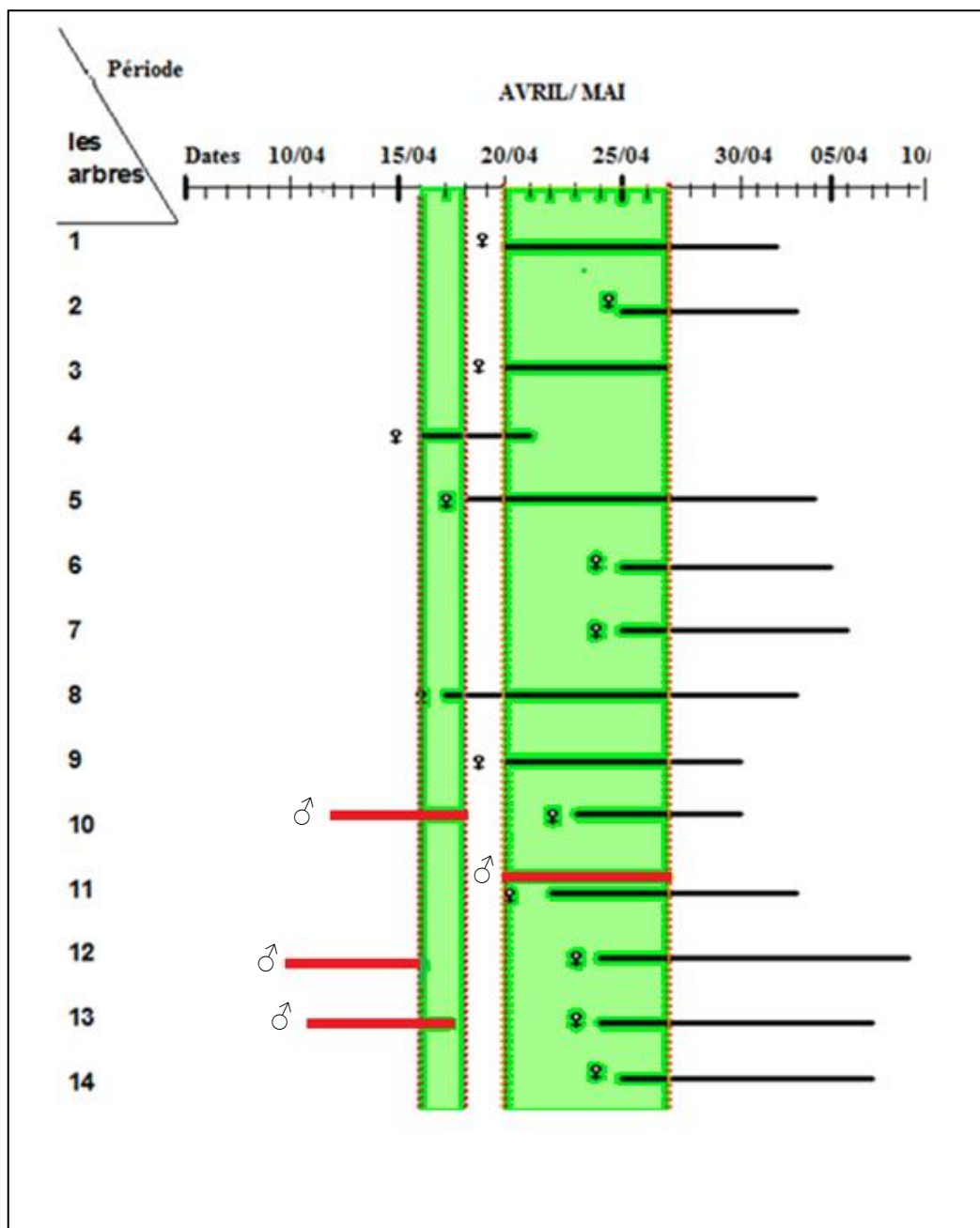


Figure 28 : Représentation schématique de la synchronisation des deux floraisons mâle et femelles des arbres échantillonnés.

♂ : Floraison mâle
 ♀ : Floraison femelle

Synchronisation de la floraison (Manifestation des fleurs mâles et femelle en même temps dans le verger)

L'analyse de la figure 28 montre que la période d'émission du pollen ne concorde avec celle de la floraison femelle (fleurs au stade Ff1) que très partiellement durant quelques

jours, un arbre seulement (arbre numéro 11) présentant des chatons tardifs (fleurs mâles au stade Fm) coïncident avec la floraison femelle de la plupart des arbres échantillonnés.

Suite aux résultats obtenus nous pouvons déduire que la précocité des fleurs mâles et la tardivité des fleurs femelle de la plupart des arbres est responsable de la courte période de concordance des deux floraisons. En effet, **Germain et al. (1981)** ont mentionné que le temps chaud qui précède le débourrement avance l'émission du pollen avant que les fleurs femelles ne soient réceptives. De même, nos résultats montrent que les besoins en chaleur des deux floraisons diffèrent, la floraison femelle étant plus exigeante en chaleur.

III.2. Dichogamie

Le phénomène de dichogamie est le décalage de la floraison à l'échelle d'un même arbre. Dans le présent cas, il concerne les quatre arbres pollinisateurs, dont les fleurs mâles et les fleurs femelles se situent sur le même pied.

III.2.1. Dichogamie au début de la floraison

Les résultats relatifs à la classification des arbres pollinisateurs en fonction du nombre de jours écoulés entre le début de floraison mâle et le début de floraison femelle sont représentés dans le tableau 32 (Annexe 3), illustrés par la figure suivante.

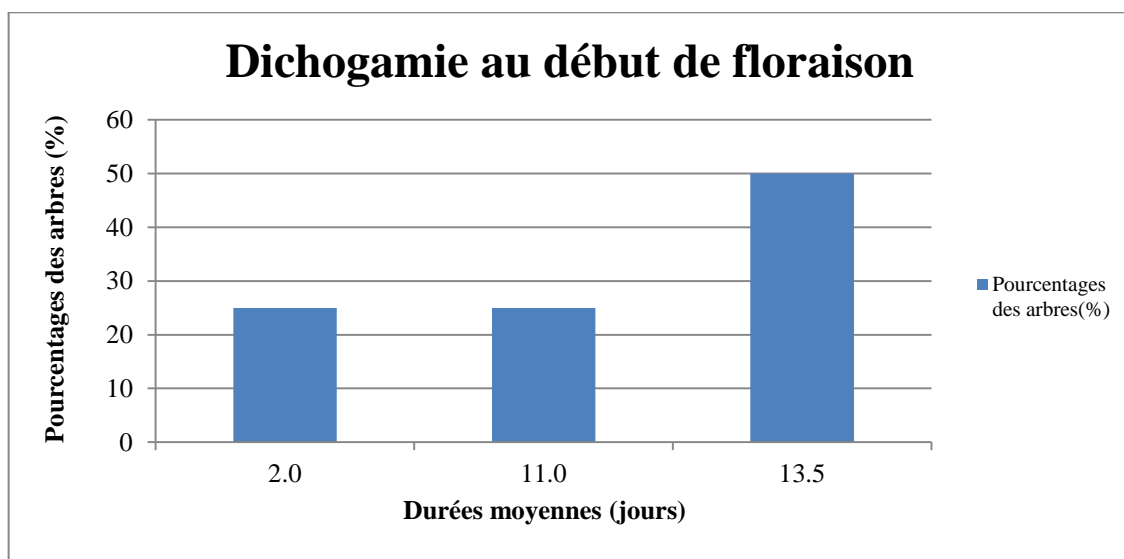


Figure 29 : Pourcentages des arbres pollinisateurs en fonction de la durée de dichogamie au début de floraison.

La classification des arbres pollinisateurs selon les durées de dichogamie au début des deux floraisons a révélé 03 groupes de durées homogènes.

La durée la moins importante ($02 \pm 0,00$ jours) n'a caractérisé que 25 % des arbres, alors que pour 50% des arbres le décalage des deux floraisons a duré $13,5 (\pm 0,71)$ jours.

Pour le reste des arbres (25%), la durée moyenne de décalage de leurs deux floraisons est relativement importante ($11 \pm 0,00$ jours).

Il en ressort que pour 75% des arbres pollinisateurs (trois sur quatre), la fécondation par leur propre pollen n'est pas possible (fig. 28) car au début de la floraison elles ne présentent que des fleurs mâles. Selon **Germain et al. (1981)**, le décalage entre la floraison mâle et la floraison femelle varie soit en fonction des conditions climatiques, un printemps chaud hâte l'évolution des chatons, son action est moins importante sur les fleurs femelles, la dichogamie est alors marquée, soit avec l'âge de l'arbre, la protandrie (la floraison mâle précède la floraison femelle) est plus prononcée chez les jeunes arbres, cas de notre verger.

III.2.2. Dichogamie à la fin de floraison

Les résultats relatifs à la classification des arbres pollinisateurs en fonction du nombre de jours écoulés entre la fin de floraison mâle et la fin de floraison femelle sont représentés dans le tableau 33 (Annexe 3), illustrés par la figure suivante.

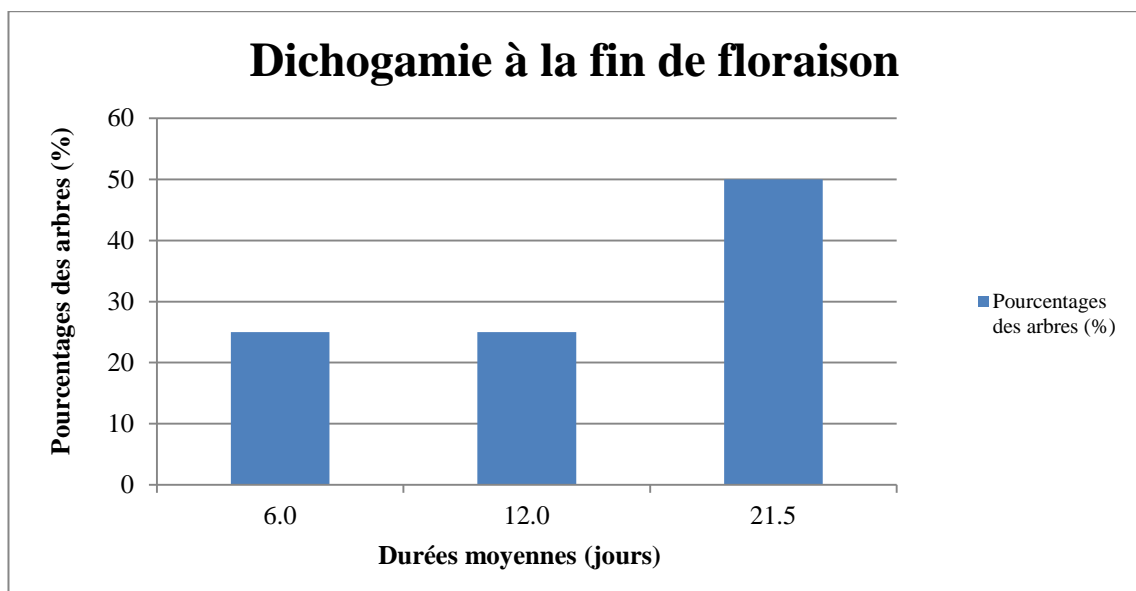


Figure 30 : Pourcentages des arbres pollinisateurs en fonction de la durée de la dichogamie à la fin de floraison.

La classification des arbres pollinisateurs selon les durées de dichogamie de leurs deux floraisons a mis en évidence 03 durées homogènes.

La durée la plus longue est de 21,5 ($\pm 2,12$) jours, observée chez deux arbres (50 %), une durée dichogamie de 12 ($\pm 0,00$) jour a caractérisé un arbre (25%). L'arbre restant (25%) a marqué une durée plus réduite ($6 \pm 0,00$ jours).

Nous avons constaté que le décalage en fin des deux floraisons était marqué par des durées importantes comparé à celle constaté au début de la floraison. 75% (trois arbres) des arbres pollinisateurs ne présentent que des fleurs femelles à la fin de la floraison (fig.

28). Selon **Germain et al. (1981)** ce décalage est en relation avec les conditions climatiques et l'âge des arbres d'une part et d'autre part avec les caractéristiques génotypiques des individus.

IV. Taux de nouaison

Les résultats correspondants aux taux de nouaison et durées de synchronisation de la floraison des différents arbres échantillonnés sont représentés dans le tableau 34 (annexe 4), illustrés par la figure suivante.

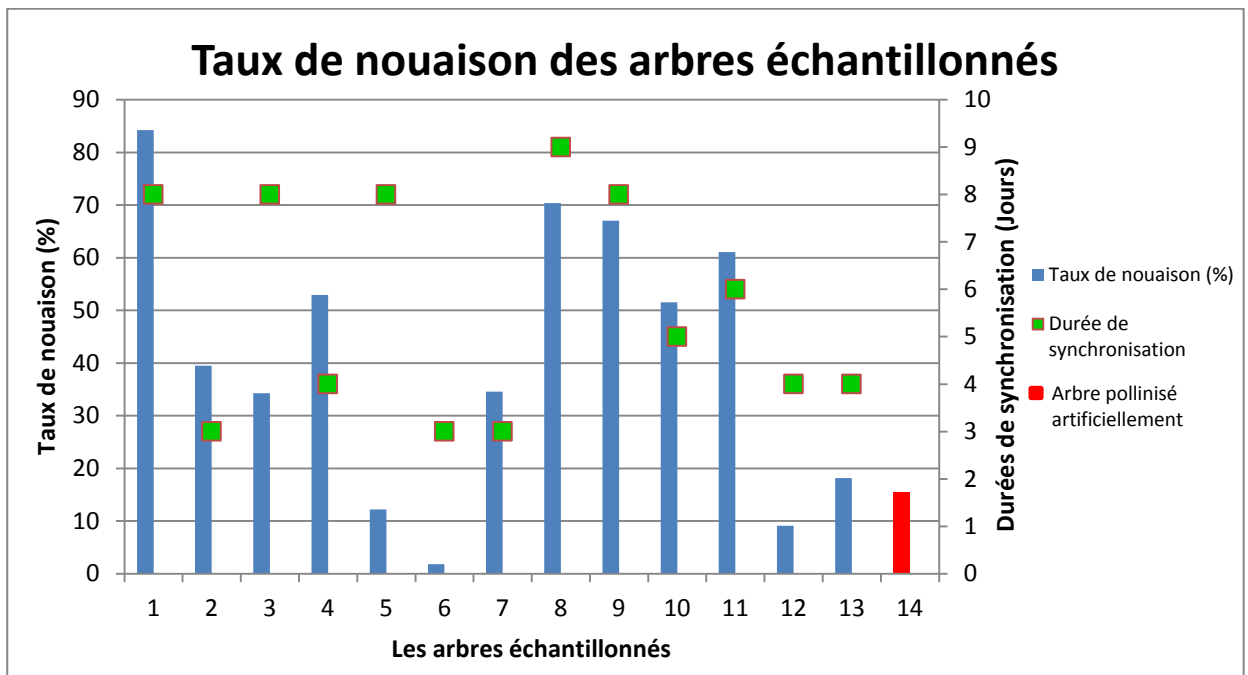


Figure 31 : Taux de nouaison et durées de synchronisation de la floraison des arbres échantillonnés.

L'analyse de la figure 31, révèle que pour les arbres pollinisés naturellement (1 à 13), le taux de nouaison n'augmente pas forcément avec l'augmentation de la durée de synchronisation des deux floraisons. En effet, pour une durée de synchronisation de 08 jours, nous avons noté des taux de nouaison différents compris entre 12,24% et 84,2% selon les arbres. De même, pour une durée de synchronisation de 03 jours, le taux de nouaison varie entre 1,8 % et 39,5 %, alors que la durée de synchronisation la plus importante (09 jours) a donné un taux de nouaison de 70,34 %. Ce taux est moins important que celui enregistré pour une durée de synchronisation de 08 jours (84,2%). Nous pensons que la direction du vent et la disposition des arbres au niveau de la plantation par apport aux arbres pollinisateurs pourraient agir. En effet, **Impuni et Ramina (1967)** rapportent que les fleurs femelles du noyer commun, ne secrètent pas de nectar, de ce fait ne sont pas visitées par les insectes, leur pollinisation est donc uniquement anémophile (par le vent). Le pollen léger est entraîné sur

des distances assez grandes. Compte tenu de la quantité énorme de pollen produite, le pourcentage d'arbres pollinisateurs n'a pas donc à être très important. **Stebbins (1971)** propose une proportion de $1/20^e$ en disposant les arbres de préférence en bordure sous le vent dominant et quelques arbres dans la plantation si celle-ci est étendue.

La figure 28 montre que trois des arbres pollinisateurs (10, 12 et 13) ne peuvent pas être pollinisés par leur propre pollen car ils ont perdu leurs fleurs mâles avant l'apparition de leurs fleurs femelles. Leurs taux de nouaison étaient de ce fait faibles (9,09 % et 18,18%), à l'exception de l'arbre 10. Ce dernier a donné un taux de nouaison relativement important (51,54 %). Concernant l'arbre 11 il a marqué le taux de nouaison le plus important (61,05 %) comparé aux autres arbres pollinisateurs, pour cet arbre la pollinisation n'était possible que par son propre pollen (autofécondation) car les trois autres arbres pollinisateurs ont produit leurs fleurs mâles bien avant l'apparition des fleurs femelles de l'arbre 11.

Nous constatons que l'arbre pollinisateur 11, présentant des chatons tardifs, était responsable de la pollinisation de la presque totalité des arbres échantillonnés. En effet, la floraison mâle de cet arbre coïncide avec la floraison femelle de la totalité des arbres. Du fait de la tardivité de ses chatons, cet individu présente les caractéristiques de l'arbre qui pourrait être utilisé dans le programme de sélection et d'amélioration du noyer commun en Algérie.

Concernant l'arbre ayant subi une pollinisation artificielle (arbre 14), nous avons enregistré un taux de nouaison de 15,53 %. Ce dernier est supérieur à celui obtenu par certains arbres pollinisés naturellement (5, 6 et 12), où nous avons enregistré des taux de nouaison de 12,24%, 1,8% et 9,09 % respectivement. Les faibles taux de nouaison pourraient être dus à la saturation des stigmates par le pollen, à une intervention au moment non propice et à l'augmentation de l'hygrométrie à l'intérieur des sachets d'isolement (**Delort F.** de l'INRA de Bordeaux, communication personnelle).

Malgré ces contraintes, le taux de nouaison de 15,53% obtenu semble être encourageant même s'il reste inférieur à celui obtenu hors d'un programme de création par hybridation de nouvelles variétés de noyer, mené par l'INRA de Bordeaux France en 1977 en utilisant la même technique, et qui était de l'ordre de 33% (**Germain et al., 1977**).

La présente expérimentation constitue une approche préliminaire pour l'étude de l'effet de la pollinisation artificielle sur la productivité chez le noyer commun *J. regia* avec l'objectif d'avancer la mise à fruits chez les jeunes arbres de noyer et de remédier aux contraintes liées à la désynchronisation des deux floraisons auxquelles sont confrontés les vergers de noyer en Algérie.

La détermination des dates de manifestation des stades débourrement, feuillaison et floraison, de l'ensemble des arbres échantillonnés âgés de neuf ans en corrélation avec les degrés-jours de croissance cumulés (les besoins en chaleur) a montré que pour ces différents stades phénologiques, une certaine hétérogénéité interindividuelle est observée. Le stade débourrement a débuté dans le verger à 12°C (température de base du noyer correspondant à zéro DJC cumulé). Ce stade a duré 43 jours. Le début de manifestation du stade feuillaison est observé après une accumulation de 5,7 DJC. Ce stade a duré 40 jours. La floraison mâle n'apparaît que chez 28,57% des arbres. L'émission du pollen dans le verger a débuté après accumulation de 47,2 DJC. Elle a duré 17 jours. La floraison femelle est observée chez l'ensemble des arbres échantillonnés (100%). Les fleurs femelles au stade Ff1 (stigmates en pleine réceptivité du pollen) ne sont apparues qu'après accumulation de 74,4 DJC. La durée de manifestation des fleurs femelles était plus longue que celles des fleurs mâles, elle est de 24 jours.

Les valeurs des degrés-jours de croissance cumulés comprises entre 56,7 et 72 se sont montrées les plus favorables à la floraison mâle dans le verger, alors que la floraison femelle semble être favorisée par un cumul thermique plus important compris entre 122,1 et 162,4. Ainsi, un décalage important est constaté entre les deux floraisons chez la majorité des arbres échantillonnés.

La durée de synchronisation de la floraison dans le verger était très courte, de l'ordre de trois jours pour la majorité des arbres (42,86%), alors que la durée la plus importante (environ neuf jours) n'a caractérisé que 14,27% des arbres. La dichogamie a caractérisé tous les arbres pollinisateurs. Néanmoins, un seul arbre, développant des fleurs mâle tardivement, a présenté une concordance (synchronisation) de ses deux floraisons pendant six jours.

La variation du taux de nouaison des arbres pollinisés naturellement n'est pas proportionnelle avec la durée de synchronisation des deux floraisons. Certains arbres ayant une durée de synchronisation importante ont donné des taux de nouaison plus faible que ceux pour lesquelles la synchronisation est moins importante. En effet d'autres facteurs interviennent pour empêcher le chevauchement des deux floraisons (climat défavorable, disposition des arbres par rapport aux arbres pollinisateurs, dichogamie etc...).

Le taux de nouaison obtenu suite à une intervention par une pollinisation artificielle est de 15,53%. En effet ce taux montre l'efficacité de la technique de la pollinisation artificielle adoptée dans la présente expérimentation malgré les contraintes.

La détermination du besoin en chaleur des deux floraisons au niveau de la zone d'étude, pourrait, dans l'avenir, constituer une étape importante dans l'intervention par une pollinisation artificielle. Il servira ultérieurement, après plusieurs années d'essais, d'aboutir à une valeur constante de degrés-jours (cumul thermique) caractérisant le stade floraison du noyer commun en Algérie. Ainsi, notre objectif à long terme est de pouvoir prédire à distance la ou les dates propices pour le prélèvement et la conservation du pollen, ainsi que la ou les dates convenables pour l'intervention par une pollinisation artificielle, en se basant uniquement sur les relevés thermiques (température maximale et minimale journalière) de la zone nucicole choisie.

Comme perspectives, nous souhaitons pouvoir améliorer le taux de nouaison de la pollinisation artificielle et concrétiser cette méthode sur terrain. Pour ce faire, il serait nécessaire d'organiser des journées de vulgarisation et de sensibilisation des nuciculteurs et de leur proposer une technique de pollinisation simple et facile à réaliser.

- Aletà et Ninot (1992).** La nuez en España. Caracterización de la producción y de la oferta. *Hortofruticultura*, 12 :35-40.
- Arias O., Crabbé J. (1975).** Les gradients morphogénétiques du rameau d'un an des végétaux en repos apparent. *Physiol. Vég.*, 13: 69-81.
- Arulsekar S., Parfitt D.E. et McGranahan G.H. (1985).** Isozyme gene markers in *Juglans* species Inheritance of GPI and AAT in *J. regia* and *J. hindsii*. *Journal of Heredity* 76: 103-106.
- Benson M. S. et Welsford E. J. (1909).** The morphology of the ovule and female flower of *Juglans regia* and of a few allied genera. *Ann. Bot.* 23: 623–633.
- Bidabé B. (1967).** Action de la température sur l'évolution des bourgeons de pommier et comparaison de méthodes de contrôle de l'époque de floraison. *Ann. Physiol. vég.*, 9 : 65-86.
- Bouguediri L. (1985).** Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) . Etude du pollen. Thèse de magister. USTHB, Alger. 130p.
- Bretauudeau J. (1981).** Atlas d'arboriculture fruitière. Caractères botaniques. Caractères végétatifs...Vol. IV. 2eme ed. J-B Baillière. Paris. 246p.
- Britton N.L. (1907).** Manuel of the flora the Northern states and Canada. 3^{em} ed. 322 p.
- Calo L. (1966).** Sulla biologia florale del noce in Puglia. *Ann. Fac. Agrar. Univ. Bari.*, 20 : 323-342
- Champagnat P., Barnola P. et Lavarenne S. (1971).** Premières recherches sur le déterminisme de l'acrotonie des végétaux ligneux. *Ann. Sci. For.*, 28 : 5-24.
- Charlot G., Germain E., et Prunet P. (1988).** Le noyer .Nouvelles techniques. 205p.
- Comps B., Letouzey J. et Savoie J.-M. (1987).** Phénologie du couvert arborescent dans une chênaie-hêtraie d'Aquitaine. *Annales des Sciences Forestières*, 44 : 153-170.
- Constanta O. (1967).** Citeva date privind biologia pelenului de nuc (Données sur la biologie du pollen du noyer). *Lacar. Sti. Inst. Agron. N. Balcescu Bucuresti ser. B* 10: 253-263.
- Differt J. (2001).** Phénologie des espèces arborées. Synthèse bibliographique. Analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR).
ENGREF - INRA, Nancy.

Djerbi (1993). Précis de phéniciculture.- FAO, Roma, Italy.

Chadda D. (2008). Influence des matières organiques (feuilles, châtons et racines) du noyer (*Juglans regia* L.) sur le comportement de jeunes plants de pommier (*Malus domestica* Borkh) dans la région de R'haouat (Hidoussa)(Belezma). Thèse de magistère, Université El Hadj Lakhdar de Batna. 154p

Dreyer E., Mauget J.C. et Guinard J. (1986). Variabilité du niveau de dormance des bourgeons végétatifs suivant les types de rameau d'une couronne de noyer (*Juglans regia* L.) ; Comparaison des cultivars "Franquette" et "Pedro" . *Agronomie*, 6(5): 427- 435

Edey S.N. (1980). Degrés-jours de croissance et production des cultures au Canada. Agriculture Canada, Research Branch, Ottawa, publication ID 1635F, 62 p.

Eichler A.W. (1875). Blüthendiagramme. Vols. 1 & 2. Engelmann, Leipzig.

Gallais A. et Bannerot H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. Ed. Quae. 768p

Garavel L. (1959). La culture du Noyer. Ed. Baillière J.B. et fils, Paris, 285p.

Garavel L. (1971) : Le stage "Noyer". *Bulletin de vulgarisation forestière* n° 71/2. Février, Institut pour le développement forestier, Paris, 11P.

Germain E. (1986). Le noyer : une culture traditionnelle en mutation. *Bull. Techn. Inf.*, 415 : 923-931.

Germain E. (1992). Le noyer. In: Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. A. Gallais et H. Bannerot, INRA Editions, Paris, pp 620-632.

Germain E., Jalinat J. et Marchou M. (1973). Biologie florale du noyer (*Juglans regia* L.) *Bull. Tech. Inf. I.* 282: 661–673.

Germain E., Leglise P. et Bayol M. (1977). Création par hybridation de variétés de noyer (*Juglans regia* L.) associant floraison tardive, mise à fruit rapide et productivité élevée : premiers résultats P 162.

Germain E., Jalinat J. et Marchou M. (1981). Divers aspects de la biologie florale du noyer. V: Bergognoux. F. et GrosPierre. P. Le noyer, C.T.I.F.L.-INVUFLEC:13-27.

Germain E., Jalinat J. et Marchou M. (1981). Les portes greffes du noyer. V: Bergognoux. F. et GrosPierre. P. Le noyer, C.T.I.F.L.-INVUFLEC:53-72.

- Gomes Pereira J. (1990).** Nuts in Portugal, an overview. In: Nut Production and Industry in Europe, Near East and North Africa: Proceedings of the "Expert Consultation on the Promotion of Nut Production in Europe and Near East Regions", Yalova (Istanbul), Turkey, 19-22 June 1990. U.G. Menini, H. Oelez et M. Bueyuekyilmaz. FAO (eds). RUER Technical series, 13: 183-188.
- Hansche P.E, Beres V. et Forde H.L. (1972).** Estimates of quantitative genetic properties of walnut and their implication for cultivar improvement, *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 279-287
- Holm T. (1921).** Morphological study of *Carya alba* and *Juglans nigra*. *Botanical Gazette*, 72: 375-389.
- Ignacio J. et Palomares S. (2008).** Frutos secos en cantabria : La nuez y la avellana Investigación y experimentación. Centro de Investigación y Formatío Agrarias-CIFA MURIEDAS (Cantabria). 1 :10-11.
- Impiuni G. et Ramina A. (1967).** Recherches sur la biologie florale et la mise à fruit du noyer *Juglans regia* L. I : observations sur la morphologie florale et le transport du pollen. *Riv. Octoflorofruttie. Ital.* 51 : 538-543
- Jacobini N. (1959).** Ricerche sulla biologia florale e di fruttificazione del noce (*Juglans regia* L.). *Ann. Fac. Perugia.* 15: 3-13.
- Karsten G. (1902).** Uber die Entwicklung der weiblichen Bluthen bei einigen Juglandaceen. *Flora*, 90:316-333
- Langdon L.M. (1934).** Embryogeny of *Carya* and *Juglans*, a comparative study. *Bot. Gaz.* 96:93-117.
- Langdon L.M. (1939).** Ontogenetic and anatomical studies of the flower and fruit of the Fagaceae and Juglandaceae. *Bot. Gaz.*, 101: 301-327.
- Latorse M.P. (1990).** Etude de divers aspect de la reproduction sexuée chez le noyer commun (*Juglans regia* L.). Thèse de Docteur de l'Université de Bordeaux. 155p
- Lepage M.P. et Bourgois G. (2012).** Modèles bioclimatiques pour la prédiction de la phénologie, de la croissance, du rendement et de la qualité des cultures. Éd. Danielle Jacques, CRAAQ (Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec), Québec. 11p
- Lepage, M.P., Bourgois G. et G. Bélanger G. (2012).** Indices agrométéorologiques pour l'aide à la décision dans un contexte de climat variable et en évolution. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 11p
- Lubbock S. (1891).** On the fruit and seed of the Juglandaceae. *Jour. Linn. Soc. Bot. London*, 28: 247-254.

- Mac Granahan G.H. et Leslie C.A. (1990).** Walnuts (*Juglans*). In: Genetic resources of temperate fruit and nut crops. *Acta Horticulturae* 290(2):907–951.
- Machida H. (1974).** Studies on the fructification of "Shinano" Walnut. A strain of *Juglans regia* L.
II : Morphology and ecology of pistillate flower and the cluster. *Jour. Of textile science and Technology*, Shinsku University 68, series E 8: 1-14.
- Mahlou A., Nabil Y., Haddidou A., Oukabli A. et Hamouni A. (1912).** Performances des variétés d'olivier : Arbéquine, Haouzia et Menara en conditions pluviales dans la région de Meknès au Maroc. *Revue officielle du Conseil oléicole international* n°118. 19: 3-21
- Manning W.E. (1978).** The classification within the Juglandaceae. *Ann. Missouri bot. Garden*, 65 :1058-1087.
- Martinez, M.L., Labuckas, D.O., Lamarque, A.L. et Maestri, D.M. (2010).** Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by products. *J. Sci. Food Agric.*, 90 (12): 1959-1967.
- Mauget J.C. (1976).** Sur la dormance des bourgeons végétatifs du noyer (*Juglans regia* L.). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, Sér. D, 283, pp. 499–502.
- Mauget J.C. et Germain E. (1989).** Analyse de la dormance des bourgeons chez des hybrides de noyer à débourrement très tardif. In : 2^{ème} colloque AGRIMED noyer-noisetier. 6-7 Sept 1988, Bordeaux (France).
- Mc Granahan G. et Leslie, Ch. (1990).** Walnuts (*Juglans*). *Acta Horticulturae*, 290: 907–951.
- Minotta G. (1989).** La coltura del noce da frutto ed a duplice attitudine produttiva in Italia. *Rivista di frutticoltura*, 7:23-29.
- Nast C.G. (1935).** Morphological development of the fruit of *Juglans regia*. *Hilgardia*, 9 (7) 345-362.
- Nicoloff M.Th. (1904-1905).** Sur le type floral et le développement du fruit des Juglandacées. *Jour. Bot.* Paris, 1904, 18 : 134-152 ; 380-385 ; 1905, 19 : 63-68.
- Ounis M. et Zitouni A. (1996).** Le noyer commun (*Juglans regia*) le connaitre pour mieux le développer. *Revue de la forêt Algérienne* 2 : 15-20.
- Ounis M., Bekka A., Reghioua O. et Zitouni A. (2003).** Caractéristiques agro-botaniques de quelques écotype locaux du noyer commun (*Juglans regia* L.) des zones nucicoles de la

wilaya de kenchela : résultats préliminaires et perspectives). *Revue la forêt Algérienne* 5 :32-37.

Rehder H.A. (1947). A new species of *Naticarius* from Florida. *Nautilus* 61: 19-20.

Rouskas D. (1996). Les bassins de production de noix européens; caractéristiques de la production de de noix en Grèce. Dans : Symposium Européen sur la noix, Reus, Espagne , 3 mai 1996. Ctifl, Paris, pp. 20-33

Sargent C.S. (1895). The North American silva. Vol. 7: 109–112. Houghton Mifflin and Company. New York, New York.

Schanderl H. (1964). Etude de biologie des fleurs et de la formation des embryons chez *Juglans regia*. L. *Biologisches Zentrablatt*. 83:71-102

Small J.K. (1913). Flora of southeastern United States. 2^{em}. Ed. 332p.

Stebbins (1971). Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold, London, UK.

Van-Tieghem Ph. (1861). Anatomie de la fleur femelle et du fruit du noyer. Bulletin de la Société Botanique de France, 2, Tome 16 - Fascicule 1, pp 412- 420

Wenheng C.S.Y. (1987). Taxonomic Studies of ten species of the genus *Juglans* based on isozymic zymograms. *Acta Hort. Sin.*, 14(2): 90-96.

ANNEXE 1 :

Analyses des dates du début, de fin et durée des stades phénologiques (débourrement, feuillaison, floraison mâle et floraison femelle)

I. Débourrement

Tableau 6 : Classification des arbres selon les dates du début de débourrement

Début débourrement										
Groupes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nbre d'arbres	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1
Fréquences	7.14	14.29	14.29	7.14	14,29	7.14	14.29	7.14	7.14	7.14
Moyennes	96	88	84,5	102	83	90	92	87	89	86
Dates	06-avr	29-mars	26-mars	12-avr	24-mars	31-mars	02-avr	28-mars	30-mars	27-mars
Standard déviation	0.00	0.00	0.707107	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variance	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)									
Début débourrement	Between SS	Df	Wittin SS	Df	F	Signif P				
	364.4286	9	0.5000013	4	323.9280	0.000023				

Tableau 7 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de débourrement

DJC cumulés durant la manifestation du stade Début débourrement											
Dates	24-mars	25-mars	26-mars	27-mars	28-mars	29-mars	30-mars	31-mars	01-avr	02-avr	03-avr
DJC cumulés	0	0,9	0,9	2,3	3,5	3,5	5,7	9,8	15,3	18,5	19,8
Dates	04-avr	05-avr	06-avr	07-avr	08-avr	09-avr	10-avr	11-avr	12-avr		
DJC cumulés	22,1	23,4	25,1	29,3	33,8	41,2	47,2	51,4	56,9		

Tableau 8 : Classification des arbres selon les dates de fin de débourrement

Fin débourrement									
Groupes	1	2	3	4	5	6	7	8	
Nbre d'arbres	1	1	2	1	3	4	1	1	
Fréquences (%)	7,14	7,14	14,29	7,14	21,43	28,57	7,14	7,14	
Moyennes	123	119	112,5	121	114	125	124	118	
Dates									
Standard déviation	0.00	0.00	71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variance	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)								
Fin débourrement	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif			
	SS		SS			P			
	346,9286	7	0,500013	6	594,7191	0			

Tableau 9 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de débourrement

DJC cumulés durant la manifestation du stade Fin de débourrement							
Dates	23-avr	24-avr	25-avr	26-avr	27-avr	28-avr	29-avr
DJC cumulés	110,5	117,4	122,1	129,1	134,8	140,7	147,1
Dates	30-avr	01-mai	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	
DJC cumulés	152,6	158,1	162,4	166,9	169,8	174,1	

Tableau 10 : Classification des arbres selon la durée de débourrement

Durée de débourrement						
Groupes	1	2				
Nbre d'arbres	4	10				
Fréquences (%)	28,57	71,43				
Moyennes	23,75	33,2				
Standard déviation	4,349329	3,084009				
Variance	18,91667	9,511111				
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Durée de Débourrement	255,15	1	142,35	12	21,50896	0,000572

II. Feuillaison

Tableau 11 : Classification des arbres selon les dates du début de feuillaison

Début feuillaison						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	2	5	7			
Fréquences (%)	14,29	35,71	50			
Moyennes	101.5000	94.80000	89			
Dates	12-avr	05-avr	30-mars			
Standard déviation	3.535534	1.303841	1.732051			
Variance	12.50000	1.700000	3.000000			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	df	F	Signif
	SS		SS			P
Début feuillaison	272.4143	2	37.29998	11	40.16835	0.000009

Tableau 12 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de feuillaison

DJC cumulé durant la manifestation le stade début de feuillaison							
Dates	30-mars	31-mars	01-avr	02-avr	03-avr	04-avr	05-avr
DJC cumulés	5,7	9,8	15,3	18,5	19,8	22,1	23,4
Dates	06-avr	07-avr	08-avr	09-avr	10-avr	11-avr	12-avr
DJC cumulés	25,1	29,3	33,8	41,2	47,2	51,4	56,9

Tableau 13 : Classification des arbres selon les dates de fin de feuillaison

Fin feuillaison						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	5	4	5			
Fréquences (%)	35,71	28,57	35,71			
Moyennes	117.20	125.25	128.6			
Dates	27-avr	05-mai	08-mai			
Standard déviation	0.84	0.96	1.34			
Variance	0.70	0.92	1.80			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Fin feuillaison	340,6786	2	12,75001	11	146,9592	0

Tableau 14: Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de feuillaison

DJC cumulés durant la manifestation du stade fin de feuillaison						
Dates	27-avr	28-avr	29-avr	30-avr	01-mai	02-mai
DJC cumulés	134,8	140,7	147,1	152,6	158,1	162,4
Dates	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	07-mai	08-mai
DJC cumulés	166,9	169,8	174,1	179,2	184,1	189,4

Tableau 15 : Classification des arbres selon la durée de feuillaison

Durée de feuillaison						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	2	8	4			
Fréquences (%)	14,29	57,14	28,57			
Moyennes	19,5	29,875	38			
Standard déviation	3,535534	2,167125	2,44949			
Variance	12,5	4,696429	6			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Durée feuillaison	469,4821	2	63,375	11	40,74401	0,000008

III. Floraison mâle

Tableau 16 : Taux des arbres producteurs de fleurs mâle

	Nombre	Taux (%)
Arbres producteurs de fleurs mâles	4	28,57
Arbres non producteurs de fleurs mâles	10	71,43

Tableau 17 : Classification arbres selon les dates du début de floraison mâle

Début Floraison mâle						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	2	1	1			
Fréquences (%)	50	25	25			
Moyennes	101.5000	110	100			
Dates	12-avr	20-avr	10-avr			
Standard déviation	0.707107	0.00	0.00			
Variance	0.50000	0.00	0.00			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Début floraison mâle	30521.00	3	0.500000	10	203473.3	0.000000

Tableau 18 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de floraison mâle

DJC cumulés durant la manifestation du stade début de floraison mâle											
Dates	10-avr	11-avr	12-avr	13-avr	14-avr	15-mai	16-mai	17-mai	18-mai	19-avr	20-avr
DJC cumulés	47,2	51,4	56,9	60,2	63,6	67,3	72	74,4	80,7	86,5	92,1

Tableau 19 : Classification des arbres selon les dates de fin de floraison mâle

Fin floraison mâle						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	2	1	1			
Fréquences (%)	50	25	25			
Moyennes	108,5	118	107			
Dates	19-avr	28-avr	17-avr			
Standard déviation	0,71	0	0			
Variance	0,5	0	0			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Fin floraison mâle	76,5	2	0,5	1	76,5	0,080582

Tableau 20 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin de floraison mâle

DJC cumulés durant la manifestation du stade fin de floraison mâle							
Dates	17-avr	18-avr	19-avr	20-avr	21-avr	22-avr	23-avr
DJC cumulés	74,4	80,7	86,5	92,1	97,9	104,7	110,5
Dates	24-avr	25-avr	26-avr	27-avr	28-avr		
DJC cumulés	117,4	122,1	129,1	134,8	140,7		

Tableau 21 : Classification des arbres selon la durée de floraison mâle

La durée de floraison mâle						
Groupes	1	2				
Nbre d'arbres	3	1				
Fréquences (%)	75%	25%				
Moyennes	7	8				
Standard déviation	0.00	0.00				
Variance	0.00	0.00				
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	df	F	Signif
	SS		SS			P
Durée de Floraison mâle	0.75	1	0.00	2		

IV. Floraison femelle

Tableau 22: Classification des arbres selon les dates du début de floraison femelle

Début floraison femelle						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	3	7	4			
Fréquences (%)	21,43	50	28,57			
Moyennes	107.0000	114.4286	110.5000			
Dates	17-avr	24-avr	21-avr			
Standard déviation	1.000000	0.786796	1.000000			
Variance	1.000000	0.619048	1.000000			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between SS	Df	Wittin SS	Df	F	Signif P
Début floraison femelle	108.4821	1	24.37500	12	53.40658	0.000009

Tableau 23 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade début de floraison femelle

DJC cumulés durant la manifestation du stade début de floraison femelle								
Dates	17-avr	18-avr	19-avr	20-avr	21-avr	22-avr	23-avr	24-avr
DJC cumulés	74,4	80,7	86,5	92,1	97,9	104,7	110,5	117,4

Tableau 24 : Classification des arbres selon les dates de fin de floraison femelle

Fin floraison femelle									
Groupes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nbre d'arbres	1	1	1	1	1	2	2	3	2
Fréquences	7,14	7,14	7,14	7,14	7,14	14,29	14,29	21,43	14,29
Moyennes	123	130	118	112	125	126,5	128	124	121
Dates	03-mai	10-mai	28-avr	22-avr	05-mai	07-mai	08-mai	04-mai	01-mai
Standard déviation	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,71	0.00	0.00	0.00
Variance	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.00
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)								
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif			
	SS		SS			P			
Fin floraison femelle	278,7143	8	0,499991	5	348,399	0,000002			

Tableau 25 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation du stade fin floraison femelle

DJC cumulant durant la manifestation du stade Fin floraison femelle									
Dates	22-avr	23-avr	24-avr	25-avr	26-avr	27-avr	28-avr	29-avr	30-avr
DJC cumulés	104,7	110,5	117,4	122,1	129,1	134,8	140,7	147,1	152,6
Dates	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	07-mai	08-mai	09-mai	10-mai
DJC cumulés	162,4	166,9	169,8	174,1	179,2	184,1	189,4	196,6	205

Tableau 26 : Classification des arbres selon la durée de floraison femelle

La durée de floraison femelle						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	7	3	4			
Fréquences (%)	50	21,43	28,57			
Moyennes	12,28571	16,66667	7,75			
Standard déviation	1,112697	0,57735	1,258306			
Variance	1,238095	0,333333	1,583333			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	df	Wittin	df	F	Signif
	SS		SS			P
Durée de Floraison femelle	138,0833	2	12,84524	11	59,1237	0,000001

ANNEXE 2

Besoins en chaleur de la floraison au niveau du verger

I. Floraison mâles

Tableau 27: Etalement de la floraison mâle au niveau du verger (dates du début et de fin de la floraison mâles des arbres pollinisateurs)

N° des arbres	Début de floraison mâle	Fin de floraison mâle
10	12-avr	18-avr
11	20-avr	27-avr
12	10-avr	16-avr
13	11-avr	17-avr

Tableau 28: Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation de la floraison mâle au niveau du verger par fréquence d'arbres

Dates	10-avr	11-avr	12-avr	13-avr	14-avr	15-avr	16-avr	17-avr	18-avr	19-avr
Nombre d'arbres	1	1	3	3	3	3	3	1	1	0
Fréquence des arbres (%)	25	25	75	75	75	75	75	25	25	0
DJCC	47,2	51,4	56,9	60,2	63,6	67,3	72	74,4	80,7	86,5
Dates	20-avr	21-avr	22-avr	23-avr	24-avr	25-avr	26-avr	27-avr		
Nombre d'arbres	1	1	1	1	1	1	1	1		
Fréquence des arbres (%)	25	25	25	25	25	25	25	25		
DJCC	92,1	97,9	104,7	110,5	117,4	122,1	129,1	134,8		

II. Floraison femelle

Tableau 29 : Etalement de la floraison femelle au niveau du verger (dates du début et de fin de la floraison femelle des arbres échantillonnés)

N° des arbres	Epoque de floraison	
	Début	Fin
1	20/04	02/05
2	25/04	03/05
3	20/04	27/05
4	16/04	21/05
5	18/04	04/05
6	25/04	05/05
7	25/04	06/06
8	17/04	03/05
9	20/04	30/05
10	23/04	30/05
11	22/04	03/05
12	24/04	09/05
13	24/04	07/05
14	25/04	07/05

Tableau 30 : Les DJC cumulés enregistrés durant la manifestation de la floraison femelle au niveau du verger par fréquence d'arbres

Dates	16-avr	17-avr	18-avr	19-avr	20-avr	21-avr	22-avr	23-avr	24-avr	25-avr	26-avr	27-avr
Nombre d'arbres	1	2	3	3	6	6	6	7	9	13	13	13
Fréquences des arbres (%)	7,14	14,29	21,43	21,43	42,86	42,86	42,86	50	64,29	92,86	92,86	92,86
DJC cumulés	72	74,4	80,7	86,5	92,1	97,9	104,7	110,5	117,4	122,1	129,1	134,8
Dates	28-avr	29-avr	30-avr	01-mai	02-mai	03-mai	04-mai	05-mai	06-mai	07-mai	08-mai	09-mai
Nombre d'arbres	12	12	12	10	10	9	6	5	4	3	1	1
Fréquences des arbres (%)	85,71	85,71	85,71	71,43	71,43	64,29	42,86	35,71	28,57	21,43	7,14	7,14
DJC cumulés	140,7	147,1	152,6	158,1	162,4	166,9	169,8	174,1	179,2	184,1	189,4	196,6

ANNEXE 3

Analyse des durées de synchronisation des deux floraisons mâle et femelle et durées de dichogamie

Tableau 31 : Classification des arbres selon la durée de synchronisation des deux floraisons mâle et femelle

Durée de synchronisation de la floraison						
Groupes	1	2	3	4		
Nbre d'arbres	2	6	3	3		
Fréquences (%)	14,29	42,86	21,43	21,43		
Moyennes	9,5	3,33	8	5,33	2	
Standard déviation	0,707107	0,516398	0	0,57735		
Variance	0,5	0,266667	0	0,333333		
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
Durée de synchronisation	78,71429	3	2,499999	10	104,9524	0

Tableau 32 : Classification des arbres selon la durée de dichogamie au début de la floraison des arbres pollinisateurs

Dichogamie au début de floraison						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	1	1	2			
Fréquences (%)	25	25	50			
Moyennes	11	2	13,5			
Standard déviation	0	0	0,707107			
Variance	0	0	0,5			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
Début de dichogamie	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
	89,5	2	0,5	1	89,5	0,074536

Tableau 33 : Classification des arbres selon la durée de dichogamie à la fin de la floraison des arbres pollinisateurs

Dichogamie à la fin de la floraison						
Groupes	1	2	3			
Nbre d'arbres	1	1	2			
Fréquences (%)	25	25	50			
Moyennes	12	6	21,5			
Standard déviation	0	0	2,12132			
Variance	0	0	4,5			
Variable	Analysis of variance (spreadsheet 1)					
Fin de dichogamie	Between	Df	Wittin	Df	F	Signif
	SS		SS			P
	174,25	2	4,5	1	19,36111	0,158666

ANNEXE 4

Taux de nouaison (%)

Tableau 34: Taux de nouaison et durée de synchronisation des floraisons mâles et femelle

N° des arbres	Taux de nouaison (%)	Durée de synchronisation (jours)
1	84,2	8
2	39,5	3
3	34,3	8
4	52,9	4
5	12,24	8
6	1,8	3
7	34,56	3
8	70,34	9
9	67,02	8
10	51,54	5
11	61,05	6
12	9,09	4
13	18,18	4
14	15,53	3