

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre
Département de : sciences agronomiques



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité: Gestion Qualitative Des Productions Agricoles

Thème

*Suivis phénologique d'une espèce fruitière, le
pommier (Golden Delicious) dans la wilaya de Ain
Defla*

Présenté par :

M^{elle} : Mohammedi Aicha

M^{elle} : Khelid Samiya

Soutenu le: 06 Juillet 2017, Devant le jury composés de :

Président: P^r : LAZALI

Promotrice: M^{lle}: ABED LEILA

Examineur: M^r: MAROK

Examinatrice: M^{me}: TABOUCHE

Année Universitaire : 2016/2017

Remerciements

Avant tout, nous remercions DIEU le tout puissant qui nous a donné la force le courage, La volonté et la patience pour parachever ce travail.

Nos sincères remerciements et reconnaissances à nos parents.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre promotrice Mème Abed Lila qui nous a fait l'honneur de diriger notre projet de fin d'étude et pour ces orientations et ces conseils judicieux.

Nous remercions tous les membres de jury qui ont accepté d'enrichir le travail ;

Professeur lazali de nous donner l'honneur de présider le jury ainsi ses orientations vont surement enrichir le travail.

Monsieur marok et Meme Tabouche d'avoir accepté d'examiner notre travail, leurs conseils seront très fructueux.

Nous remercions vivement Mr. Ferañ Mohamed Propriétaire du verger de pommier à Sidi Omar, pour son consentement qu'il nous a accordé pour réaliser la partie expérimentale

Nos remerciements vont aussi à l tous les enseignants qui nous ont encadrés tout au long de notre quercus y compris le personnel, particulièrement Mr KELKOULIM, le chef de département des sciences agronomiques.

Enfin, un grand remerciement à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail. Leurs soutiens et leurs encouragements nous ont été très précieux

Dédicaces

Nous dédions ce mémoire Aux êtres les plus chers à nos cœurs, et que nous aimons plus que tout au monde.

Nos mères la prunelle de nos yeux, l'exemple de tendresse de patience et d'amour éternel.

Nos pères, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation et notre bien être.

Ce travail est le fruit de leurs sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre formation

A nos sœurs.

A nos frères.

A nos familles.

A toute notre promotion.

A tous ceux qui nous ont aidés,

A tous ceux qui nous sont chers

Mohammedi Aicha

Khelid Samiya

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre des tableaux	Lapage
1	Importance de la culture du pommier par zone de production	2
2	Evolution de la culture du pommier en Algérie (2010– 2015)	3
3	Evolution de la culture du pommier dans la commune de Sidi Lakhdar de 2011 à 2016	4
4	Stades phénologiques repères du pommier	14
5	Besoins en froid de quelques espèce fruitières	16
6	Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à Sidi Lakhdar durant la campagne 2016 à 2017	23
7	Températures moyennes, minimales, maximales mensuelles de 2016à 2017	24
8	Caractéristiques de la variété Golden Delicious	25
9	Somme des heures de froid cumulée durant la période d'étude	30
10	Evolution des valeurs de degré en jour de croissance selon les stades phénologiques2016 /2017	31
11	Date de débourrement et la durée en jours calendaires pour la campagne d'étude et les campagnes précédentes	32
12	Date de floraison en fonction de la durée en jours calendaires pour la campagne d'étude et les campagnes précédentes	33
13	Taux de floraison pour la campagne en fonction de l'orientation des rameaux	34
14	Taux de floraison en fonction de la vigueur d'arbres	34

Liste des figures :

N° de figure	Titre des figures	La page
1	Evolution de la production u pommier en l' Algérie	04
2	Evolution de la production (Qx) du pommier à Sidi Lakhdar	05
3	Œil à bois (ITAFV, 2014)	11
4	Rameau	12
5	Gourmand	12
6	Boutons à fleurs	12
7	Brindille	13
8	Bourse	13
9	Lambourde	13
10	Dard	14
11	Localisation géographique de la région d'étude	21
12	Histogramme comparatif de la pluviométrie durant la période 2007-2016 et la2016-2017	23
13	Courbe des températures moyennes mensuelles minimales, maximales et moyennesdurant la période 2007-2016 et la campagne 2016/2017	24
14	Stades phénologique du pommier selon l'échelle BBCH	28
15	Courbe de l'évolution des heures de froid en fonction des températures minimales	30
16	Histogrammes d'évolution des valeurs de degré en jours de Croissance selon les stades phénologiques	31
17	Histogramme de Taux de débourrement en fonction de l'orientation des rameaux	32
18	Histogrammede Taux de débourrement n fonction de la vigueur d'arbres	33
19	Histogramme de Taux de floraison pour la campagne en fonction de l'orientation des rameaux	34
20	Histogramme de Taux de floraison en fonction de la vigueur d'arbres	35

Liste d'abréviations

Abréviation	Signification
DJC	Degré en jour de croissance
BV	Bourgeon végétatif
BF	Bourgeon floral
UF	Unité de froid
Qx	Quintaux
Mm	Millimètre
DSA	Direction des Service Agricoles
O.N.M	Office Nationale de Météorologie
qx/ha.	Quintaux par hectare
Km	kilomètre
Ha	Hectare
%	Pourcentage
I.T.A.F	Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière
U	Unités
PP	Pluviométrie
TMax	Température maximale
Tmin	Température minimale
T moy	Température moyenne
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt et CHemische Industrie
FAO	Food and agriculture organization of the United nations
INRA	Institut national de recherche Agronomique
Kg	Kilogramme

ملخص

أجريت هذه الدراسة في بستان للتفاح في منطقة سيدي عمار ولاية عين الدفلى خلال العام 2016/2017 والهدف منها هو معرفة تأثير التغيرات المناخية على سلوك صنف من التفاح, متنوعة "الذيد الذهبي". تم اختبار عدد من الأشجار مع عدد محدود من البراعم الخضرية في معيارين هما: قوة الجذع و اتجاه النمو. بالإضافة إلى متابعات فنولوجية مع القراءات اليومية لدرجة الحرارة والتساقط التي تم الاطلاع عليها. وقد أظهرت النتائج أن العوامل المناخية تؤثر على مراحل فنولوجية, نقص في عدد ساعات البرودة مم أدى إلى التقدم الكبير للتبرعم و الإزهار مقارنة بالسنتين السابقتين (2014-2015 و 2015-2016) و قد اثر توجه البراعم و تمركزها تأثير واضح من خلال معدل التبرعم و الإزهار.

الكلمات المفتاحية

الفنولوجيا، المناخ، التفاح، سيدي لخضر، وحدات التبريد، التاريخ، التبرعم، الإزهار

Résumé :

Cette étude a été conduite dans un verger de pommier situé dans la zone de Sidi Omar, commune de Sidi Lakhdar, wilaya d'Ain Defla au cours de l'année 2016/2017. L'objectif était de voir l'effet des variations climatiques sur le comportement de pommier, variété *Golden Delicious*. Des pieds d'arbres ont été choisis avec un nombre limité de bourgeons sous deux critères à savoir ; la classe de vigueur et l'orientation des pousses. Ainsi des suivis phénologiques (à l'aide de l'échelle BBCH) avec des relevés journaliers de températures et de pluviométrie ont été entrepris. Les résultats obtenus ont montré que les facteurs climatiques ont un impact sur les stades phénologiques, une élévation des heures de froid est à retenu comparé aux années passées. Un avancement assez important de débourrement et de floraison de la variété a été soulevé par rapport aux deux années précédentes (2014/2015 et 2015/2016). L'orientation des pousses et la classe de vigueur des arbres ont donné un effet très prononcé en termes de taux de débourrement et de floraison de la variété.

Mots clés

Climat, unité de froid, pommier, phénologie, débourrement, floraison.

Abstract

This study was conducted in an apple orchard located in the area of Sidi Omar, commune of SidiLakhdar, wilaya of Ain Defla during the year 2016/2017. The objective was to see the effect of climatic variations on the behavior of apple, variety *Golden Delicious*. Feet of trees were chosen with a limited number of buds under two criteria namely; the class of vigor and the orientation of the shoots. Phenological follow-up (using the BBCH scale) with daily temperature and rainfall readings was undertaken. The results obtained showed that the climatic factors have an impact on the phenological stages; an increase in the hours of cold is retained compared to the past years. Significant advancement in budburst and flowering of the variety was raised compared to the previous two years (2014/2015 and 2015/2016). The orientation of the shoots and the class of vigor of the trees gave a very pronounced effect in terms of rate of bud break and flowering of the variety.

Keywords

Phenology, climate, apple, chilling unit, date of bud break, date of flowering.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale..... 1

CHAPITRE I : généralités sur le pommier

I.1.Origine du pommier..... 2

I.2. Importance économique de pommier..... 2

I.2.1. Dans le monde..... 2

I.2.2. En Algérie..... 3

I.3.Exigences agro climatiques..... 4

I.3.1. Exigences climatiques..... 4

a- Température..... 4

b- Pluviométrie..... 6

c- Vent..... 6

d- Gelées..... 6

I.3.2. Exigences édaphiques..... 7

CHAPITRE II : Caractéristiques botanique et physiologiques de l'espèce

II.1.Caractéristiques botaniques..... 8

II.1.1.Classification botanique..... 8

II.2. Caractéristiques morphologiques du pommier..... 8

II.3.Caractéristiques biologiques du l'espèce..... 9

II.3.1. Cycle annuel du pommier..... 9

II.3.1.2. Période active de végétation..... 9

A/Débourrement..... 9

B/ Floraison..... 10

1. Induction florale..... 10

2. Différenciation florale..... 10

3. Développement floral..... 10

C/ Fécondation et nouaison..... 11

E/Grossissement des fruits et maturation..... 11

Sommaire

II.3.2. Différentes productions de pommier.....	11
II.3.2.1. Productions à bois.....	11
A/ -Œil à bois.....	12
B/ -Rameaux.....	12
C/ Gourmand.....	12
II.3.2.2. Productions à fruits.....	12
A/ - Bourgeon à fleurs.....	12
B/ Brindilles.....	13
C/ Bourse.....	13
D/ Lambourde.....	13
E/ Dard.....	14
II.3.3. Stades phénologiques repères du pommier.....	14

CHAPITRE III : Effet de climat sur le pommier

III.1. Indices associés aux saisons automnales et hivernales.....	16
III.1.1. intensité et durée de froid.....	16
III.1.2. effets négatifs du manque de froid.....	17
III.1.2.1. Sur la dormance et le débourrement.....	17
III.1.2.2. Sur la floraison.....	17
III.1.3. Gels tardifs au début du printemps.....	18
III.2. effet des variations climatiques sur le stade phénologiques.....	18
III.2.1. Sur la levée de dormance et le débourrement.....	18
III.2.2. Influence de la température sur la floraison.....	19
III.2.2.1. Avancement de la date de floraison.....	19
III.2.3. Effet de la température sur la durée de croissance.....	20

CHAPITRE IV : Matériel et Méthodes

IV.1. problématique et objectif.....	21
IV.2. Présentation de la région d'étude.....	21
IV.3. Caractéristiques climatiques.....	22
IV.3.1. Précipitations.....	22
Période 2007-2016.....	22
Compagne 2016-2017.....	22
IV.3.2. Température.....	23
Période 2007-2016.....	23

Sommaire

Compagne 2016-2017.....	24
IV.4. Choix de matériel végétal.....	25
IV.4.1.Caractéristiques de la variété Golden Délicious.....	25
IV.4.2.Dispositif expérimental.....	26
IV.5.Méthodes de calcul.....	28
IV.5.1.Calcul de nombre d'heures de froid.....	28
IV.5.2.Calcul de degré en jours de croissance.....	28
IV.5.3.Calcul de taux de débourrement.....	29
IV.5.4.Calcul de taux de floraison.....	29

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Résultats.....	30
V.1.1. Paramètres climatiques.....	30
V.1.1.1 .La somme des heures de froid.....	30
V.1.1.2.Degrés en jours de croissance.....	31
V.1.2. Déroulement des stades phénologiques de la variété.....	32
V.1.2.1.Débourrement.....	32
V.1.2.1.1.Date de débourrement.....	32
V.1.2.2.Taux de débourrement.....	32
A/ En fonction de l'orientation des rameaux.....	32
B/ En fonction de la vigueur d'arbre.....	33
V.1.2.2.Floraison.....	33
V.1.2.2.1.Date de floraison.....	33
V.1.2.2.2.Taux de floraison.....	34
A/ En fonction de l'orientation des rameaux.....	34
B/ En fonction de la vigueur d'arbre.....	34
V.2.Discussion.....	35

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

Grâce à ses grandes possibilités d'adaptation à des conditions climatiques très diverses, la variété *Golden Delicious* connaît un grand succès dès les années 50. Sa culture couvre 50% du verger de pommier en Algérie. (Zaidi, 1985).

L'Algérie, connaît une hausse intéressante de production durant cette dernière décennie qui est arrivée à 397 529 tonnes en 2012 (F.A.O., 2012), mais qui reste toujours loin d'atteindre celles enregistrées dans les pays développés. Cette faiblesse des rendements peut être attribuée à plusieurs facteurs, dont le plus important facteur est le climat.

Le développement d'un arbre et de sa production fruitière résultent donc de l'interaction entre les structures et les fonctions sur lesquelles les facteurs environnementaux peuvent interagir (Frossard et Cruiziat, 1995). Les effets des variables environnementales sur la structure foliaire et le fonctionnement physiologique des arbres et notamment des arbres fruitiers ont été largement étudiés au cours de ces 30 dernières années.

Plusieurs chercheurs ont étudié les impacts des changements climatiques sur différentes cultures, l'augmentation de la température serait plus importante durant la saison hivernale qu'estivale (Rochette et al, 2004). De plus, les changements climatiques entraîneront une diminution de la durée de la saison de gel et une augmentation de la durée de la saison de croissance (Yagoubi et al, 2008).

Selon Delorme (2013), le débourrement ou la floraison n'arrivent jamais par hasard. Ces stades importants de la vie d'une plante, et les moments auxquels ils se produisent, découlent directement des conditions météorologiques qu'ils ont subies au cours de l'année. L'observation de ces phénomènes donne des indications fortes sur l'évolution du climat. En effet, chaque année, arbres, plantes et animaux suivent leur propre cycle de développement. Cependant, le moment de la succession des différents stades de cette boucle annuelle (ouverture du bourgeon, feuillaison, floraison par exemple) est très fortement influencé par les conditions météorologiques.

C'est dans cet itinéraire qu'on a voulu voir l'effet des paramètres climatiques notamment la température sur le déroulement de la phénologie d'une variété de pommier; Golden Delicious dans une zone connue par son climat semi-aride, Sidi Omar, wilaya de Ain Defla.

CHAPITRE I :
Généralité sur le
pommier

I.1. Origine du pommier :

Le pommier est l'arbre fruitier le plus anciennement cultivé en Europe et dans le monde en zones tempérées (**Bretauudeau, 1978 ; Chouinard et al, 2000**).

Il possède l'aire de culture la plus étendue que l'on connaisse pour une seule espèce. L'origine du pommier remonte à la préhistoire, soit 13 siècles avant Jésus-Christ, par la suite il a été propagé pour être cultivé par les Grecs et les Romains (**HUGARD 1974**).

Le berceau du pommier se situe très certainement dans le Caucase et sur les bords de la mer Caspienne. Sa culture s'est étendue à l'Europe orientale, à la Russie, puis à l'Europe occidentale et l'Afrique du nord (**BRETAUDEAU, 1978**).

La délimitation du nombre d'espèces au sein du genre *Malus* est problématique. Entre 8 et 78 principales espèces sont reconnues selon les approches taxonomiques (**Robinson et al. 2001 ; Luby, 2003**). Ces espèces sont groupées en sections (*Malus, Sorbomalus, Eriobolus, Docyniopsis, et Chloromeles*) et séries comme *Malus* et *Baccata* qui composent la section *Malus* (**Luby, 2003**).

I.2. Importance économique de pommier :

I.2.1. Dans le monde :

Le pommier est une espèce fruitière cultivée dans le Monde entier. Elle est l'une des quatre plus grandes cultures fruitières avec la banane, le raisin et les agrumes (**FAO 2008**).

Selon les estimations de la **F.A.O (2013)**, la production mondiale de la pomme est en accroissement (**Tableau 01**). La Chine est devenue le premier producteur de pommes avec environ 37 millions de tonnes exportées (**F.A.O, 2013**).

Tableau n° 01 : Importance de la culture du pommier par zone de production

Zone de production		Superficie (Ha)	Production (T)	Rendement T/ha
Afrique	Algérie	40,858.00	397,529.00	97,295.27
	Maroc	31,651.00	485,642.00	153,436.54
	Egypte	21,145.00	541,239.00	255,965.48
Asie	Chine	2,060,000	37,000,000.	179,611.65
	Japon	37,400.00	793,800.00	212,245.99
	Inde	321,900.00	2,203,400	68,449.83
Europe	Pologne	194,680.00	2877,336	147,798.23
	France	41,051.00	1,382,901	336,873.89
	Italie	54,684.00	1,991,312	364,148.93
Amérique	Canada	15,489.00	269,837.00	174,212.02

	Chili	36,500.00	1, 625,000	445,205.48
	Brésil	38,457.00	1, 335,478	347,265.26

(FAO, 2013)

En Afrique, l’Egypte connaît une hausse intéressante de la production tant pour la production que le rendement qui reste supérieur à 255,97 T/ ha, vient ensuite le Maroc, qui connaît une évolution de secteur pommicole suite à l’augmentation des surfaces, dont la production a atteint 485,642 tonnes et un rendement de 153,43 T/ ha.

I.2.2. En Algérie :

L’Algérie c’est le troisième producteur de pommier en Afrique après l’Egypte et le Maroc avec un rendement de 97,295.27 T /ha selon le tableau n°1. Si la culture de la pomme et de la poire, sont prédominantes dans les pays à climat tempéré, l’Algérie et depuis l’indépendance déploie de grands efforts pour mettre fin à l’importation de ces deux fruits par la bonne conduite du verger, l’amélioration de la production et l’élévation des rendements (SOLTANI, 1998). En 2007, les vergers de pommier couvraient 21 200 ha (F.A.O, 2009), ces vergers sont essentiellement localisés à Médéa, Ain Defla, Batna, Tiaret, Blida et Khenchela.

Tableau n° 02: Evolution de la culture du pommier en Algérie (2010– 2015)

Année	Superficie (ha)		Production (Qx)	Rdt qx/ha
	Complantée	En rapport		
2010	52419	39852	3786367	95.010715
2011	51080	40978	4041050	98.615111
2012	48828	40858	3975290	97.295267
2013	48064	41030	4559372	111.12289
2014	46830	40418	4628154	114.50725
2015	47360.03	41011.46	4514716.81	110.08427

DSA 2017

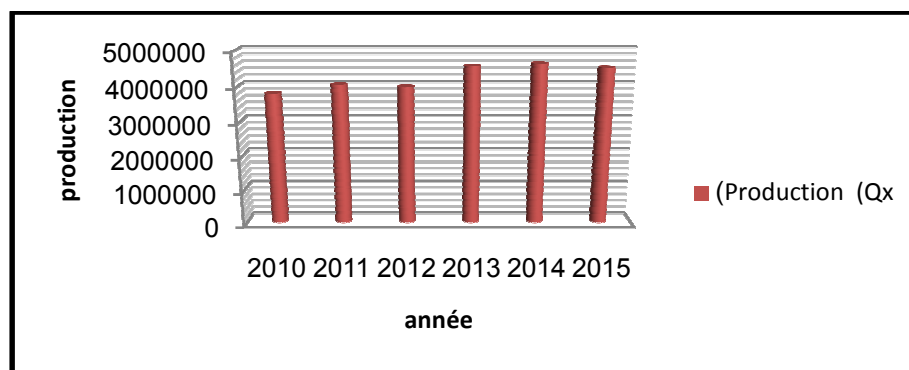


Figure n°01 : Evolution de la production du pommier en l'Algérie.

La wilaya d'Ain defla est parmi les principales régions productrices dans l'Algérie. Elle occupe la deuxième place au niveau national après la wilaya de Médéa, dont la superficie totale occupée par le pommier est passé de 1 688 ha (2010/2011) pour atteindre 1 234 ha en 2016 /2017 (voir **tableau n° 03, D.S.A, 2017**).

La production la plus élevée du pommier dans la région de Sidi Lakhdar est signalée pendant la campagne agricole 2010/2011 avec 59500Qx, puis elle a connu une descente en 20011/2012 avec 34800Qx. Des hausses importantes ont été enregistrées durant les campagnes suivantes comme celle de 2012/2013 en atteignant 59500 Qx. Une baisse importante de la production a été signalée en 2015/2016 arrivée à 17800 Qx.

Tableau n° 03: Evolution de la culture du pommier dans la commune de Sidi Lakhdar de 2011 à 2016

année	Superficie (ha)		Production (Qx)	Rdt Qx/ha
	Superficie totale plantée	Superficie en rapport		
2011	174	170	59 500	350,0
2012	174	170	34 800	204,7
2013	174	170	59 500	350,0
2014	165	165	33 000	200,0
2015	169	167	42 175	252,5
2016	136	134	17 800	132,8

(DSA 2017)

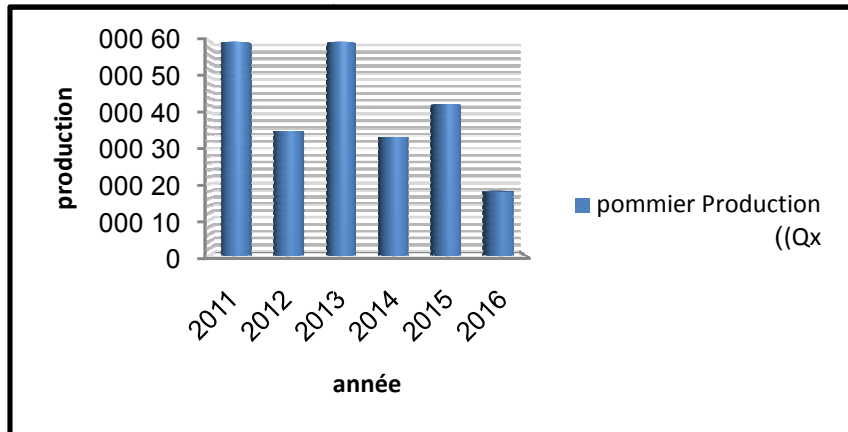


Figure n°2 : Evolution de la production (Qx) du pommier à Sidi Lakhdar

I.3.Exigences agro climatiques :

I.3.1. Exigences climatiques:

Le climat à une grande influence sur l'activité physiologique de l'arbre et les différences annuelles parfois très grandes de rendement et de qualité des fruits sont en grande partie attribuées aux variations climatiques. Le climat agit sur la plante par ces différentes composantes, la température, la pluviométrie et le vent (**TROMP in DAOUDI, 1989**).

a- Température :

Les températures exercent une action directe sur le développement des organes végétaux : bourgeons, rameaux, racines, ... (**GAUTIER, 1987**).Elles jouent un rôle important dans l'évolution des bourgeons, depuis le début de l'entrée en dormance jusqu'à sa levée et au moment de débourrement et la floraison (**ZAIDI ,1985**).

D'après **BIDABE (1965)**, la température intervient selon deux modalités d'action très différentes sur les bourgeons:

- Des températures basses sont nécessaire pour quela levée de dormance se produise;
- Des températures élevées favorisent ensuite l'évolution des bourgeons après leur levée de dormance.La plupart des variétés ont des besoins moyens en froid hivernal pour lever la dormance des bourgeons (**GAUTIER, 1988**).

ZAIDI (1985), indique que les besoins en froid hivernal sont évalués en nombre d'heure de froid ou la température est inférieure à 7,2°C. Il indique aussi que les variétés : Golden Délicieux et Starkrimson nécessitent 600 à 800 heures de froid.

b- Pluviométrie:

Selon **LAMONARCA(1985)**, la pluie joue un rôle prépondérant dans l'approvisionnement de la terre en eau. La pluviométrie des régions favorables à la culture des pommiers est en moyenne de 600 à 700 mm d'eau par an (**BRETAUDEAU, 1978**).

De débourrement à la chute des feuilles, le pommier consomme environ 6.000 m³ d'eau par ha par an, ce qui correspond à une précipitation de 600 mm. Les plus forts besoins se font sentir en Juillet et en Août (**GAUTIER, 1988**).

En Algérie, les zones où le pommier pourrait prospérer reçoivent 400 à 800 mm pendant la période hivernale. Des compléments d'irrigation s'avèrent donc nécessaires de la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été. Les doses préconisées sont de 2.000 à 3.000 m³/ha (**SAPIN, 1977**).

c- Vent:

Le vent violent occasionne des dégâts mécaniques. Il brise les branches, provoque la chute des fruits ou des fleurs, il fait aussi obstacle à l'action pollinisatrice des insectes. Sous l'action du vent, les jeunes tissus trop tendres se mettent à transpirer anormalement et ne tardent pas à se dessécher (**LAMONARCA, 1985**).

d- Gelées:

Les températures négatives sont sans effet sur le pommier en repos hivernal. Par contre, dès que l'arbre reprend sa croissance végétative, les bourgeons vont montrer une sensibilité croissante aux températures négatives. Les seuils critiques d'apparition de dégâts sont variables selon les stades phénologiques. Les pertes sont directes par la chute du rendement ou indirectes par la présence de fruits non-commercialisables (craquelures, anneaux) (**CTFL, 2011**).

I.3.2. Exigences édaphiques:

Le pommier est moins exigeant; il se développe sur une gamme de sols extrêmement étendue de caractéristiques physiques et chimiques très diverses (**ANDRE, 1965; GAUTIER, 1978; CALYET et GUIRBAL, 1979; LAMONARCA, 1985**). Le pommier se plaît surtout dans des sols profonds, sains, aérés, bien drainés (**ANDRE, 1965; BRETAUDEAU, 1978; BOUHIER DE L'ECLUSE, 1983; LAMONARCA, 1985; GAUTIER, 1988**).

Les sols qui conviennent le mieux au pommier sont des argilo-siliceux (**LAMONARCA, 1985; FAURE, 1979**). On ne peut obtenir de bons résultats sur des sols trop meubles ou trop compacts (**LAMONARCA, 1985**). Le pommier redoute les excès d'humidité, par contre une fraîcheur naturelle du sol lui est indispensable (**BRETAUDEAU, 1978; CALVET et GUIRBAL, 1979**).

FAURE (1979), signale que le pommier peut être cultivé à un pH base de 5, sans que l'arbre souffre. D'après **REBOUR (1968)**, un taux de 2g de Na Cl / l dans la solution du sol est considéré comme limite à ne pas franchir pour le pommier.

Selon **HENIN et al. (1969)**, la matière organique est la base de l'humus et du complexe argilo humique, la fertilité des terres en est dépendante. **LAMONARCA (1977)**, note que les sols trop riches en cet élément donnent des arbres très développés mais des fruits manquant de saveur, de parfum et se conservent mal.

CHAPITRE II :
Caractéristiques
botaniques et
physiologiques

II.1. Caractéristiques botaniques :**II.1.1. Classification botanique :**

Pendant longtemps, les botanistes ont considéré que le pommier constituait le sous-genre *Malus* au sein du genre *Pyrus*. L'appellation botanique était alors *Pyrus-Malus*. A l'heure actuelle, on admet que *Pyrus* et *Malus* forment deux genres distincts, bien que très voisins (**Hugard, 1974 ; Chevereau et Morist, 1985**).

Selon **Delanghe et al., (1983)** et **Lafon et al., (1996)**, sa classification est la suivante :

Classe : Magnolopsida.

Sous-classe: Rosidae.

Ordre : Rosales.

Famille : Rosaceae.

Sous-famille : Maloïdeae

Tribu : Pyreae.

Espèce : *Malus communis* L.

Malus pumila M.

Malus domestica Borkh.

II.2. Caractéristiques morphologiques du pommier :

Le pommier à un port arrondi, avec un tronc robuste, est recouvert d'une écorce grisâtre ou marron plus ou moins foncé. Cet arbre peut atteindre un grand développement, de 06 à 12 m (**RETOURNARD et GOSSELIN, 1994**).

Les rameaux du pommier ont une écorce lisse, brune, à lenticelles plus ou moins nombreuses suivant les variétés. Ils portent des bourgeons qui peuvent être végétatifs ou floraux.

Sur ces rameaux les feuilles sont caduques, alternes, simples, entières et dentées sur les bords. Elles portent 2 stipules à la base du pétiole.

Les fleurs du pommier sont hermaphrodites, et la reproduction de l'espèce est assurée avec une allogamie prédominante. L'inflorescence du pommier est un corymbe à floraison centrifuge (**Pratt, 1988**). La fleur est pentamère et présente 5 sépales, 5 pétales, 20 étamines à filets libres et un gynécée comportant 5 styles soudés à leur base.

L'ovaire comprend 5 carpelles infères soudés renfermant chacun 2 ovules (**Brown, 1975**).

Les anthères ont une déhiscence longitudinale qui s'effectue quelques heures après l'ouverture de la fleur. Elles libèrent un pollen lisse, peu adapté au transport par le vent du fait de son poids (**Le Lezec et Thibault, 1986**).

Selon Bretaudeau (1978), le fruit est une drupe, à mésocarpe charnu entourant 5 loges cartilagineuses, la chair croquante de teinte blanchâtre, jaune ou rose, les loges contenant le pépin.

II.3. Caractéristiques biologiques de l'espèce :

II.3.1. Cycle annuel du pommier :

Selon **BENTTAYEB (1993)**, le cycle évolutif annuel des arbres fruitiers concerne l'ensemble des processus et des changements que subit la plante durant une année. Ces changements sont de nature biologique, biochimique et morphologique et dépendent dans une large mesure des conditions externes, notamment d'aléas climatiques. Il ajoute que la réaction de l'arbre aux conditions du climat sont ainsi différentes et saisonnières et s'extériorisent visiblement par deux grandes phases : la phase de dormance ou repos et la phase d'activité.

II.3.1.1. Repos hivernal :

Selon **GAUTIER (1987)**, C'est la période qui commence de la chute des feuilles en automne et prend fin au débourrement à la fin de l'hiver. Une période d'inactivité apparente. L'arbre n'est pas toute fois au repos total les racines continuent de croître, les ébauches florales prennent forme dans les bourgeons, les réserves migrent vers les ramifications. A l'automne, la diminution progressive des températures permet aux bourgeons d'entrer en phase d'endormance (**LASKO, 1994 cité par MASSONNET, 2004**). A la fin de l'hiver, lorsque les températures deviennent suffisamment élevées on assiste à la levée de dormance (**GAUTIER, 1987**). Les facteurs les plus efficaces pour lever la dormance sont: les températures froides, les jours longs, la succession d'une contrainte hydrique et diverses substances chimiques dont les régulateurs de croissance (comme les gibbérellines) (**HERTER, 1992**).

II.3.1.2. Période active de végétation :

A/ Débourrement :

Le débourrement est la première manifestation externe de l'activité de l'arbre. Du point de vue cinétique, le débourrement débute par le gonflement des bourgeons, l'augmentation du taux de matière sèche et l'écartement des écailles (**BENTTAYEB, 1993**). Selon **LEGAVE et**

al. (1984) in MESSAHEL (2007), la levée de dormance et l'évolution des bourgeons exigent deux actions thermiques :

- La satisfaction des besoins en froid hivernal ;
- La satisfaction des besoins en chaleur.
- La satisfaction des besoins en chaleur permet le développement normal des bourgeons après la levée de dormance par le froid (**BENTTAYEB, 1993**).

B/ Floraison :

Le pommier est une espèce allogame, du fait d'une auto- incompatibilité pollinique de type gamétophytique (**Lespinasse, 1992**). Ainsi, les cultivars de pommier sont hautement hétérozygotes (**Chevreau et al, 1985**).

1. Induction florale :

C'est un phénomène physiologique complexe qui se traduit par le passage de la plante de l'état végétatif à l'état reproducteur (**BENTTAYEB, 1993**).

SOLTNER (2007), ajoute que l'induction florale c'est la transformation de bourgeons végétatifs en bourgeons reproducteurs, avec ébauches florale. Elle est sous l'influence de la température (c'est la thermo-induction) et de la lumière (c'est le photopériodisme). **TRILLOT et al. (1990) in BENTTAYEB (1993)**, notent que la durée moyenne de l'induction florale chez le pommier est de 50 à 70 jours.

2. Différenciation florale :

Chez les arbres fruitiers à feuilles caduques la différenciation florale se produit habituellement au cours de la période estivale (fin juin – début juillet) chez le pommier (**BENTTAYEB, 1993**). La différenciation morphologique des bourgeons commence 30 à 40 jours après la floraison.

3. Développement floral :

BENTTAYEB (1993), indique que le développement floral est caractérisé par la croissance des ébauches florales et la maturation des cellules reproductrices qui aboutissent à l'éclatement du bouton à fleur. Chez le pommier, les fleurs qui se trouvent à l'intérieur de l'inflorescence s'épanouissent avant celles de l'extérieur.

C/ Fécondation et nouaison :

La pollinisation doit être bien organisée afin d'obtenir une meilleure fécondation des arbres en intercalant dans les vergers ou en plantant à proximité, d'autres variétés capables d'adopter un supplément de pollen, ou en disposant une ruche dans le voisinage (4 à 6 ruches / Hectares chez le pommier) (**GONDE et JUSSIAUX, 1967**). **GAUTIER (1978)**, ajoute que la fécondation se révèle indispensable à la nouaison du fruit et à son grossissement.

La nouaison est définie comme étant le mécanisme qui prend la relève de la floraison. Elle peut être le résultat de la fécondation des fleurs ou la parthénocarpie et conduit à la formation des fruits (**GAUTIER, 1987; BENTTAYEB, 1993**). Le fruit noué poursuit sa croissance, celle-ci est plus rapide en pollinisation croisée (**FERRE et al. 1991**).

E/Grossissement des fruits et maturation :

Théoriquement, la succession de plusieurs phases biologiques traduit nettement l'évolution du fruit qui se résume en trois phases :

- Une phase de multiplication cellulaire très active.
- Une phase d'élongation cellulaire qui a pour conséquence le grossissement définitif du fruit.
- Une phase de maturation physiologique où s'amorce le processus biochimique conduisant à la maturité et à la sénescence du fruit (**BIDABE, et al, cités par BRAHIM, 1985**).

II.3.2. Différentes productions de pommier :**II.3.2.1. Productions à bois :****A/ -Œil à bois :**

Il se distingue du bourgeon floral par sa forme pointue (**GAUTIER, 1978 ; LAMONARCA, 1985**). L'œil à bois est inséré sur le rameau à l'aisselle d'une feuille. Il évolue l'année qui suit sa formation en donnant une pousse feuillée ou un dard.



Figure n°03: œil à bois (ITAFV, 2014).

B/ -Rameaux :

Ce sont des rameaux d'une longueur de 30 à 50 cm ne présentant que des yeux à bois coniques, insérés sur un renflement plus ou moins appliqué sur le rameau selon les variétés (COUTANCEAU, 1962).



Figure n° 04 : Rameau

C/ Gourmand:

Ce rameau à bois très vigoureux est né d'un excès de sève, il est toujours indésirable. Sa grande vigueur ne permet pas une mise à fruit facile. On le trouve généralement sur la partie supérieure de l'arbre, au sommet d'un coude ou à l'aisselle des deux charpentières. Les gourmands du pêcher sont en général de très forts rameaux mixtes.

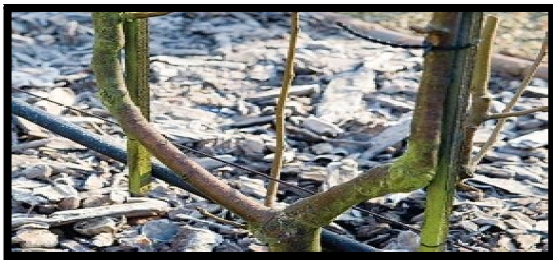


Figure n° 05 : Gourmand.

II.3.2.2.Productions à fruits :**A/ - Bourgeon à fleurs :**

C'est un organe globuleux et court. Il donne naissance à une fleur ou une inflorescence (LAMONARCA, 1985). Il est nettement plus arrondi que l'œil à bois car il renferme plusieurs fleurs qui n'attendent que le printemps pour s'épanouir.



Figure n° 06: Boutons à fleurs.

B/ Brindilles :

C'est un rameau flexible et grêle atteignant de 8 à 30 cm de longueur selon la vigueur de la coursonne et de l'arbre (GAUTIER, 1987). Selon BRETAUDEAU(1978), il y a deux possibilités : la brindille ordinaire « A » dite stérile ou simple car terminée par un œil à bois ; brindille couronnée « B » dite fertile puisque terminée par un bouton à fleur.



Figure n° 07: Brindille

C/ Bourse :

C'est un renflement charnu et spongieux du pédoncule qui subsiste sur la coursonne après la cueillette des fruits (GONDE et JUSSIAUX, 1967).

HUET (1990), indique que plus le volume des bourses est important, plus la production est régulière, le phénomène d'alternance se trouve alors atténué.



Figure n° 08: Bourse.

D/ Lambourde :

Elle ressemble au dard mais elle porte à son extrémité un bourgeon floral. Sur le poirier et le pommier, les lambourdes prennent rarement naissance sur le bois d'un an (ROGER et JUSSIAUX, 1980).



Figure n° 09 : Lambourde.

E/ Dard :

C'est un rameau très court de 1 à 3 cm de long, terminé par un œil végétatif, il peut subir des transformations et donne un bourgeon à fleur au bout de deux ans, comme il peut ne rien subir et ne donne aucune production fruitière (GAUTIER, 1978).












Figure n° 10 : Dard.

II.3.3. Stades phénologiques repères du pommier :

En arboriculture, plusieurs systèmes de description accompagnés de dessins représentatifs des principaux stades repères des arbres fruitiers ont été proposés. Le plus couramment utilisé est le code Fleckinger subdivisé en 15 stades de A à J et l'échelle BBCH plus détaillée que cette dernière utilisant des chiffres de 00 à 100. Le tableau ci-dessous récapitule les différents stades phénologiques selon l'échelle Fleckinger et BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie)

Tableau n°04 : Stades phénologiques repères du pommier :

Code BBCH	Stade (Fleckinger)	Description	Photo
00	A	Repos hivernal des boutons floraux	
51-52	B	Gonflement des boutons floraux – écartement des écailles – aspect velu (bouton blanc)	

53-54	C-C3	Seules les feuilles entourant les fleurs sont visibles (pointe verte) – les premières feuilles se séparent (« oreille de souris »)	
55-56	D	Les boutons floraux sont visibles (bouton vert)	
57 (bouton rose) – 59 (ballon)	E-E2 (bouton rose) - E4 (ballon)	Les pétales sont visibles (bouton rose) – Les pétales forment un gonflement (stade ballon)	
61	F1	Fleurs centrales ouvertes et/ou environ 10% de fleurs ouvertes	
64	F2	Toutes les fleurs de 50% des bouquets sont ouvertes ou 50% de fleurs ouvertes	
65-69	G	Chute des pétales	
71 :0-10 mm de diamètre	H (fin de chute des pétales)	Développement des fruits	

Source : (INRA, 2006)

CHAPITRE III :
Effet de climat sur le
pommier

III.1. Indices associés aux saisons automnales et hivernales

III.1.1. Intensité et durée de froid

La diminution de la photopériode au cours de l'automne initie l'entrée en dormance des arbres fruitiers et la diminution de la température permet de compléter le processus d'endurcissement. L'endurcissement peut être inadéquat si une première gelée mortelle intervient trop rapidement après la cessation de la croissance.

La photopériode au jour de la première gelée automnale est utilisée pour décrire la sévérité des conditions; une photopériode courte au jour du premier gel indique une longue période entre la cessation de croissance et le premier gel et donc, des conditions favorables d'endurcissement sont des indices associés à la période de froid. L'accumulation de degré froid ($T < 15\text{ °C}$) est utilisée pour exprimer la menace associée à l'intensité et la durée de températures létales; cette accumulation réfère au processus de tolérance au froid par gel extracellulaire présent chez les plantes fourragères et les arbres fruitiers. La distribution nordique des arbres fruitiers est limitée par la température minimale annuelle; cette température minimale est un indice de la capacité de la plante à tolérer le froid par surfusion profonde (**Rochette et al, 2004**).

La possibilité de perte d'endurcissement au cours de l'hiver existe également chez les arbres fruitiers. Comme pour les plantes fourragères, nous avons calculé un indice décrivant ce phénomène. Pour les arbres fruitiers, Ce risque de perte d'endurcissement est calculé en cumulant les degrés-jours ($T > 0\text{ °C}$) du 1er janvier au dernier évènement de 15 °C ces indices climatiques permettent de mieux estimer les risques de mortalité hivernale et d'aider à la prise de décision quant à l'implantation de cultures pérennes en lien avec leur potentiel de survie hivernale dans une région donnée. Plus récemment, ces indices ont été utilisés pour prédire l'impact des changements climatiques prévus sur les risques de dommages hivernaux aux plantes fourragères pérennes et aux arbres fruitiers (**Bélangier et al, 2002**).

Tableau n°5 : Besoins en froid de quelques espèce fruitières

Espèces	heure de froid ($T < 7\text{ °C}$) nécessaire pour la levée de dormance
Pommier	1200-1500
Poirier	1200-1500
Cerisier	1100-1300
Noyer	1200-1500
Abricotier	700-1000
Amandier	200-500
figuier	200

III.1.2.Effets négatifs du manque de froid:**III.1.2.1.Sur la dormance et le débourrement:**

Chez les rosacées fruitières, le froid constitue un facteur indispensable à la levée de dormance. Dans les plaines marocaines, son insuffisance limite la performance de variétés de pommier standard, telle '*Golden Delicious*', et conduit à l'apparition d'une « dormance prolongée » caractéristique des régions à hiver doux. L'extension de la culture du pommier vers les zones de plaines et les zones de faible latitude pendant les années soixante-dix s'est retrouvée confrontée à ce phénomène physiologique. En effet, un manque en froid provoque un déséquilibre dans la croissance végétative et la fructification de l'arbre. Cette insuffisance peut se manifester entre autre par un taux de débourrement faible, un retard de débourrement des bourgeons latéraux, un débourrement anticipé des bourgeons terminaux, une inhibition du débourrement des bourgeons latéraux (effet de dominance apical), une insuffisance de la couverture foliaire et un rendement faible de fruits qui sont alors souvent de petit calibre (Petri, 1989).

Les effets du manque en froid sur le pommier se manifestent selon Jose-Luis (1989) par :

- un défaut de couverture foliaire ;
- une forte consommation de réserve au début de la croissance ;
- un développement terminal vigoureux et long (nécessité d'une taille plus sévère) ;
- une formation d'un nombre peu élevé de lambourdes ;
- un retard de l'initiation de la fructification des fruits petits ;
- un rendement faible ;
- un développement végétatif exubérant ;
- une demande en froid élevée des branches vigoureuses.

III.1.2.2. Sur la floraison :

Le manque de froid hivernal est rencontré dans les climats à hiver doux. Selon de nombreux auteurs, la non satisfaction des besoins en froid d'un cultivar peut être caractérisée par les symptômes suivants :

- une chute des bourgeons floraux et végétatifs,
- une feuillaison faible avec un manque de vigueur des rameaux,
- une floraison tardive,
- des fleurs déformées ayant peu de pollens,

- un calibre et une maturité des fruits très hétérogènes,
- un rendement et une qualité des fruits médiocres.

D'où la nécessité d'établir une carte arboricole nationale déterminant les zones de culture pour différentes Espèces et variétés au sein d'une même espèce en relation avec les données climatiques de la région (**LAZAAR ,1987**).

III.1.3.Gels tardifs au début du printemps:

Le développement des bourgeons au printemps est associé à une vulnérabilité croissante aux gélées tardives. Pour exprimer le risque de dommages aux bourgeons par une gelée tardive, un indice du cumul des degrés-jours ($T > 5\text{ °C}$) du 1^{er} janvier au dernier évènement d'une température inférieure à 0 °C a été calculé. Les risques de dommages aux bourgeons par une gelée tardive diminuent avec une diminution du cumul de degré-jours. (**anonyme**)

À partir de moment où la dormance est levée chez les arbres fruitiers, ceux-ci peuvent répondre aux conditions climatiques favorables à leur développement. De plus, l'évolution de leurs stades phénologiques est jumelée à une diminution de la tolérance au froid. Ainsi, du débourrement à la nouaison, des gels tardifs peuvent causer des dommages importants aux bourgeons floraux. Les risques associés à un gel tardif sont alors évalués à partir du cumul des degrés-jours à des températures supérieures à 5 °C entre le 1^{er} janvier et la date du dernier gel à une température minimum de -2 °C (**Rochette et al., 2004**). Cet indice prend en compte à la fois le développement de la culture et le moment du dernier gel. Une valeur élevée de cet indice indique un risque accru de dommages aux bourgeons floraux.

III.2.effet des variations climatiques sur le stade phénologiques :

III.2.1. Sur la levée de dormance et le débourrement:

La température est un facteur influençant le développement et la croissance des plantes. Les changements climatiques peuvent donc avoir un impact majeur sur la phénologie de celles-ci (**Cleland et al, 2007**). La majorité des arbres fruitiers entrent en dormance au cours de l'automne afin d'éviter les dommages occasionnés par les températures froides en modifiant leur état physiologique avant l'arrivée de l'hiver. Pour lever cette dormance, les bourgeons doivent être exposés à des températures froides ($0\text{ à }7\text{ °C}$) durant un temps fixe (unités de froid). Les changements climatiques anticipés dans les prochaines décennies pourraient

entraîner une diminution des unités de froid, ce qui empêcherait les arbres fruitiers de combler leur besoin en froid (**Hansen et al.2006**).

Plusieurs chercheurs ont étudié les impacts des changements climatiques sur différentes cultures. Selon les tendances observées dans une étude réalisée au Québec entre 1960 et 2005, l'augmentation de la température serait plus importante durant la saison hivernale qu'estival (**Rochette et al, 2004**).

Les indices de températures suggèrent une augmentation du nombre d'événement gel/dégel en hiver qui se caractérisent par des journées avec une température maximale supérieure à 7°C, et minimale inférieure à, 0°C. De plus, les changements climatiques entraîneront une diminution de la durée de la saison de gel et une augmentation de la durée de la saison de croissance. Bien que le nombre de jour de précipitation ait augmenté depuis les dernières années, le nombre de jours avec neige ainsi que les accumulations totales de neige ont diminué au cours des 46 dernières années (**Yagoubi et al, 2008**).

III.2.2. Influence de température sur la floraison:

Des changements dans les stades phénologiques tels la date de coloration des feuilles (**Menzel et Fabian, 1999**) et la date de floraison (**Guédon et Legave, 2008**) ont déjà été observés.

L'avancement de la période de croissance a été relié aux changements climatiques (**Chmielewski et Rotzer, 2001**). La floraison de pommier est dépendante de la quantité de froid reçue par les bourgeons pendant la période hivernale. A cause de réchauffement climatique, ces besoins sont moins régulièrement couverts dans certaines zones de culture comme dans le sud du Brésil, entraînant des irrégularités de floraison et des pertes de rendement. À l'aide des phases phénologiques (floraison de pommier), une augmentation de la température moyenne annuelle de 2.5°C à 3.7°C s'est repérée, la hausse des températures sera plus importante en hiver (de 2 à 3,5 °C) qu'en été (de 2 à 3 °C). Les températures minimales augmenteront plus que les températures maximales avec un allongement de la période de croissance (30 à 45 jours).(**Boland et coll., 2004**)

III.2.2.1. Avancement de la date de floraison:

Les tendances par espèce et par site peuvent être révélées en analysant les séries chronologiques les plus longues établies pour un stade et une variété donnée. A partir de ces longues séries il apparaît que l'époque de floraison des arbres fruitiers s'est caractérisée par une tendance vers plus de précocité pour l'ensemble des stades de floraison des espèces et

variétés étudiées. Cette avancée de floraison, observée à l'échelle française, et même européenne, semble s'être réalisée sous forme de rupture à la fin des années 80 en réponse à un fort réchauffement printanier à cette période tant en France qu'en Europe. La cinétique d'avancée du stade de début de floraison du pommier *Golden Delicious* à Angers (6-7 j en moyenne sur 51 ans) en est une bonne illustration.

Cependant depuis le début des années 2000, l'indicateur a également révélé une diversité des réponses phénologiques suivant l'espèce et le site. De même l'avancée de floraison du pommier à Nîmes, observée à la fin des années 80, n'apparaît plus clairement depuis le début des années 2000 à la suite de floraisons relativement tardives durant cette dernière décennie (**Legave, 2008**).

III.2.3. Effet de la température sur la durée de croissance:

La pomiculture devrait voir sa saison de croissance augmenter de 14 à 45 jours selon les régions tout en profitant d'une diminution de l'exposition aux risques de froid intenses en hiver (**Lease et al., 2009**). Cependant, la sensibilité de telles productions aux gelées tardives ou aux automnes trop chauds peut à la fois freiner cette diversification et pénaliser certaines productions fruitières déjà installées. De même, des températures hivernales trop élevées pourraient entraîner un durcissement précoce et donc provoquer des dommages aux arbres (**Lease et al., 2009**).

CHAPITRE IV :
Matériel et méthode

IV.1 problématique et objectif :

La croissance des plantes est conditionnée par le climat qui interfère sur leur développement qualitatif et quantitatif d'une espèce fruitière à travers ces stades phénologiques entre autre la floraison.

L'objectif de notre étude est de mettre en évidence l'effet du climat sur le comportement du pommier concernant les stades phénologiques. Le choix a porté sur une variété très appréciée par le consommateur pour ses qualités pomologiques intéressantes.

IV.2.Présentation de la région d'étude :

Sidi Lakhdar est une commune, située dans la daïra de Khemis Miliana, wilaya de Ain Defla.

Elle est limitée géographiquement comme suit :

- Au Nord : Ben Allal
- Au Sud : Djelida
- A l'Est : Khemis
- A l'Ouest : Arib et Ain Defla

Les coordonnées géographiques ; Latitude: 36° 9' 51" nord, Longitude: 0° 26' 27". Altitude 211m Le climat de sidi Lakhdar ressemble à celui de Ain Defla, il est de type méditerranéen semi-aride, avec un caractère de continentalité très marqué. La pluviométrie varie entre 500 à 600 mm/an. La carte satellite suivante montre les limites de cette région.



Figure n°11: Localisation géographique de la région d'étude

IV.3. Caractéristiques climatiques :

D'après **Ramade (1984)**, les factures climatiques les plus importants à prendre en considération sont la température et la pluviométrie.

Pour caractériser l'état climatique de la région d'étude, nous avons pris en considération les moyennes mensuelles de températures et les cumuls moyens de pluviométrie de la décennie 2007-2016 ainsi que les moyennes journalières des températures et de pluviométrie de l'année en cours (2016 – 2017). Ces données nous ont été fournies par la station météorologies d'Ain Defla.

IV.3.1. Précipitations:**Période 2007-2016:**

Une irrégularité inter saisonnière et mensuelle est observée à travers la figure n°12; bien que la saison automnale semble être bien sèche. Le cumul moyen du mois de novembre est venu plus supérieur que celui des mois de décembre et janvier, cela parait très important pour baisser les températures, en favorisant ainsi le déclenchement de la levée de dormance. Le cumul moyen le plus fort était obtenu durant le mois de février avec une valeur de 81,6mm pour la saison hivernale. S'agissant de la saison printanière, des cumuls assez importants ont été notés durant le mois de mars, avril et mai oscillant entre 59mm à 29mm.

Compagne 2016-2017 :

En l'occurrence, la campagne en cours a débuté avec une certaine sécheresse due aux fortes chaleurs enregistrées durant les mois de septembre et octobre. Alors qu'un faible cumul est retenu en septembre et octobre, le mois de novembre a été caractérisé par une forte pluviométrie atteignant 64.25mm.

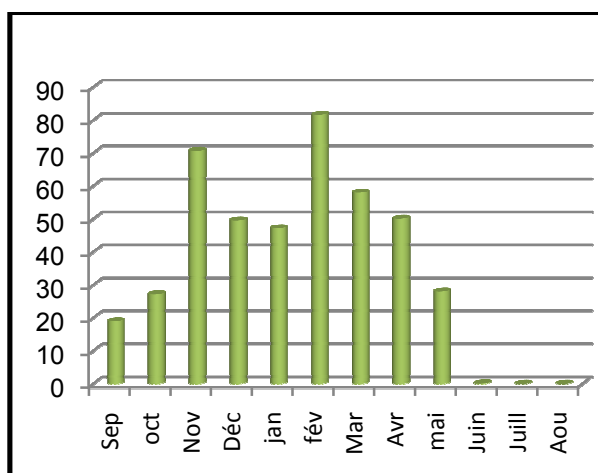
Une importante fluctuation a été signalée durant la saison hivernale avec un cumul oscillant entre 177 mm dans le mois de janvier et 7.11mm dans le mois de février. Les précipitations des mois de mars et avril sont venues plus faibles à celles signalées durant les mêmes mois de la décennie 2007/2016.

La distribution des précipitations est apparue plus régulière durant la période 2007/2016 comparée à celle de l'année en cours. Le cumul total des précipitations jusqu'au mois d'avril

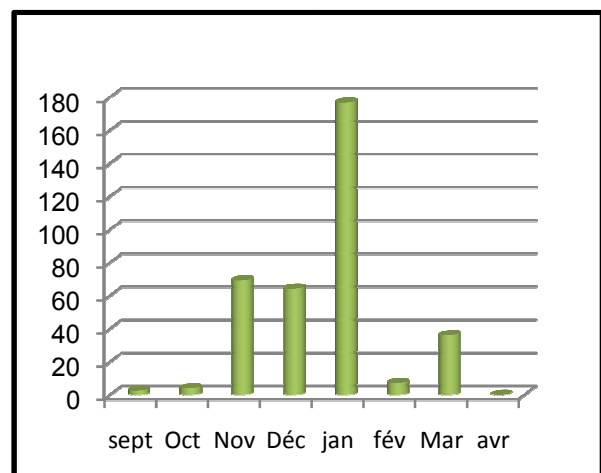
selon les valeurs engendrées dans le tableau suivant, semble être insuffisant pour couvrir les besoins en eau de l'espèce.

Tableau n°06: Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à Sidi Lakhdar durant la campagne 2016 à 2017:

mois	Se	Oc	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Av	Total Annuel
PP (mm)	2,54	4,06	69,33	64,25	177	7,11	36,07	0	360,17



a) 2007/2016



b) 2016/2017

Figure n°12: Histogramme comparatif de la pluviométrie durant la période 2007-2016 et la campagne 2016-2017:

IV.3.2.Température :

Période 2007-2016 :

Les courbes présentées dans la figure n°13 montrent une régression des températures jusqu'au mois de mars, depuis, une remontée accélérée de celles-ci a été révélée.

Les températures les plus élevées ont été enregistrées durant les deux saisons automnale et estivale, avec une moyenne de 30.58°C (mois de juillet) comme la moyenne la plus élevée et 15.77°C comme moyenne la plus faible (mois de novembre). Concernant les autres mois (décembre à mai), considérées comme les mois les plus critiques pour la phénologie de l'espèce à savoir le débourrement et la floraison, les températures les plus basses sont enregistrées durant

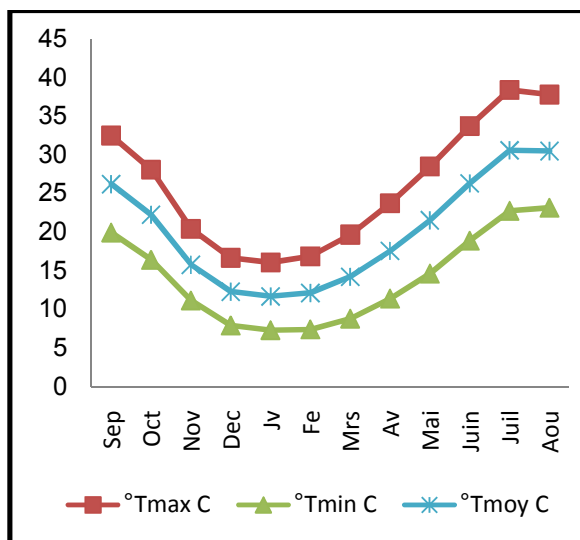
janvier et février ensuite une augmentation importante est signalée durant les mois de mars à mai.

Compagne 2016-2017 :

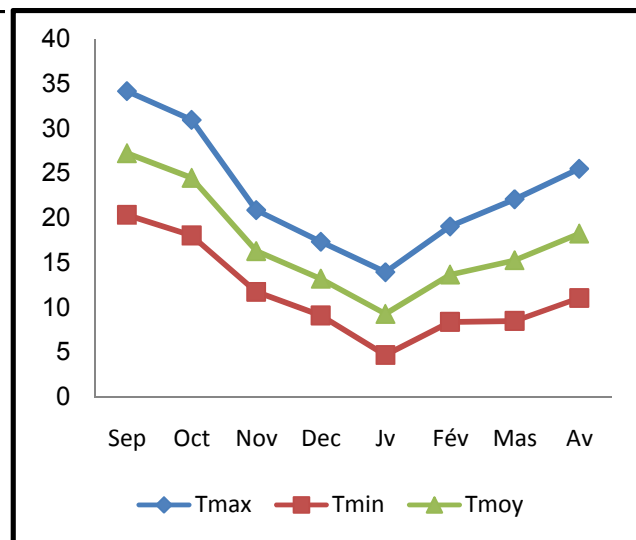
La comparaison des températures moyennes de l'année en cours avec celles des années passées montre clairement une remontée importante de ce variable notamment durant la période automnale. Néanmoins, une baisse importante des températures minimales, maximales et moyennes est à noter durant la période hivernale, à partir du mois de décembre et janvier ou la plus faible valeur moyenne est obtenue (9.8°C) selon le tableau n° 07.

Tableau n°07: Températures moyennes, minimales, maximales mensuelles de 2016à 2017:

Paramètre	Sep	Oct	Nov	Dec	Jv	Fév.	Mas	Av	Moyenne
Tmax C°	34,16	30,95	20,88	17,35	13 ,96	19,07	22,1	25,5	22 ,99
Tmin C°	20 ,35	18,07	11,77	9,12	4,7	8,4	8,5	11 ,07	11,50
Tmoy C°	27,25	24,50	16,32	13,23	9,3	13,7	15,3	18,28	17,24



a)2007/2016



b) 2016/2017

Figure n°13 : courbes des températures moyennes mensuelles minimales, maximales et moyennes durant la période 2007-2016 et la campagne 2016-2017.

IV.4. Choix de matériel végétal:


La variété étudiée est celle de *Golden Delicious* de pommier choisit à partir d'un verger situé dans la zone de Sidi Omar âgé de 15ans avec une superficie de 3.5Ha. Celui-ci est composé de deux variétés du pommier à savoir ; la variété *Golden Délicious* et la variété Starkrimson comme variété polinisatrice.

IV.4.1. Caractéristiques de la variété Golden Délicious:

C'est une variété obtenue par Semi au hasard, découvert en 1890 aux USA par AndersonMullins. L'arbre est de vigueur moyenne, à port semi-érigé, se ramifie abondamment en prenant un port buissonnant. Avec l'âge, la vigueur diminue et l'arbre émet beaucoup de brindilles grêles (Gautier, 1988 ; Zaidi, 1985). Les arbres sont très sensibles à l'asphyxie racinaire, à la majorité des maladies à virus et moyennement sensibles à l'oïdium, la tavelure et le chancre (Gautier, 1988).

Tableau n°08 : Caractéristiques de la variété Golden Délicious :

Caractéristique	Variété	Golden Délicious
Classification botanique		
Nom commun		Golden Délicious
Nom botanique		Malus domestica Borkh
Famille		Rosaceae
Origine		Asia
Caractéristiques phénologiques		
Débourrement		Mars
Floraison		Avril
Maturité		De la 2ème décade de Septembre
Récolte		Septembre
Caractéristique culturales		
Sécheresse		Moyennement résistante
Besoins en froid hivernal		≥ à 700 heures
Maladies		Sensible à la tavelure et moyennement résistante à l'Oïdium.
Pollinisateurs		Starkrimson, Granny Smith, Idared, Jonathan.

Alternance	Fréquente en absence d'éclaircissage.
Nature du sol	Acide léger, Argileux, Argilo humifère, Calcaire léger, Humifère, Neutre
Période optimale de plantation au printemps	De fin février à fin mars
Période optimale de plantation à l'automne	De fin septembre à fin décembre
Caractéristique des organes de fructification	
Arbre	Vigueur : Moyenne. Port : Semi érigé et de type III, buissonnant
Feuille	caduques, alternes, simples, entières et dentées sur les bords
Fruit	Forme : conique globuleuse. Couleur de l'épiderme : jaune Texture de l'épiderme: Lisse avec quelques lenticelles Chair : blanche jaunâtre, juteuse, ferme fine, sucrée, et agréablement
	

IV.4.2. Dispositif expérimental:

La méthode d'échantillonnage adoptée pour cette étude était celle de **Grouzi (1980)** basée sur la classe de vigueur (diamètre de tronc en cm à la base) d'arbres. On a dénombré des pieds choisis au hasard pour chaque classe de vigueur à savoir :

1. Classe de forte vigueur (60 cm-73 cm) : 6 arbres
2. Classe de moyenne vigueur (50 cm-58 cm) : 6 arbres
3. Classe de faible vigueur (36 cm-48 cm) : 8 arbres

Pour chaque pied on a pris quatre rameaux (productifs) selon les quatre orientations (Nord, Sud, Ouest et Est). Cependant, le nombre total des arbres choisis est de 20 arbres et le nombre total des rameaux est de 80 rameaux.

La prise en considération de l'orientation était pour couvrir la différence en termes d'ensollement. Un comptage de nombre de bourgeons végétatifs et floraux était effectué préalablement pour chaque rameau choisis. Des suivis phénologiques ont été débutés à partir 12-12-2016, période où les arbres ont été en état de dormance, jusqu'au 19-04-2017, période de fin floraison. Des observations journalières de stades phénologiques ont été réalisées sur terrain par le biais d'une échelle clé d'identification c'est celle de **BBCH**.

Le code BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) ne s'applique qu'aux plantes. Conçu pour les végétaux cultivés, il peut être décliné différemment selon les productions agricoles auquel on l'applique.

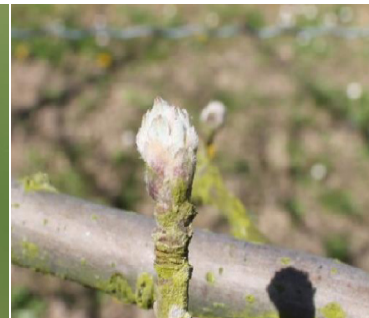
Dans l'échelle BBCH, les différentes phases de développement d'une plante sont divisées en dix stades principaux numérotés de 0 à 9. Compte tenu de la diversité des espèces, certains stades peuvent être inversés voire absents selon la figure n°14 :



Stade 00



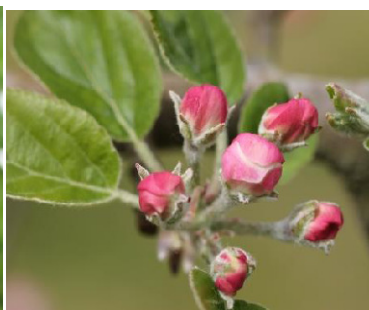
Stade 51-52



Stade 53-54



Stade 55-56



Stade 57-59



Stade 61



Stade 64

Stade 65-69

Stade 71-73

Figure n°14 : Stades phénologiques du pommier selon l'échelle BBCH.

S'agissant des données climatiques journalières (températures et pluviométrie), elles ont été collectées à partir de la station météorologique Ain Defla pour être comparé ultérieurement avec des données anciennes.

IV.5.Méthodes de calcul :

IV.5.1.Calcul de nombre d'heures de froid :

Etant donné que la somme des heures de froid est très importante pour la lever de la dormance de chaque espèce, on a calculé l'unité de froid de notre variété selon La formule d'estimation du nombre journalier d'heures de froid (n) est la suivante :

$$n = \frac{7.2 - m}{M - m} * 24$$

Avec M : température maximale journalière et m : température minimale journalière

IV.5.2.Calcul de degré en jours de croissance.

Pour la plupart des phénomènes biologiques, la vitesse de développement est fortement dépendante de la température. Le concept de somme de degrés x jour est utilisé pour rendre compte de cette dépendance. Pour calculer la valeur du nombre de degrés jour, il faut établir une température de base (7,2°C pour le pommier), puis noter les températures maximale et minimale d'une journée. Dès lors, la valeur du degré jour se calcule ainsi

$$DJ = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_{\text{base}}.$$

IV.5.3. Calcul de taux de débourrement :

Le pourcentage total de débourrement est déterminé à partir du nombre total de bourgeons ayant débouffés par rapport au nombre total des bourgeons présents sur le rameau.

$$\% \text{ de débouffés} = \frac{\text{nombre de bourgeons éclatés}}{\text{nombre de bourgeons total}} \times 100$$

IV.5.4. Calcul de taux de floraison

Concernant la floraison, le début de floraison est déterminé quand 10% de fleurs sont épanouies. La pleine floraison correspond à plus de 50% de fleurs ouvertes. La fin floraison est notée quand la majorité des pétales sont tombés.

$$\% \text{ de floraison} = \frac{\text{nombre de bourgeons fleuris}}{\text{nombre de bourgeons débouffés}} \times 100$$

CHAPITRE V :
Résultats et discussion

V.1. Résultats:

V.1.1. Paramètres climatiques:

V1.1.1 .La somme des heures de froid :

Etant donné que la somme des heures de froid est très importante pour lever la dormance des arbres fruitiers, on a calculé l'unité de froid de chaque mois commençant par le mois qui a enregistré la température journalière la plus basse (**Novembre**) jusqu'au mois de mars. Les valeurs des sommes d'heures de froid enregistrées ont oscillé entre 162.39 heures comme la plus grande valeur durant le mois de février et 5.35 heures comme la plus petite valeur durant le mois de novembre. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau n°09: la somme des heures de froid cumulée durant la période d'étude

Mois	Cumul de froid en heures
Novembre	5.35
Décembre	112.19
Janvier	160
Février	162,29
Mars	89,41
Total 2016-2017	529.23
Total 2015-2016	434,45
Total 2014-2015	393,73

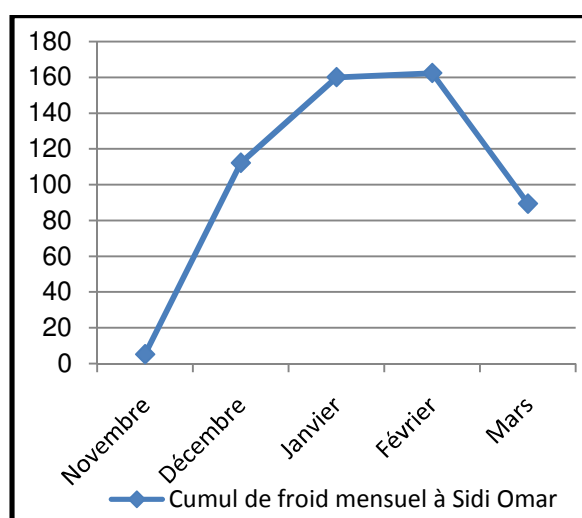


Figure n°15 : Courbede l'évolution des heures de froid en fonction des températures minimales.

Une comparaison a été faite entre la somme des heures de froid de cette campagne (2016/2017) avec celle des campagnes précédentes 2014/2015 et 2015/2016 (voir tableau n°09), montre une nette supériorité de cumul de froid de cette année en cours par rapport aux années passées.

V.1.1.2. Degrés en jours de croissance :

La variété *Golden Délicious* du pommier a montré une forte fluctuation de ces besoins thermiques, alors qu'ils ont pris une valeur importante de 225,1 C° durant le stade de floraison, contre 122,3C° enregistré pour le débourrement. Cette différence dans les besoins thermiques ne traduit que la durée en jours des stades phénologiques associés à leurs tours aux températures moyennes enregistrées durant ces stades.

Tableau n°10: Evolution des valeurs de degré en jour de croissance selon les stades phénologiques 2016 /2017.

Stades phénologiques	Durée en jours calendaires	degrés de croissance
Débourrement	14	122,3
début de floraison	10	77,1
plein de floraison	8	95,2
fin de floraison	5	52,8

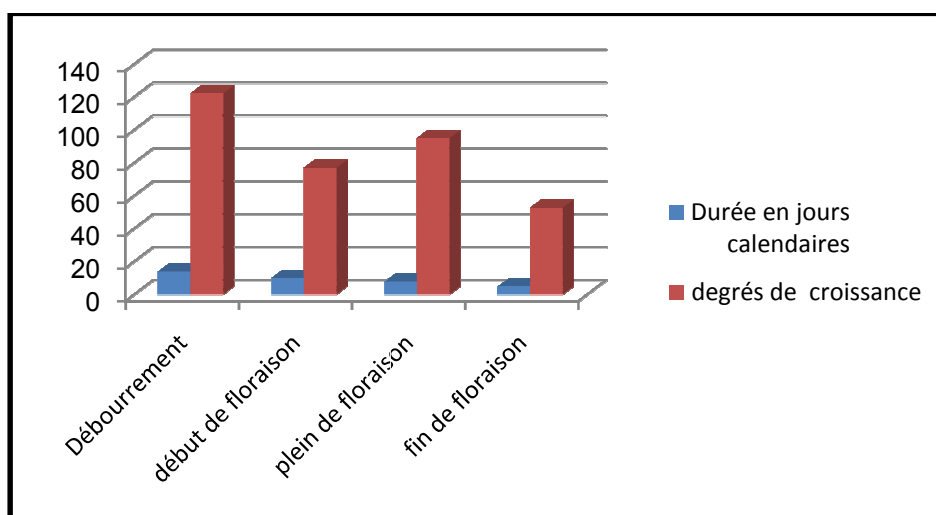


Figure n°16 : histogrammes d'évolution des valeurs de degré en jours de Croissance selon les stades phénologiques.

V.1.2. Déroulement des stades phénologiques de la variété :

V.1.2.1. Débourrement:

V.1.2.1.1. Date de débourrement:

Les dates portées dans le tableau ci-dessous ont montré un avancement de la date de débourrement concernant cette campagne (**09 mars**) par rapport à la campagne précédente. L'avancement est apparu plus important par rapport à l'année 2015/2016. Un décalage de 18 jours a été enregistré entre le début de débourrement de la campagne d'étude 2016/2017 et le début de débourrement de la campagne précédente, et 15 jours pour l'année 2014/2015.

Tableau n°11: Date de débourrement et la durée en jours calendaires pour les campagnes 2014-2015 et 2016-2017

Années	Débourrement		Durée en jours calendaires
	Début	Fin	
2016-2017	09/03/2017	23/03/2017	14
2015-2016	26/03/2016	10/04/2016	15
2014-2015	23/03/2015	02/04/2015	10

V.1.2.1.2. Taux de débourrement:

A/ En fonction de l'orientation des rameaux :

Les valeurs de taux de débourrement en fonction de l'orientation enregistrées dans le tableau au-dessus ont montré une certaine similarité dans l'ensemble des orientations, avec une légère supériorité dans le côté sud, avec un taux de 54,51 %.

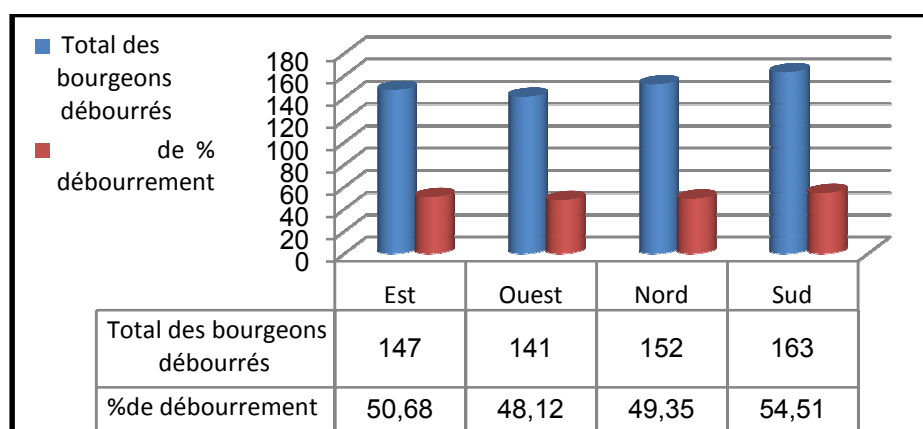


Figure n°17: Histogramme de Taux de débourrement en fonction de l'orientation des rameaux.

B/ En fonction de la vigueur d'arbre :

Les valeurs engendrées dans le tableau au-dessus, révèlent une nette augmentation du taux de débourrement auprès de la classe des pieds à forte vigueur avec une valeur de 56,93% comparée à celle signalée pour la classe des pieds à vigueur moyenne (48,44%) et faible vigueur (47,95%).

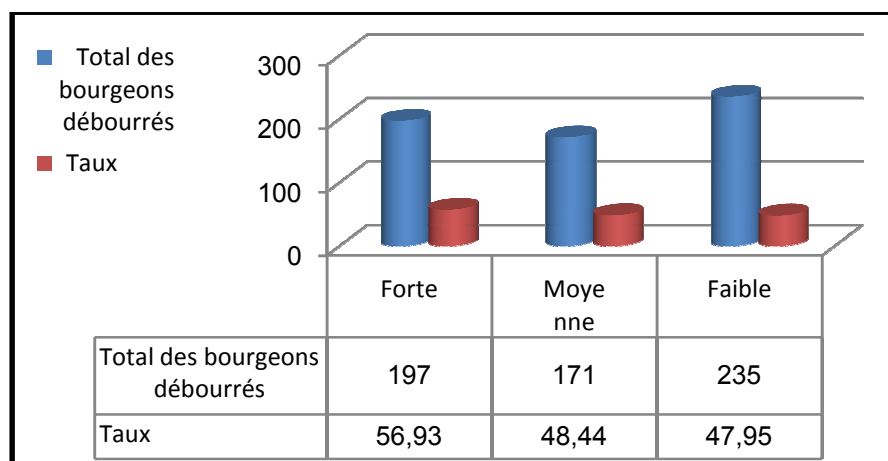


Figure n°18 : Histogramme de Taux de débourrement en fonction de la vigueur d'arbres

V.1.2.2.Floraison:**V.1.2.2.1.Date de floraison:**

Les dates de floraison varient naturellement avec les régions et les conditions climatiques de l'année. Après la levée de dormance, c'est la satisfaction des besoins en chaleur qui permet le développement naturel des bourgeons.

D'après les résultats établis dans le tableau ci-dessous, Un décalage de 18 jours a été enregistré entre le début de floraison de la campagne d'étude 2016/2017 et le début de floraison de la campagne précédente, où la durée en jours calendaires de l'année d'étude est apparue plus que l'année 2014/2015.

Tableau n°12: Date de floraison et la Durée en jours calendaires durant les campagnes 2014-2015 et 2016-2017

Campagnes	Date de floraison			Durée en jours calendaires		
	Début	Pleine	Fin	Début	Pleine	Fin
2016-2017	30/03/2017	10/04/2017	19/04/2017	11	09	05
2015/2016	16/04/2016	/	/	/	/	/
2014/2015	07/04/2015	13/04/2015	16/04/2015	06	03	06

V.1.2.2.2.Taux de floraison;

A/ En fonction de l'orientation des rameaux:

Les valeurs de taux de floraison ont décelé une forte intensité de côté du Sud et Estque le côté Nord et l'Ouest. Le tableau ci-dessous récapitule ces résultats.

Tableau n°13: Taux de floraison pour la campagne en fonction de l'orientation des rameaux:

Orientation	Ouest	Est	Sud	Nord
Taux de floraison	39	48,85	46,62	36,18

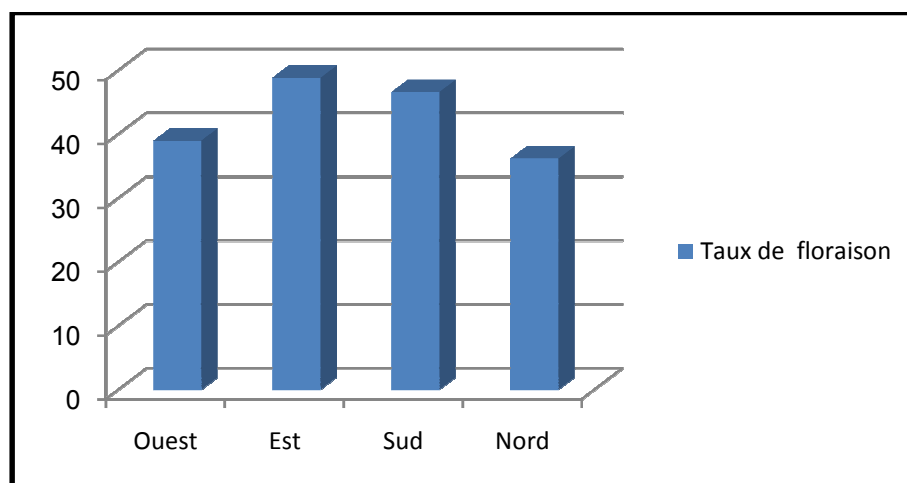


Figure n°19: Histogramme de Taux de floraison pour la campagne 2016 à 2017 en fonction de l'orientation des rameaux.

B/ En fonction de la vigueur d'arbre :

Les valeurs engendrées dans le tableau au-dessous, ont montré une fluctuation du taux de floraison. Au sein de la classe de vigueur d'arbre, un taux de 47,71% est obtenu dans la classe de forte vigueur avec une légère variation entre la classe d'arbres de moyenne et faible vigueur, respectivement de 38,01% et 38,29 %.

Tableau n°14:Taux de floraison en fonction de la vigueur d'arbres:

Vigueur	Forte	Moyenne	Faible
Taux de floraison	47,71	38,01	38,29

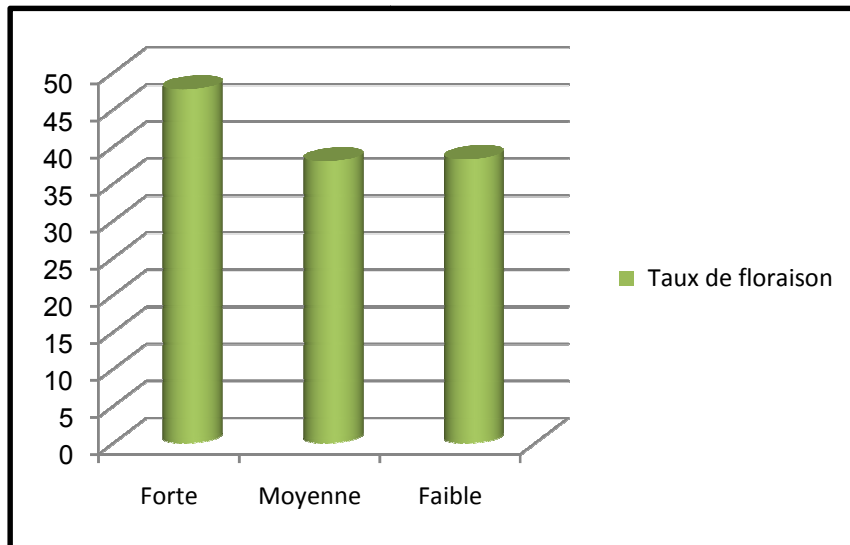


Figure n°20:Histogramme de Taux de floraison en fonction de la vigueur d'arbres.

V.2.Discussion:

Pour bien illustrer le comportement du pommier dans la zone de Sidi Omar connue généralement par des cumuls de froid qui sont loin de satisfaire les besoins de la variété *Golden Delicious* plus ou moins exigeante, des suivis phénologiques concernant le débourrement et la floraison ainsi qu'une collecte des données météorologiques journalières de températures et de pluviométrie ont été réalisés pour une comparaison ultérieure avec des données anciennes.

L'ensemble des résultats obtenus concernant la température et la pluviométrie ont mis la lumière sur une année courante pluvieuse vu les quantités reçues en saison hivernale et le cumul annuel, (360.17) qui paraît assez important comparé à celui de la période 2007-2016 (431.82), avec un trait d'irrégularité dans l'ensemble. Cependant les moyennes minimale et maximale annuelles des températures (jusqu'à mois d'avril) ont atteint respectivement 11,50 C° et 22,99 C°, assez faible par rapport à celles enregistrées durant la même période des années 2007/2016.

S'agissant du nombre d'heures de froid (**529.23 heures**), la valeur obtenue pour cette campagne est venue assez importante que celle des deux campagnes précédentes 2015/2016 et 2014/2015. Le seuil minimal des besoins en froid pour le pommier se situe dans la limite de 600 heures, la valeur obtenue cette année est considérée satisfaisante comparé à ce qu'on a eu

auparavant. Un manque en froid provoque un déséquilibre dans la croissance végétative et la fructification de l'arbre. Cette insuffisance peut se manifester entre autre par un taux de débourrement faible, un retard de débourrement des bourgeons latéraux, un débourrement anticipé des bourgeons terminaux, une inhibition du débourrement des bourgeons latéraux (effet de dominance apical), une insuffisance de la couverture foliaire et un rendement faible de fruits qui sont alors souvent de petit calibre (**Petri, 1989**). Selon **Legave (2011)**, une levée de dormance satisfaisante (satisfaction du besoin en froid) se reconnaît par trois critères:

- Un niveau élevé de floraison ou de débourrement,
- Une homogénéité de floraison ou de débourrement,
- Une période précoce (relativement au site) de floraison ou de débourrement (si T° sont favorables en post-dormance).

La température est un facteur influençant le développement et la croissance des plantes. Le concept de somme de degrés en jours est utilisé pour rendre compte de cette dépendance.

Les variations enregistrées de ce paramètre reflètent les différences dans la durée en jours de chaque stade phénologique ainsi que les températures qui ont marqué ce dernier. Il est à noter que la durée de début floraison s'est étalée sur 10 jours dû à la diminution des températures qu'a connues cette période.

Un avancement de 18 jours de débourrement des bourgeons a été relevé pour cette campagne par rapport à celle de l'année précédente et 15 jours pour l'année 2014-2015, due probablement à la bonne satisfaction des besoins en froid suivie par des températures favorables en début de printemps qui ont accélérées la rentrée en activité végétative.

Selon **GALET (2000)**, le débourrement est le résultat de la somme des actions journalières des températures durant l'hiver et le début de printemps, et la date de celui-ci est en relation étroite avec la température de l'air, cela confirme le décalage et l'allongement de la date de débourrement obtenus selon les années.

REYNIER (2003), signale que la température de l'air est le principal facteur climatique qui déclenche la reprise de l'activité biologique des bourgeons et cela est très tôt au cours de l'hiver. En effet, le débourrement est la conséquence des effets de température durant l'hiver et le début de printemps. Un hiver doux entraîne un débourrement précoce, et l'inversement.

Les facteurs du milieu jouent un rôle important dans la mise en place des événements de la floraison. Chacun de ces facteurs ne peut agir seul mais toujours en relation avec les autres (**Bernier et al.1985a**). La floraison a été en avance de 18 jours comparé à celle d'année précédente et de 09 jours par rapport à l'année 2014-2015. Cela pourrait être expliqué par l'avancement de stade de débourrement d'une part et par les conditions climatiques favorable après le débournement d'autre part. **Legave (2002)**, a conclu que les avancées de floraison résultent d'une double réponse aux variations climatiques. L'avancée généralisée de la phénologie qui accompagne les températures hivernales plus douces, peut poser des problèmes de risque de gel au moment de la floraison, et de la qualité par l'avancée des stades sensibles (**Domergue et al. 2004 et Ameglio, 2007**). En outre les durées de la pleine et de la fin floraison ont été raccourcis, **GALET (2000)** a rapporté que la rapidité de la floraison et la fécondation dépend étroitement de la température qui domine au moment de la floraison. Selon ses observations à 10-13°C la floraison est lente, au-dessus de 20°C elle devient rapide. La température parfaite pour l'anthèse se situe entre 24 et 27°C.

Pour calculer le taux de débourrement et de la floraison, deux paramètres ont été pris en compte la classe de vigueur de l'arbre et l'orientation des pousses sur les quelles sont positionnés les bourgeons.

Le meilleur taux de débourrement est enregistré sur le côté Est et le côté sud avec des taux de 50,68 % et 54,51 %. Une nette augmentation du taux de débourrement est notée auprès de la vigueur forte avec un taux de 56,93% comparée à celui des vigueurs moyenne (48,44%) et faible (47,95%).

Cependant, le meilleur taux de floraison est enregistré sur le côté Est et le côté sud avec des taux de 48,85 % et 46,62 %. Une augmentation du taux de floraison est notée auprès de la vigueur forte avec un taux de 47,71% comparée à celui des vigueurs moyenne (38,01%) et faible (38,29%). Néanmoins, la supériorité du taux de floraison sur le côté Est et Sud pourrait être expliqué par l'intensité d'ensoleillement au niveau de ces deux orientations durant la période printanière..

CONCLUSION

Conclusion générale

Dans le but de déterminer l'effet des facteurs climatiques (températures et précipitations) sur la phénologie et le déroulement de la floraison avec ces différents stades (début, pleine et la fin floraison) sur une variété de pommier *Golden Delicious*, une étude a été menée sur un verger situé à Sidi Omar, commune de Sidi Lakhdar. Des notations phénologiques et des relevés climatiques ont été effectués pour être comparé ultérieurement à des séries chronologiques anciennes de climat (10 ans) et de phénologie.

Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

Etant donné que les paramètres climatiques (température et pluviométrie) jouent un rôle primordial dans le déroulement des stades phénologiques de la plante à travers les besoins en froid surtout, la campagne 2016/2017 est venue humide (fortes précipitations en saison hivernale) avec une régression notable des températures moyennes maximales et minimales de la saison hivernale et printanière.

Le calcul des températures basses ($<7,2^{\circ}\text{C}$) à l'aide de la méthode de sommation des heures de températures inférieures à $7,2^{\circ}\text{C}$ a révélé un cumul de froid assez important que celui des deux campagnes précédentes 2015/2016 et 2014/2015.

Les besoins thermiques exprimés par le degré en jours de croissance, ne sont que les températures favorables pour la croissance et le développement des différents organes végétatifs et productifs de l'arbre, exprimées par la température moyenne journalière et la température de base ($7,2^{\circ}\text{C}$).

Un avancement de stade de débourrement est enregistré pour cette campagne du à la bonne satisfaction des besoins en froid suivie par des températures favorables au début de printemps qui ont accélérées la rentrée en activité végétative.

Les valeurs de taux de débourrement en fonction de l'orientation ont montré une certaine similarité dans l'ensemble des orientations, avec une légère supériorité dans le côté sud, avec un taux de 54,51 %,

Une nette augmentation du taux de débourrement auprès de la classe de forte vigueur avec une valeur de 56,93% comparée à celle signalée dans la classe de vigueur moyenne (48,44%) et faible vigueur (47,95%).

Conclusion générale

Un avancement de stade floraison est expliqué par l'avancement de stade de débourrement d'une part et d'autre part par les conditions climatiques favorable après le débourrement.

Les valeurs de taux de floraison ont décelé une forte intensité de côté du Sud et le coté Est par rapport aux côtés Nord et Ouest. Une fluctuation du taux de floraison au sein de la classe de vigueur forte (47,71%) avec une légère variation entre cette dernière et les deux classes de moyenne et faible vigueur. Néanmoins, le taux de la floraison s'est avéré moins important que celui enregistré dans les deux dernières années, du probablement à la coulure des fleurs.

Enfin, il est à noter que le comportement de la variété *Golden Délicious* varie énormément avec le climat en premier lieu et la vigueur de l'arbre avec l'orientation des bourgeons en deuxième lieu, ceci a été prouvé à travers cette étude en comparaison avec celles des années passées.

On a jugé très intéressant de poursuivre les suivis phénologiques de la variété dans cette zone à climat semi-aride, en améliorant l'accessibilité aux données météorologiques qui constitue un vrai obstacle dans l'avancement de cette thématique.

La mise en évidence de déroulement de la phénologie de cette espèce dans notre région, permet aux agricultures de faire face aux alias climatiques nocifs comme par exemple les vagues de canicules et de sécheresse par des apports d'irrigation bien comptabilisés.

Référence

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Ameglio T. (2007):Conséquences des changements climatiques pour les plantes pérennes et les productions fruitières : quelques pistes pour la sélection», Le Sélectionneur Français, Université Blaise Pascal, UMRA 547 PIAF, 58 – 59 p

Anonyme : Floraison du pommier et réchauffement climatique Publié le 11/08/2015 INRA

Anonyme, 2001 : Comment choisir vos arbres fruitiers. Fiche conseil. Ed. Truffant. 6 P.

Bélangier, G., P. Rochette, Y. Castonguay, A. Bootsma, D. Mongrain et D.A.J. Ryan. 2002:Climate change and winter survival of perennial forage crops in eastern Canada
Agronomy Journal 94: 1120-113p

BENTTAYEB (1993):biologie et écologie des arbres fruitière .O.P.U.collec.le cours d'agro, Alger, 140 p.

BERNIER, J.F. ; FILLION ,F.J. ; BRISSON ,G.J:Dietary fibers and supplementary iron in a milk replacer for veal calves. J.Dairy Sci.67(1984) , 2369 – 2379

BIDABE B ,1965: Action de la température sur l'évolution des bourgeons de l'entre en

Bretonneau J., 1978 : Atlas d'arboriculture fruitière. Volume 02. Ed. J.B. Baillière& Fils. Paris, 173 P.

Bretonneau, 1978 ; Chouinard et al.,2000: Mémoire Utilisation des sucres et virus de la granulose pour la lutte contre le carpocapse (*Cydia pomonella*L.) (Lepidoptera, Tortricidae) en verger de pommier situé dans la région de Lambiridi (Wilaya de Batna), Pp

Brown A. G. (1975): Apples. In: *Advances in fruit breeding*, Janick J. and Moore J. N. eds West Lafayette. Purdue University Press, 3-37

Chevreau E, Lespinasse Y, Gallet M. 1985:Inheritance of pollen enzymes and polyploid origin of apple (*Malus × domestica* Borkh.). Theoretical and Applied Genetics 71: 268-277

CHEVREAU, E. et MORISOT, D. (1985):Variabilité génétique d'une collection d'espèces des genres *Malus* et *Pyrus*, Analyse botanique et enzymatique. D.E.A. INRA. Station d'arboriculture fruitière 1- 8.

Références bibliographiques

Chmielewski F-M et Rotzer T. 2001:«Response of tree phenology to climate change across Europe». *Agricultural and Forest Meteorology* 108: 101-112

Cleland EE, Chuine I, Menzel A, Mooney HA et Schawart MD. 2007:«Shifting plant phenology in response to global change». *Trends in Ecology and Evolution* 22: 357-365.

COUTANCEAU M., (1962): Arboriculture fruitière. Technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuse. Ed. Baillière et fils, Paris, pp 46 47.

CTFL, 2011 : Mémoire l'étude de comportement d'une variété de pommier (*Golden delicious*) vis à vis des paramètres climatiques dans la zone montagneuse de Benchicao (Médéa).

Delome.C, 2013 : changement climatique et phénologie, INRA .Paca

Direction des statistiques agricoles (D.S.A.), 2017 : Le pommier, wilaya de Aïn Defla .

Domergue M., Legave J. M., Calleja M., Moutier N., Brisson N., Seguin B. 2004: Réchauffement climatique : quels effets sur la floraison chez trois espèces fruitières ? *Arboriculture fruitière*, 578, 27-33. dormance jusqu'à la floraison. Congrès pomologie. Oct. 96ème session. Paris. Pp.51-66.

Ezzahouani A. (2005):« le climat et les arbres fruitiers considérations thermiques pour une plantation fruitière», p30-32

F. A. O. (2008): Production agricole, cultures primaires, Banque de données statistiques. F. A. O. Stat (Site Internet: [http:// www. FAO- org. Com](http://www.FAO-org.Com)).

F.A.O., 2012: Productions agricoles, cultures primaires. Banques de données statistiques, FAO. STAT. [Http:// www.Fao.org.com](http://www.Fao.org.com).

F.A.O., 2013: Importance de la culture du pommier par zone de production

FAO : (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2008. FAOSTAT home page (online). Available: <http://apps.fao.org/>.

FAO, (2009): Agriculture indices (FAOSTAT). <http://faostat.fao>

Ferre G., Martineau C. et Tronel C., 1991: Le pommier dans le midi méditerranéen. Ed. C.E.H.M., France. 118 P.

Références bibliographiques

Frossard J. S., Cruiziat P. (1995): Physiologie intégrée de l'arbre fruitier : analyse et modélisation du fonctionnement de l'arbre en relation avec le climat. *Fruits* **50**, 221-224.

GALET P, 2000 : Précis de viticulture 7^{ème} ed. Déhan. Montpellier, 559 p.

GAUTHIER, Michel 1978, L'arboriculture fruitière, Paris, Hachette, 253 pages.

Gautier M., 1987 : La culture fruitière. Volume 1, l'arbre fruitier. Ed. J.B. Baillière, Paris, 492 P.

Gautier M., 1988 : La culture fruitière. Volume 2, les productions fruitières. Ed. J.B. Baillière, Paris, 452 P.

Guédon, Y. et Legave, J-M. (2008): «Analysing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in global warming context». *Ecological Modelling* 219: 189-199.

Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW et Medina-Elizade M. 2006: «Global temperature change». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 14288-14293 HARRACH. 133P

Herter F.G. (1992): Dormance des bourgeons et phénologie de quelques cultivars de pommier. Effet de la température en interaction avec le génotype. Thèse Doct. Univ. Clermont-Ferrand II, 82 P + annexes. Lakhoua H. 1995, Arcure, GI "J. vimorphisme et Dormance chez le pommier (*Malus x domestica* Bokh) en climat à hiver doux de la Tunisie. *Ann. de l'Inst. Nat. de la Rech. Agro. de Tun.* N° spécial, 153 p. + 5 annexes.

HUGARD Z., 1974 : Importance des facteurs climatiques pour le choix variétal chez les rosacées fruitières. Conséquences dans le domaine de la recherche et du développement. Séminaire INA, EL HARRACH, Alger, 10P.

ITAFV : Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne.

Jose-Luiz P. (1989): L'interruption de dormance de pommier. *BASF informations agricoles* 2 : 17-20

Lafon J. P., Tharaud-Payer C. et Levy G., 1996 : Biologie des plantes cultivées. 2^{ème} Edition. Tome 1. Organisation et physiologie de la nutrition. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. Paris. France, 227 P.

Références bibliographiques

Lamonarca F. (1985): La culture des arbres fruitiers. Ed. Dec. VECCHI, 213 P

LAMONARCA F., 1977:Les arbres fruitiers, comment les cultivés pour avoir de beaux fruits. Edition., Decvecchi, 219 P.

LAZAAR M 1987 : Contribution à l'étude du pêcher dans la région de Meknès : Etude du comportement des variétés et porte-greffes. Mémoire de fin d'étude de 3^e cycle Agronomie..

Le Lezec M., Thibault B. (1986): Pollinisation du pommier et du poirier. In: *Pollinisation: poirier, pommier*, CTIFL Paris. 11-14

Lease N, Pichette A, Chaumont D, 2009:Projet d'étude sur l'adaptation aux changements climatiques du secteur de la pomme au Québec. Montréal; Québec: Ouranos; Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec.

Legave JM., 2008. «Selecting models of apple flowering time and understanding how global warming has had an impact in this trait». *Journal of Horticultural Science &Biotechnology* 83: 76-84.

Legave(2002) :Quelles conséquences du réchauffement climatique sur la floraison des arbresfruitiers p 1-9

Lespinasse Yves. 1992: Le pommier. In: Gallais A. and Bannerot H. ed. *Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection*. Paris, France: INRA, 579-594

Livre : Atlas d'arboriculture fruitière Pp107-115

Luby J.2003:Taxonomic classification and history. In:Ferree D, Warrington I, eds. *Apples, botany, production and uses*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1–14.

Mahhou A. & Hakam M. (1993): Effets de la cyanamide d'hydrogène sur la levée de dormance de la variété de pommier (*Malus domestica* L.) 'Golden Delicious' dans la région du Gharb. *Actes Inst. Agron. Vet.(Maroc)* 13 (4) : 13-19

Massonnet C., 2004 : Variabilité architecturale et fonctionnelle du système aérien chez le pommier (*Malus domestica* Borkh.) : Comparaison de quatre cultivars par une approche de modélisation structure-fonction. Thèse Doctorat. Développement et Adaptation des Plantes. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. France, 184 P.

Menzel A et Fabian P. 1999:«Growing season extended in Europe». *Nature* 397: 659

Références bibliographiques

- Petri J.L.,(1989):** L'interruption de dormance de pommier, BASF informations agricoles 2 17-20
- Pratt C. (1988):** Apple flower and fruit: morphology and anatomy. *Horticultural Reviews*10,273-308
- Ramade F, (1984) :** Elément d'écologie fondamentale Ed Mc Graw –Hill, Paris 397p
- REBOUR, H., 1968:** Fruit méditerranéens autre que les agrumes. Ed. Lamaison rustique : pp : 190-206.
- REYNIER A., 2003 :**Manuel de viticulture .9^{ème}ed. JB Bailliere.Paris. 548pp.
- ROBINSON JP, HARRIS SA, JUNIPER BE. 2001:** Taxonomy of the genus *Malus* Mill. (Rosaceae) with emphasis on the cultivated apple, *Malus xdomestica* Borkh.Plant. Syst. Evol. 226: 35-58.
- Rochette P, Bélanger G, Castonguay Y, Bootsma A et Mongrain D. 2004:**«Climate change and winter damage to fruit trees in eastern Canada». *Canadian Journal of Plant Science* 84: 1113-1125
- ROGER G. et JUISSIAUX M, 1980:** Cours d'agriculture moderne. 2eme édition. Pp 341-332.
- Sapin, P. 1977:** L'arboriculture fruitière en Algérie (Pommier/ poirier). Cours polycopiés,I.N.A. El Harrach, Alger, 228 P.
- Yagoubi, A. Boulet, G. Vincent,L. Vescovi Let Mekis É. 2008:** «Übserved changes in daily temperature and precipitation indices for southem Québec, 1960-2005». *Atmosphere-Ocean* 46: 243-256.
- Zaidi L., 1985 :** Influence de l'âge et du type d'organe fruitier de quelques variétés de pommier sur la récolte et la qualité des fruits. Thèse Magister. INA EL-HARRACH, Alger, 133 P.

Références bibliographiques

Références électroniques :

[https://agronomie.info/fr/exigences-climatique-et édaphique -du pommier/.](https://agronomie.info/fr/exigences-climatique-et-edaphique-du-pommier/)

[https://agronomie.info/fr/caractéristiques-du pommier /.](https://agronomie.info/fr/caracteristiques-du-pommier/)

[https://agronomie.info/fr/cycle-évolutif-annuel-du pommier/.](https://agronomie.info/fr/cycle-evolutif-annuel-du-pommier/)

Annexes

Annexes

Annexe 1:

Tableau n° 01 : un suivi journalier des stades phénologique selon l'échelle BBCH débourrement:

Le : 09/03/2017

Climat : Ensoleillée

Température : 16,2°C

Heure : 09 :30

Stade :Développementdes bourgeons

Pied	Vigueur	n°Bourgeons éclatés				Code BBCH	Interprétation	Stade
		E	O	S	N			
3-4	65	7	9	9	9	00-07	00 : repos hivernal ou dormance 01 : début duGonflement desBourgeonsfoliaire s 07 : début del'éclatement desbourgeons foliaires	Stade Principal 0 : Développement des bourgeons
3-9	69	7	9	8	11	00-07		
3-13	44	11	9	7	7	00-07		
3-17	45	8	8	6	7	00-07		
8-4	69	12	6	10	8	00-07		
8-9	64	8	10	7	9	00-07		
8-13	50	8	7	9	7	00-07		
8-17	60	4	6	8	9	00-07		
11-4	46	7	8	9	7	00-07		
11-9	48	10	9	7	9	00-07		
11-13	40	10	7	6	7	00-07		
11-17	36	7	5	6	4	00-07		
14-4	53	9	6	10	9	00-07		
14-9	54	4	2	6	10	00-07		
14-13	58	6	9	9	4	00-07		
14-17	55	3	6	10	7	00-07		
17-4	73	5	7	12	7	00-07		
17-9	56	6	10	7	7	00-07		
17-13	44	9	4	10	7	00-07		
17-17	43	7	4	7	7	00-07		

Tableau n°04: Échelle BBCH des stades phénologique des fruits à pépins:

Code	Définition
Stade principal 0: développement des bourgeons	
00	repos hivernal ou dormance: les bourgeons foliaires et les bourgeons des inflorescences
01	(plus gros que les premiers) sont fermés et recouverts d'écailles brun foncé début du gonflement des bourgeons foliaires clairement visible, les écailles s'allongent etsont pourvues de taches claires
03	fin du gonflement des bourgeons foliaires: les écailles sont claires et par endroits densément velues

Annexes

07	début de l'éclatement des bourgeons foliaires: l'extrémité des feuilles vertes est visible
09	les extrémités des feuilles vertes dépassent les écailles des bourgeons d'environ 5 mm
Stade principal 1: développement des feuilles	
10	les extrémités des feuilles vertes dépassent les écailles des bourgeons d'environ 10 mm, les premières feuilles se séparent (stade oreille de souris)
11	les premières feuilles sont étalées, (d'autres sont toujours enroulées)
15	la plupart des feuilles sont étalées mais n'ont pas encore leur taille finale
19	les premières feuilles ont atteint leur taille finale
Stade principal 3: développement des pousses	
31	début de la croissance des pousses, l'axe de la pousse devient visible
32	les pousses ont atteint 20% de leur taille finale
33	les pousses ont atteint 30% de leur taille finale et ainsi de suite ...
39	les pousses ont atteint 90% de leur taille finale
Stade principal 5: apparition de l'inflorescence	
51	gonflement des bourgeons des inflorescences: les écailles ont des taches claires et s'allongent
52	fin du gonflement: les bourgeons sont de couleur claire, les écailles sont par endroits densément velues
53	éclatement des bourgeons: les extrémités des feuilles entourant les fleurs sont visibles
54	stade oreille de souris: les extrémités des feuilles dépassent les écailles de 10 mm, les premières feuilles se séparent
55	les premiers boutons floraux sont visibles (toujours fermés)
56	stade bouton vert: écartement des boutons floraux toujours fermés
57	stade bouton rose: les pétales s'allongent, les sépales s'ouvrent légèrement et les pétales sont visibles
59	la plupart des fleurs forment avec leurs pétales un ballon creux
Stade principal 6: la floraison	
60	les premières fleurs sont ouvertes
61	début de la floraison: environ 10% des fleurs sont ouvertes
62	environ 20% des fleurs sont ouvertes
63	environ 30% des fleurs sont ouvertes
64	environ 40% des fleurs sont ouvertes
65	pleine floraison: au minimum 50% des fleurs sont ouvertes, les premiers pétales tombent
67	la floraison s'achève: la plupart des pétales sont tombés
69	fin de la floraison: tous les pétales sont tombés
Stade principal 7: développement des fruits	
71	diamètre des fruits jusqu'à 10 mm, chute des fruits après floraison
72	diamètre des fruits jusqu'à 20 mm
73	seconde chute des fruits
74	diamètre des fruits jusqu'à 40 mm, fruit dressé, stade T: la base du fruit et sa tige forment un T
75	les fruits ont atteint environ 50% de leur taille finale

Annexes

76	les fruits ont atteint environ 60% de leur taille finale
77	les fruits ont atteint environ 70% de leur taille finale
78	les fruits ont atteint environ 80% de leur taille finale
79	les fruits ont atteint environ 90% de leur taille finale
Stade principal 8: maturation des fruits et graines	
85	maturation avancée: intensification de la coloration spécifique à la variété
87	les fruits ont atteint la maturité demandée pour la récolte
89	les fruits ont atteint la maturité demandée pour la consommation avec leurs goût et consistance typiques
Stade principal 9: sénescence, début de la phase de repos ou dormance	
91	fin de la croissance des rameaux, le bourgeon terminal est développé, les feuilles sont toujours vertes
92	début de la décoloration des feuilles
93	début de la chute des feuilles
95	50% des feuilles sont décolorées ou tombées
97	fin de la chute des feuilles
99	produit après récolte

Annexes

Annexe 2:

Tableau n°02: Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à Sidi Lakhdar durant la campagne 2007 à 2016:

Paramètres	Jv	Fer	Ma	Av	Mai	Ju	Jui	Ao	Se	Oct	Nov	Dec	Total
PP(mm)	47,20	81,63	57,2	50,17	20,82	0,12	0	0	18,89	27,23	70,69	49,56	431,82

Tableau n°03: Températures moyennes, minimales, maximales mensuelles de 2007 à 2016 :

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jv	Fe	Mrs	Av	Mai	Juin	Juil	Aou	T° moy Annuelle C°
Tmax C°	32,49	28,09	20,42	16,66	16,06	16,85	19,66	23,71	28,47	33,73	38,40	37,81	26,08
Tmin C°	19,94	16,40	11,12	7,89	7,29	7,38	8,78	11,38	14,62	18,89	22,76	23,16	14,17
Tmoy C°	26,21	22,24	15,77	12,28	11,68	12,12	14,22	17,55	21,54	26,31	30,58	30,49	20,13

Tableau n°05 : Taux de débourrement pour la campagne en fonction de l'orientation des rameaux.

Orientation	est	Ouest	Sud	Nord
Les bourgeons Total	290	293	299	308
Total des bourgeons débourrés	147	141	163	152
Les bourgeons fleurir	63	55	76	55

Annexes

Annexe 3:



Figure n°01 : rameaux de pommier dans
dans

Le stade de dormance

(Code BBCH : 00)



Figure n°02 : rameaux de pommier

éclatement des bourgeons

(Code BBCH : 53)

Annexes



Figure n°05: Rameaux de pommier dans le stade pleine floraison (Code BBCH : 65)



Figure n°06: vergé d'étude