



HAL
open science

Étude de la levée de la dormance dans un contexte de changement climatique : effet d'un biostimulant de sortie de dormance sur la phénologie, sur la charge et sur le développement de l'abricotier

Lisa Blondé

► To cite this version:

Lisa Blondé. Étude de la levée de la dormance dans un contexte de changement climatique : effet d'un biostimulant de sortie de dormance sur la phénologie, sur la charge et sur le développement de l'abricotier. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04843089

HAL Id: dumas-04843089

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04843089v1>

Submitted on 17 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers Site de Rennes

<p>Année universitaire : 2023 - 2024.</p> <p>Mention : Master Biologie, Agrosociétés</p> <p>Parcours : Adaptation, Protection et Valorisation du Végétal</p> <p>Option : Fonctionnement et gestion des agrosystèmes</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p>d'ingénieur de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p>de master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p>de l'Institut Agro Montpellier (étudiant arrivé en M2)</p> <p>d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
---	--

Étude de la levée de la dormance dans un contexte de changement climatique : effet d'un biostimulant de sortie de dormance sur la phénologie, sur la charge et sur le développement de l'abricotier.

Par : Lisa BLONDÉ

Soutenu à Rennes le 26 Juin 2024

Devant le jury composé de :

Président : M. Carof

Maître de stage : S. Hardy

Enseignant référent : C. Bissuel

Autres membres du jury (Nom, Qualité) :

O. Leprince, Rapporteur

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers et l'université de Rennes

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation « Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de 4.0 France » disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Modification

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement mon maître de stage, Sophie Hardy, ainsi que mes co-encadrants, Clément Maurin et Christophe Mouiren, pour leur bienveillance, leur pédagogie et leur aide précieuse dans la rédaction de ce mémoire.

Merci à Pascal, Bruno, Jean-Philippe, Sylvie, Myriam, Audrey pour leur merveilleux accueil au sein de la structure. Leur disponibilité, leur expertise et leur volonté de partager leur connaissance ont grandement enrichi mon expérience professionnelle et personnelle.

Je voudrais remercier les partenaires et les membres du groupe de travail AVEC et tout particulièrement Isabelle Farrera pour son travail et son aide pour la modélisation.

Je tiens à remercier les producteurs de leur disponibilité et pour leur accueil sur leur exploitation. Enfin merci à Elisa et Tiphaine pour leur compagnie, leur conseil et leur aide au quotidien sur le terrain et au bureau.

SOMMAIRE

Remerciements

Glossaire

Liste des abréviations

INTRODUCTION	1
1. CONTEXTE SCIENTIFIQUE	2
1.1. L'abricotier : filière, caractéristiques biologiques et physiologiques	2
1.1.1. Généralités.....	2
1.1.2. La diversité variétale au service des consommateurs français.....	2
1.1.3. L'implantation du verger et l'itinéraire technique : des leviers pour atteindre les exigences de qualité.....	3
1.1.4. Cycle biologique de l'abricotier.....	3
1.1.5. La dormance des arbres fruitiers.....	4
1.1.6. Effets des températures froides sur la levée de la dormance.....	5
1.2. L'abricot face au changement climatique : enjeux et leviers	6
1.2.1. Évolution générale du climat dans le monde, en Europe et en France.....	6
1.2.2. Conséquences du changement climatique sur le cycle de développement de l'abricotier.....	6
1.2.3. Les produits leveurs de dormance.....	7
1.2.4. Le rôle de la modélisation dans la caractérisation des besoins climatiques dans le positionnement des produits leveurs de dormance.....	9
1.3. Cadre de l'étude	10
1.3.1. Présentation du GRCETA de Basse Durance.....	10
1.3.2. Problématique du GRCETA de Basse Durance.....	10
1.3.3. Stratégie retenue et problématiques de stage	11
2. MATÉRIELS ET MÉTHODES	12
2.1. Essais expérimentaux ERGER™	12
2.1.1. Matériel végétal et caractéristiques des vergers.....	12
2.1.2. Description des dispositifs expérimentaux.....	12
2.1.3. Suivi phénologique des variétés.....	12
2.1.4. Notation effectuée afin d'évaluer l'effet de l'ERGER™ sur le développement foliaire.....	13
2.1.5. Suivi de la charge totale des abricotiers.....	13
2.1.6. Analyse de la récolte 2024.....	13
2.1.7. Analyse des données.....	13
2.2. Évaluation de la satisfaction des besoins climatiques grâce à la modélisation	14
3. RÉSULTATS	14
3.1. La phénologie des variétés est impactée par l'application du biostimulant	14
3.1.1. Effet de l'ERGER™ sur la date et le taux de débourrement.....	14
3.1.2. Effet de l'ERGER™ sur la date et le taux de floraison.....	15
3.1.3. Effet de l'ERGER™ sur le taux de nouaison et de fructification.....	15

3.1.4.	Effet de l'ERGER™ sur les dynamiques de chute sur fleurs et petits fruits...	16
3.1.5.	Effet de nombres l'ERGER™ sur la dynamique de la phénologie : durée de la floraison, de jours séparant la floraison, de la fructification au durcissement du noyau	16
3.1.6.	Effet de l'ERGER™ sur le développement foliaire.....	16
3.1.7.	Effet de l'ERGER™ sur la charge totale des arbres.....	17
3.2.	Effet du biostimulant sur la qualité de la récolte sur la variété Tomcot.....	17
3.2.1.	Effet de l'ERGER™ sur le poids, le diamètre et le taux de sucre (°Brix).....	17
3.2.2.	Effet de l'ERGER™ sur la maturité : code couleur CTIFL et Test Wring.....	17
3.3.	Niveau de satisfaction des besoins en froid lors de l'application de l'ERGER™ via la modélisation.....	17
3.3.1.	Évolution des températures moyennes et des précipitations pendant la période de dormance	17
3.3.2.	Cumul des températures froides et date d'application de l'ERGER™.....	17
4.	DISCUSSION	18
4.1.	Le biostimulant ERGER™ a un effet sur la phénologie de l'abricotier et diffère entre les variétés.....	18
4.1.1.	La phytotoxicité de l'ERGER™ sur Apribang en lien avec la date d'application et besoins climatiques.....	18
4.1.2.	L'ERGER™ avance la phénologie sur Lido et regroupe la floraison sur Tomcot.....	19
4.1.3.	Aucun effet de l'ERGER™ n'a été observé sur le développement végétatif sur abricotier.....	20
4.1.4.	Les résultats 2024 ne permettent pas de conclure sur un effet éclaircissant du produit.....	20
4.1.5.	Les différences observées à la récolte sur Tomcot s'expliquent par la charge totale des arbres.....	20
4.2.	Limites de l'étude.....	21
4.3.	Perspectives	21
CONCLUSION.....		23
BIBLIOGRAPHIE.....		24
Annexes.....		27
Résumés.....		39

Glossaire

NB : Les mots qui seront dans le glossaire sont mis en forme de **cette manière** lors de leur première apparition.

Alternance : succession répétée d'une année à fort niveau de floraison puis d'une année à faible niveau de floraison à l'échelle d'un arbre.

Bouquet de mai : rameau court portant latéralement plusieurs bourgeons florifères.

Callose : polymères de glucose qui s'accumulent au niveau des plasmodesmes intercellulaires, notamment sous-jacents aux méristèmes apicaux lors de la phase de dormance et sont dégradés à la suite d'une exposition au froid.

Chute Physiologique : perte naturelle de fruits, feuilles, fleurs ou autres parties de la plante due à des processus internes plutôt qu'à des facteurs externes comme les maladies, les ravageurs ou les conditions environnementales défavorables. Ce phénomène est un mécanisme de régulation essentiel pour la plante, lui permettant d'équilibrer et remobiliser ses ressources.

Conduite : ensemble des techniques et des pratiques utilisées pour guider et gérer la croissance et le développement des arbres fruitiers afin de maximiser leur productivité et la qualité des fruits produits.

Couleur de fond : couleur de base de la peau du fruit de jaune à orange sur abricotier qui varie en intensité et en nuance en fonction de la variété de l'abricot et de son degré de maturité. Ne pas confondre avec la surimpression qui correspond aux marques et tâches colorées qui apparaissent par-dessus la couleur de fond.

Dinitro-o-cresol : composé chimique utilisé principalement comme herbicide, insecticide et fongicide.

Éclaircissage : technique utilisée en arboriculture fruitières visant à ajuster la charge de fruits des arbres par la suppression de fleurs ou de jeunes fruits, d'éviter une alternance de production et d'obtenir des fruits de calibre insuffisant.

Espèces réactives de l'oxygène(ROS) : molécules ou ions formés par la réduction partielle de l'oxygène et ont un rôle biologique dans la signalisation cellulaire, les défenses immunitaires et le stress oxydatif

Taille en vert : Taille effectuée pendant la période de croissance active des arbres, lorsque les arbres sont en pleine feuille elle permet d'améliorer la pénétration de la lumière en pleine saison de production.

Vigueur : capacité d'un arbre à croître rapidement et à produire un feuillage dense et des branches robustes.

Liste des abréviations

ABA : Acide Abscissique

CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes

C.O.V ou **cov** : Certificat d'Obtention Variétale

DNOC : dinitro-o-cresol

GA : gibbérelline

GRCETA : Groupement Régionale Centre d'Étude Technique Agricole

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

BM : Bouquet de mai

PFI : Production Fruitière Intégrée

INTRODUCTION

La production d'abricot est la 7ème production mondiale (fruits tempérés) et la 3ème production française de fruits derrière la pomme et la pêche/nectarine en 2022 (FranceAgriMer, 2022) lui conférant une place importante dans l'économie et dans l'alimentation. Cependant depuis une quinzaine d'année, on observe un recul du volume de la production fruitière : -7% de la surface et de -10% de la production d'abricot en France (Agreste, 2023 et Legave, 2021). Les producteurs doivent faire face à différentes problématiques telles que la réduction des produits phytosanitaires, l'augmentation des coûts de production, la concurrence étrangère, le manque de main d'œuvre qualifiée et le changement climatique.

L'arboriculture fruitière est particulièrement sensible au changement climatique en raison de la pérennité des espèces cultivées. L'augmentation de la fréquence des événements météorologiques extrêmes, tels que les sécheresses, les épisodes de gel et de grêle tardifs, oblige les arboriculteurs à investir dans des protections agroclimatiques coûteuses. L'augmentation des températures perturbe le cycle de développement annuel de l'abricotier notamment lors de la dormance. En effet durant l'hiver, la croissance végétative et l'activité métabolique est ralentie afin de protéger les méristèmes du froid mais celle-ci demande des conditions thermiques suffisamment froides pour qu'au printemps la levée de la dormance soit optimale et rendue possible. Lorsque que les conditions thermiques ne sont pas respectées, des symptômes liés au manque de froid sont observés : décalage, allongement et hétérogénéité de la floraison et malformations florales (Legave, 2021).

Pour adapter la culture d'abricotier au changement climatique sur le long terme, il est nécessaire de caractériser les besoins thermiques des variétés pour utiliser des variétés dont les besoins correspondent aux conditions climatiques futures (Legave, 2021). Pour les vergers déjà en place, l'utilisation de biostimulants « leveurs de dormance » qui ont pour but de compléter les besoins en froid non satisfaits sont déjà utilisés sur d'autres espèces dans les pays chauds (Brésil, Australie, ...) (Erez et al., 2008). Néanmoins, les biostimulants utilisés dans ces pays sont hautement toxiques comme par exemple le Dormex™ interdit en France depuis plus de 20ans. Ainsi, des produits plus respectueux de la santé et de l'environnement ont été développés mais leur efficacité est variable selon les variétés et dépend de la date d'application, ce qui rend leurs utilisations compliquées à ce jour sur abricotier. En effet, un certain niveau de besoins en froid doit être satisfait pour obtenir des effets positifs. La modélisation à partir des températures permet de caractériser les besoins climatiques des variétés et connaître le créneau optimal d'application des produits leveurs de dormance mais il existe de nombreux modèles et choisir le modèle le plus efficace sur une espèce dans un climat donné se révèle complexe (Chuine et al., 2016).

Depuis plusieurs années, les techniciens du GRCETA (Groupement Régional Centre d'Étude Technique Agricole) ont pu observer les symptômes évoqués sur pommier et abricotier. Depuis 2021, des essais ont été mis en place afin d'évaluer les effets des « leveurs de dormance » sur pommier. En 2024, ces essais ont été étendus sur trois vergers d'abricots. Ce mémoire a pour but de présenter le suivi et les résultats des trois essais menés afin d'étudier les effets d'un biostimulant (ERGER™) sur abricotier. En parallèle, les effets du produit seront mis en lien avec la satisfaction des besoins en froid grâce à la modélisation.

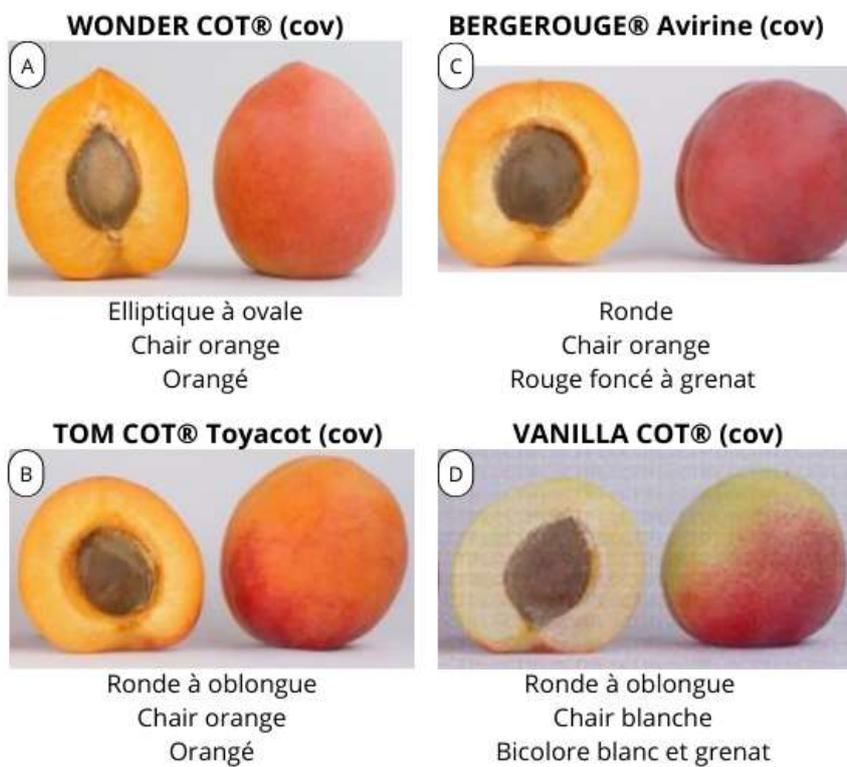


Figure 1 : Photographies représentant la diversité de forme, de coloration de la chair et de l'épiderme de l'abricot entre différentes variétés (source : Fiches variétales de l'abricot – CTIFL, consulté le 01/06/2024).

1. CONTEXTE SCIENTIFIQUE

1.1. L'abricotier : filière, caractéristiques biologiques et physiologiques.

1.1.1. Généralités

L'abricotier, *Prunus armeniaca* L., est une espèce qui appartient à la famille des Rosacées et au genre *Prunus* regroupant environ 200 espèces d'arbres et d'arbustes fruitiers et ornementaux (Lichou, 2012). L'abricotier est cultivé depuis 4000 ans pour son fruit charnu dont la graine est renfermée dans un noyau lignifié (Lichou, 1998). Il a été importé en France au milieu du XV^{ème} siècle par les romains (en Provence) puis par l'Afrique du Nord et l'Espagne mais est originaire des régions montagneuses du nord et nord-ouest de la Chine, nord de l'Inde et du Pakistan (Lichou, 2012; Andreini et al., 2012). Aujourd'hui, le bassin méditerranéen est le principal bassin de production, suivi par l'Asie et l'Amérique.

Dans le monde, la production s'étend à 558 381 ha soit 3 863 179 tonnes d'abricot produits en 2022 (FAOSTAT, 2022). A l'échelle française, 11 100 ha sont consacrés à la production d'abricot ce qui représente 129800 tonnes en 2022 (Agreste, 2023). La consommation en France est estimée à 2,42kg / an / ménage (2023) contre environ 17kg de pommes par ménage ou encore 5,56 kg/an/ménage (2023) pour les pêches et les nectarines d'après la réunion annuelle 2024 de l'organisation de producteur Pêches et Abricots de France. Le poids moyen d'un abricot varie entre 40 et 90g selon la variété et est l'un des principaux fruits d'été (Lichou, 1998).

1.1.2. La diversité variétale au service des consommateurs français

En 2012, plus de 100 variétés d'abricotier différentes étaient cultivées dans les trois grands bassins de productions français (Roussillon, basse Vallée du Rhône et moyenne Vallée du Rhône). Cette large gamme variétale a permis l'élargissement du calendrier de commercialisation en début mais également en fin de campagne avec des variétés très précoces qui arrivent à maturité à partir de mi-mai et des variétés tardives jusqu'à fin août (Lichou, 2012). Cependant l'agrandissement de la gamme variétale, impose de connaître les caractéristiques et les exigences agronomiques de chaque variété dans chaque contexte pédoclimatique français afin d'implanter des vergers productifs et durables tout en respectant les attentes des consommateurs (Lichou, 1998).

Parmi les attentes des consommateurs français on peut citer le calibre, facteur important pour la rémunération des producteurs. Les calibres les plus demandés sont des abricots de tailles moyennes (45 - 55mm). Il existe une diversité de forme (ronde, elliptique, oblongue...) mais la surface et la coloration de l'épiderme jouent un rôle plus important dans l'attractivité du fruit (Figure 1). La saveur, la texture et les arômes sont également pris en compte. La sélection variétale ainsi que le choix variétal permettent de limiter l'implantation de variétés avec des potentiels aromatiques insuffisant (Lichou, 2012).

Enfin, les attentes de la société tendent vers une production d'abricots plus durable, pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et de la santé incitant la filière à adopter des pratiques agricoles durables (Legave, 2021). Ces attentes s'inscrivent dans le cadre des politiques nationales et européennes visant à réduire progressivement l'utilisation des pesticides en France avec comme exemple le plan Ecophyto II+ qui a pour objectif réduire les usages de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025 (Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire, 2022).

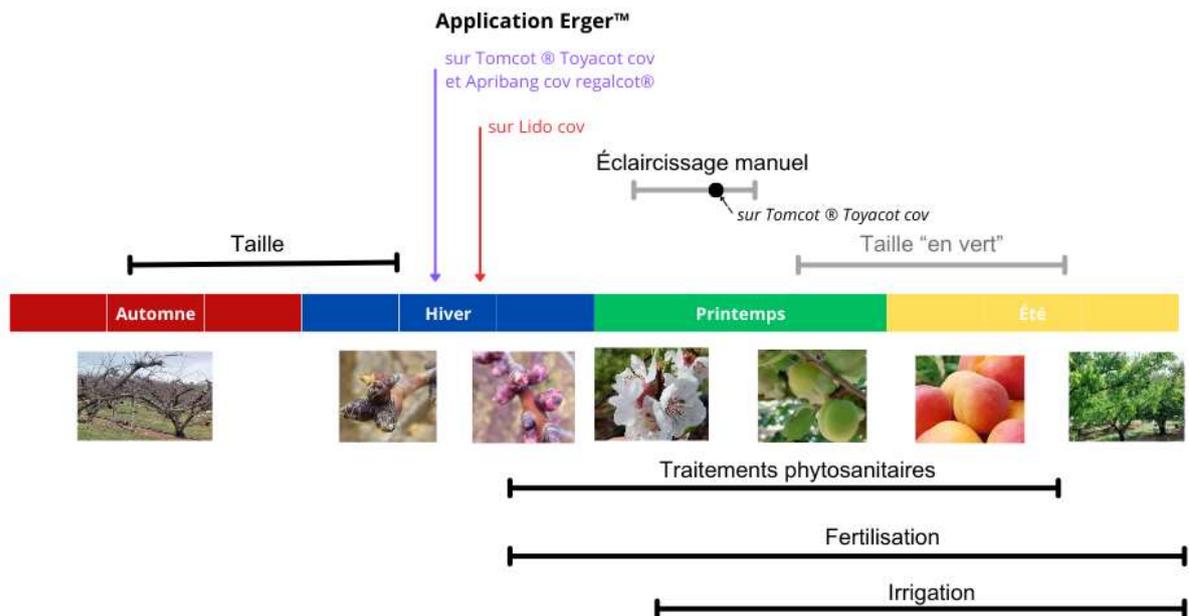


Figure 2 : Représentation simplifiée de l'itinéraire technique d'un verger d'abricotier (source personnelle). Sur les trois vergers suivis en 2024, le produit Erger™ a été appliqué le 15,16 janvier sur Tomcot ® Toyacot cov et Apribang cov regalcot ® puis le 30 janvier sur Lido cov. L'éclaircissage manuel a été réalisé uniquement sur Tomcot ® Toyacot cov et aucune taille dite « en vert » n'a été réalisée.

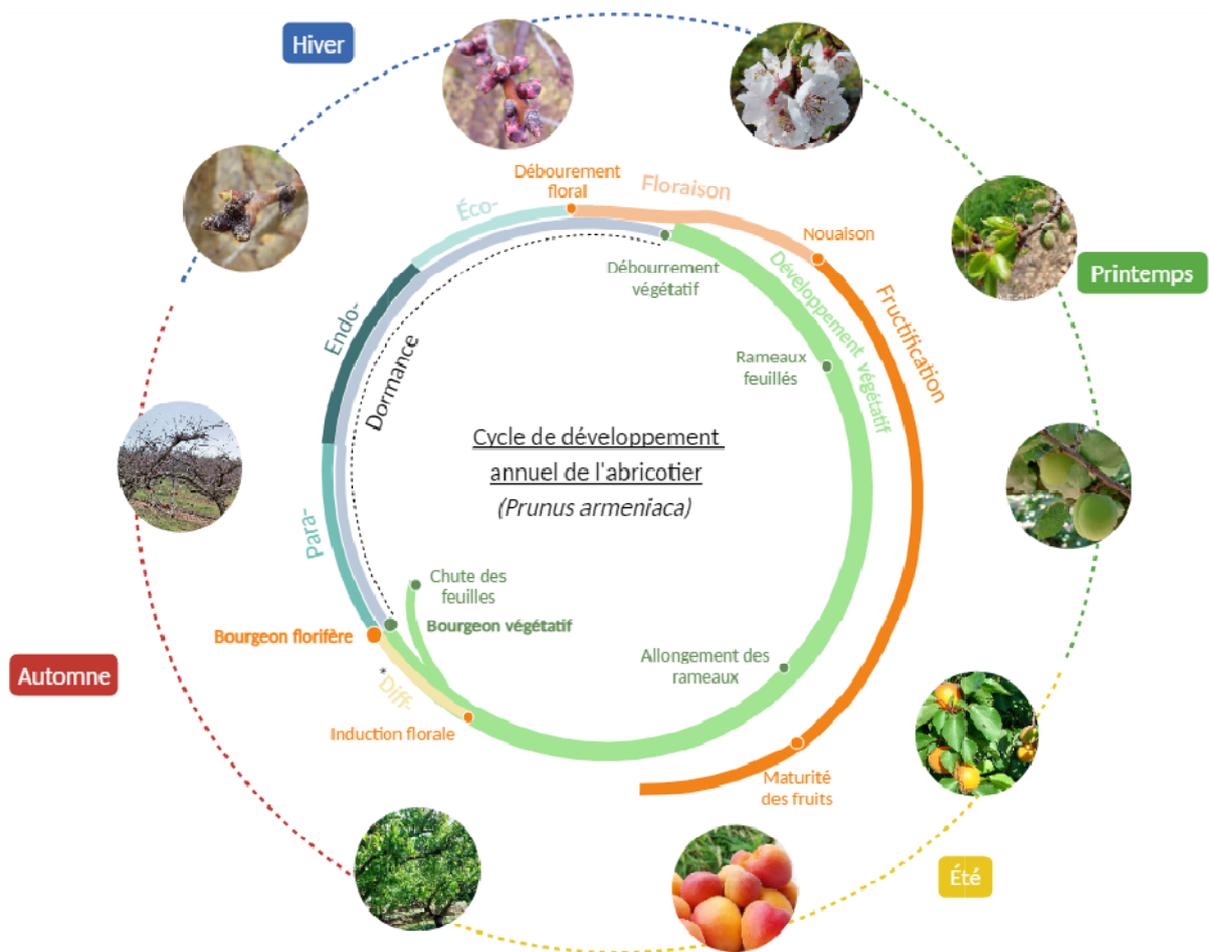


Figure 3 : Cycle de développement annuel de l'abricotier (*Prunus armeniaca*) (source personnelle ; schéma réalisé à partir des ouvrages Legave, 2021 et Lichou, 2012).

1.1.3. L'implantation du verger et l'itinéraire technique : des leviers pour atteindre les exigences de qualité

Pour répondre aux différentes attentes des consommateurs et de la société, il est important de prendre en compte, lors de l'implantation des abricotiers différents facteurs nécessaires à leur croissance, leur développement et à leur productivité.

Le choix variétal est donc élément essentiel, cette décision doit prendre en compte le contexte climatique du bassin de production puisque les besoins climatiques diffèrent entre les variétés. Le choix variétal est à associer avec le choix du porte-greffe. Il permet de conférer à la variété greffée des bénéfices tels que de la résistance à des maladies ou bioagresseurs, une compatibilité avec un type de sol spécifique et une croissance vigoureuse ou une taille réduite par exemple. L'abricotier est essentiellement greffé sur semis franc d'abricotier et sur d'autres espèces du genre *Prunus* comme les pêchers et les pruniers domestiques. De plus, les porte-greffes aident à réguler la vigueur de la variété greffée (Lichou, 2012).

La **vigueur** peut être influencée par plusieurs facteurs, les conditions de sol, les pratiques de culture, la fertilisation, l'irrigation et la gestion de la taille. Une vigueur excessive peut entraîner des retards dans la maturation des fruits et une diminution de la qualité des fruits, tandis qu'une vigueur insuffisante peut entraîner une faible croissance et une production de fruits réduite. Il est donc important de connaître et réguler la vigueur de chaque variété pour produire des fruits répondant à la demande du marché (Lichou, 2012).

L'itinéraire technique (Figure 2) des arbres fruitiers regroupe les pratiques comme la fertilisation, l'irrigation, le mode de **conduite**, l'**éclaircissage**, la protection contre les ravageurs et les maladies et a pour but d'optimiser les rendements, obtenir une production régulière tout en améliorant la qualité des fruits (Lespinasse et al., 2005). Il existe différents modes de conduite des arbres (Annexe 1) qui permettent de maintenir un éclaircissement maximal des arbres, favorisant la photosynthèse et la maturation des fruits, de stimuler la croissance de nouveaux rameaux ou encore de faciliter l'accès pour la gestion des maladies (pulvérisation) et pour la récolte. L'éclaircissage (manuel et mécanique) permet de réduire la charge de fleurs ou de fruits sur l'arbre et de réguler la croissance et la maturation des fruits ainsi que d'obtenir des fruits avec des calibres, des colorations, des saveurs correspondant aux attentes des consommateurs (Lichou, 1998; Lichou, 2012 ; Lespinasse et al., 2005).

1.1.4. Cycle biologique de l'abricotier

L'abricotier est une espèce ligneuse à feuilles caduques, son cycle de développement (Figure 3) se décompose en une phase de développement végétatif et floral et une phase de repos hivernal également appelée dormance (Lichou, 2012).

La sortie de la dormance est visible à la fin la période hivernale lors du débourrement des bourgeons florifères suivis des bourgeons végétatifs. Le débourrement correspond au gonflement des bourgeons et à l'ouverture des écailles laissant apparaître les sépales colorés, c'est le début de la floraison (Tableau 1, p4). La période de floraison peut durer de deux à quatre semaines, selon les variétés et les conditions environnementales. La floraison est suivie d'une phase de fructification, après la fécondation. Les ovules se développent pour former les graines, tandis que d'autres parties de la fleur, comme l'ovaire, commencent

Tableau 1 : Tableau recensant les différents stades phénologiques du développement des bourgeons floraux avec leur description et la correspondance d'après l'échelle BBCH et Fleckinger – Baggiolini (source personnelle d'après le GRCETA de Basse Durance).

	Description du stade	Stade BBCH	Fleckinger Baggiolini
	Les bourgeons floraux sont fermés et recouverts d'écaillés brun foncé	0-0	A
	Gonflement des bourgeons, apparition des sépales,	51	B
	Éclatement, les boutons floraux sont visibles mais restent fermés	53	C
	Corolle visible : sépales s'ouvrent et les pétales sont visibles mais fermés	57	D
	Les fleurs forment un ballon creux avec les pétales et les étamines sont visibles	59	E

	Description du stade	Stade BBCH	Fleckinger Baggiolini
	Les fleurs sont totalement ouvertes	65	F
	Chute des pétales indiquant la fin de la floraison	67	G
	Grossissement de l'ovaire, début de la nouaison	71	H
	Jeune fruit d'environ 1cm de diamètre, le calice desséché qui entourait l'ovaire chute,	73	I-J

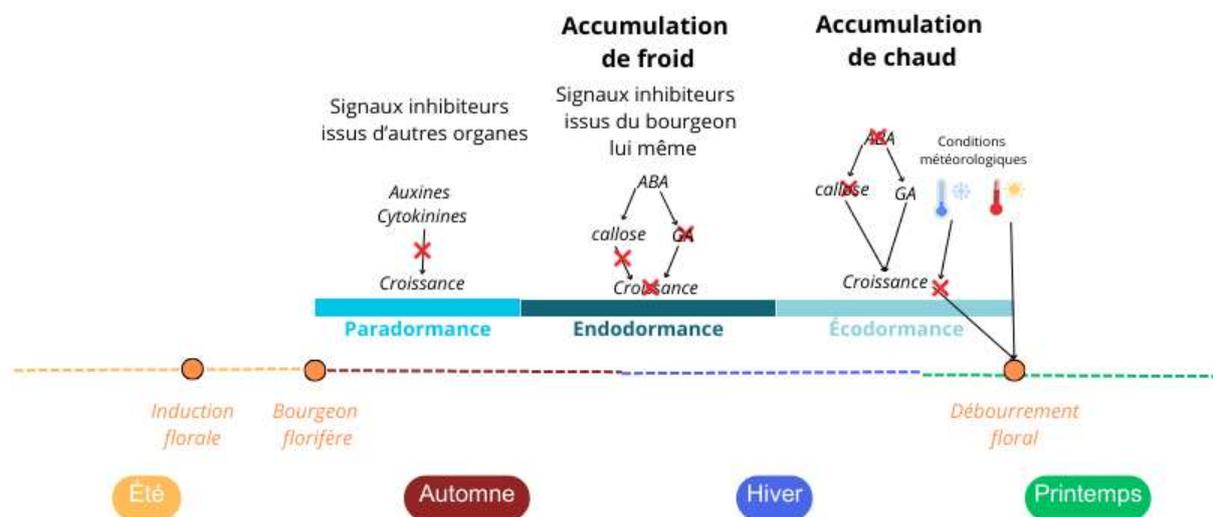


Figure 4 : Schématisation des trois phases de la dormance (para-, endo- et éco) et des facteurs inhibant la croissance des bourgeons florifères (source personnelle : d'après Lang et al., 1987 et Horvath, 2009). ABA = Acide Abscisique, GA = gibbérélline.

à se transformer en fruit. Ce processus de transformation de la fleur fécondée en fruit constitue la nouaison. La fructification se poursuit par une phase de multiplication puis de grossissement cellulaire (grossissement du fruit) et se termine avec une phase de maturation durant laquelle le fruit a atteint sa taille maximale. Au verger, la transition entre grossissement cellulaire et maturation peut être déterminée en observant le durcissement du noyau. Pendant la maturation, des changements chimiques se produisent dans le fruit, notamment la conversion de l'amidon en sucres, la dégradation des acides organiques et la synthèse de pigments responsables de la coloration du fruit. Le fruit devient également plus aromatique et développe un goût caractéristique associé à sa variété. En France, la période de récolte des abricots a lieu entre juin et août selon la région de production et la variété cultivée (Legave, 2021)

Pendant la phase de grossissement des fruits, la croissance végétative continue par la croissance de méristèmes situés à la base des bourgeons floraux. Au niveau de l'aisselle des feuilles, des bourgeons avec un fonctionnement méristématique actif produisent un axe, des ébauches foliaires et des méristèmes indifférenciés entraînés par une induction florale. Certains méristèmes indifférenciés, vont recevoir un « signal » qui initie leur induction puis leur différenciation en ébauches florales au sein des bourgeons. Les bourgeons dont le méristème n'a pas reçu de signal ne développent que des ébauches végétatives. Cette phase d'induction florale permet d'initier les bourgeons floraux et végétatifs pour le cycle N+1 (Legave, 2021). En automne, le cycle de croissance est interrompu, ce qui se visualise par la chute des feuilles afin de remobiliser les composés foliaires (pigments, enzymes) et de diminuer les flux de sève brute et élaborée avant l'hiver. C'est ce qu'on appelle également la dormance (Legave, 2021).

1.1.5. La dormance des arbres fruitiers

La dormance est une phase durant laquelle la croissance végétative n'est pas visible et pendant laquelle l'activité métabolique est ralentie afin de protéger les méristèmes du froid et se décompose en trois phases : la paradormance, l'endodormance et l'écodormance qui se succèdent chronologiquement (Figure 4)(Lang et al., 1987).

La paradormance, phase réversible, est induite par des facteurs environnementaux externes, se produit en réponse à des signaux environnementaux tels que la baisse des températures nocturnes. Ces signaux déclenchent des changements physiologiques dans la plante : 50 à 90% de l'azote foliaire total est transloquée sous forme de protéines des feuilles sénescentes dans l'écorce et les racines (González-Rossia et al., 2008). Il a été établi que les auxines et les cytokinines régulaient la paradormance en inhibant la croissance et le développement au niveau des feuilles et permettait la transition vers l'endodormance (Horvath, 2009).

L'endodormance est la phase de dormance profonde, irréversible, observée chez les arbres au niveau des bourgeons. Elle implique la production d'éthylène et d'Acide Abscisique (ABA) induisant un blocage presque complet du cycle cellulaire et des processus métaboliques au niveau des bourgeons, ce qui limite la croissance et le développement des tissus végétatifs. Au niveau physiologique, les plasmodesmes se ferment, interrompant ainsi la communication intercellulaire et limitant les échanges entre les cellules. Les membranes cellulaires subissent des modifications qui affectent leur fluidité et leur perméabilité. Cela peut conduire à une réduction du mouvement des substances à travers les membranes et à une déshydratation partielle des tissus, ce qui contribue à

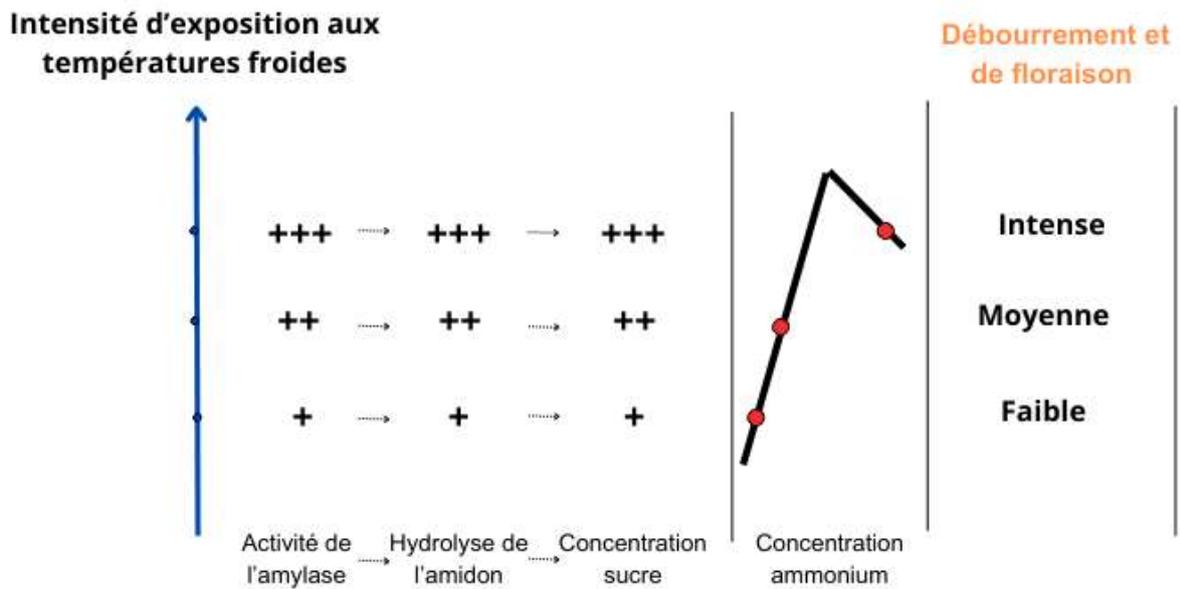


Figure 5 : Schématisation de l'effet des températures froides sur la concentration de sucre, d'azote dans l'écorce en lien avec le débourrement et la floraison d'après González-Rossia et al., 2008 (source personnelle). + = faible ; ++ = moyenne et +++ = élevée.

maintenir l'endodormance. Des dépôts de **callose** obstruent les plasmodesmes, empêchant ainsi le flux d'eau, de nutriments et de signaux hormonaux entre les cellules. Il existe un équilibre délicat entre les hormones qui stimulent (gibbérellines GA) ou inhibent (ABA) la croissance. Les hormones agissent en synergie pour réguler les processus de dormance et de croissance de la plante. La durée d'exposition au froid est un facteur important pour lever l'endodormance. Des températures froides, généralement inférieures à 13°C, stimulent la migration d'enzymes qui hydrolysent les dépôts de callose, rétablissant ainsi les connexions vasculaires symplasmiques et permettant le flux normal d'eau, de carbone et d'autres substances à travers les tissus végétaux (Fadón et al., 2020; Legave, 2021; Erez et al., 2000; Horvath, 2009). La phase d'endodormance est levée lorsque les bourgeons ont été exposés à une certaine quantité de froid, on parle alors de besoins en froid. Tant que les besoins en froid ne sont pas satisfaits les bourgeons sont en incapacités de rentrer en écodormance malgré une exposition à des conditions météorologiques chaudes (Fadón et al., 2020; Legave, 2021; Erez et al., 2000).

L'écodormance débute lorsque les besoins en froids des bourgeons ont été satisfaits. La production de GA n'est plus inhibée par ABA. Les bourgeons ont alors la capacité de reprendre leur développement mais leur croissance est inhibée par des facteurs environnementaux tels que des températures trop faibles, on parle ici de besoins en chaud. Les bourgeons ont besoin d'une certaine quantité d'exposition au-dessus d'une température seuil pour une réhydratation complète des tissus et une réactivation des flux d'assimilâts pipices au débourrement (Legave, 2021).

Les mécanismes physiologiques plus détaillés et les gènes impliqués restent encore méconnus(Horvath, 2009).

1.1.6. Effets des températures froides sur la levée de la dormance

Pendant la dormance, l'exposition à des températures froides induit des variations de différents métabolites. Ainsi, en lien avec des expositions au froid plus ou moins importante, des variations des concentrations de phénylpropanoïdes, (Conrad et al. 2019), des **espèces réactives de l'oxygène (ROS)** ou encore de phospholipides (Guillamón et al., 2024) ont été identifiés comme précurseurs du passage de l'endodormance à l'écodormance.

González-Rossia et al., 2008 ont étudié les effets de l'exposition au froid de différentes intensités (faible, moyen et fort) sur les teneurs en glucose et nitrate contenus dans l'écorce de quatre espèces de *Prunus sp.*(pêche, nectarine, prune et abricot) puis observer le débourrement. Ainsi, l'augmentation de la concentration de glucose est corrélée avec l'exposition au froid de plus en plus importante (pêche, nectarine, prune et abricot). En parallèle, la concentration d'amidon diminue : le froid induit l'activité de l'amylase qui hydrolyse l'amidon et par conséquent augmente la concentration en sucre. Concernant l'azote, l'ammonium contenu de l'écorce, la concentration augmente avec une exposition moyenne puis diminue avec une exposition forte au froid ce qui correspond à une sortie de la dormance (González-Rossia et al., 2008).Ainsi l'intensité de débourrement et de floraison a été mis en lien avec l'exposition au froid quia pour effet d'augmenter l'intensité du débourrement et de la floraison lorsque des concentrations d'ammonium et de protéines étaient élevées dans l'écorce (Figure 5).

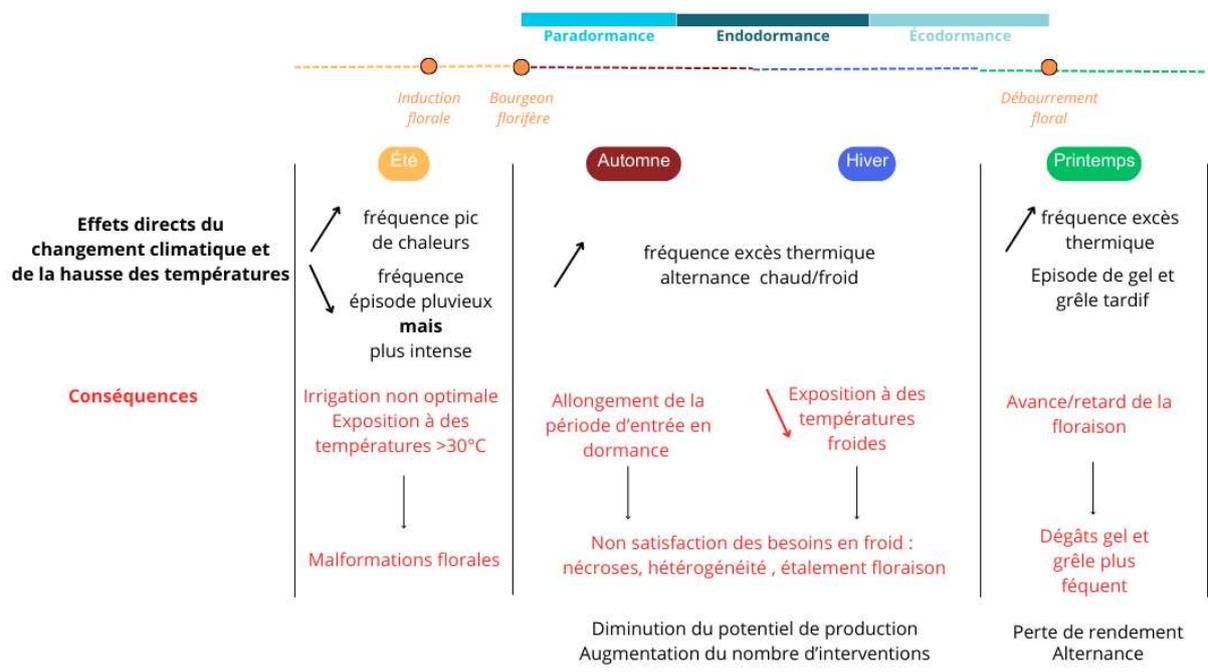


Figure 6 : Schéma récapitulatif des effets du changement climatique sur le cycle de développement de l'abricotier (source personnelle)

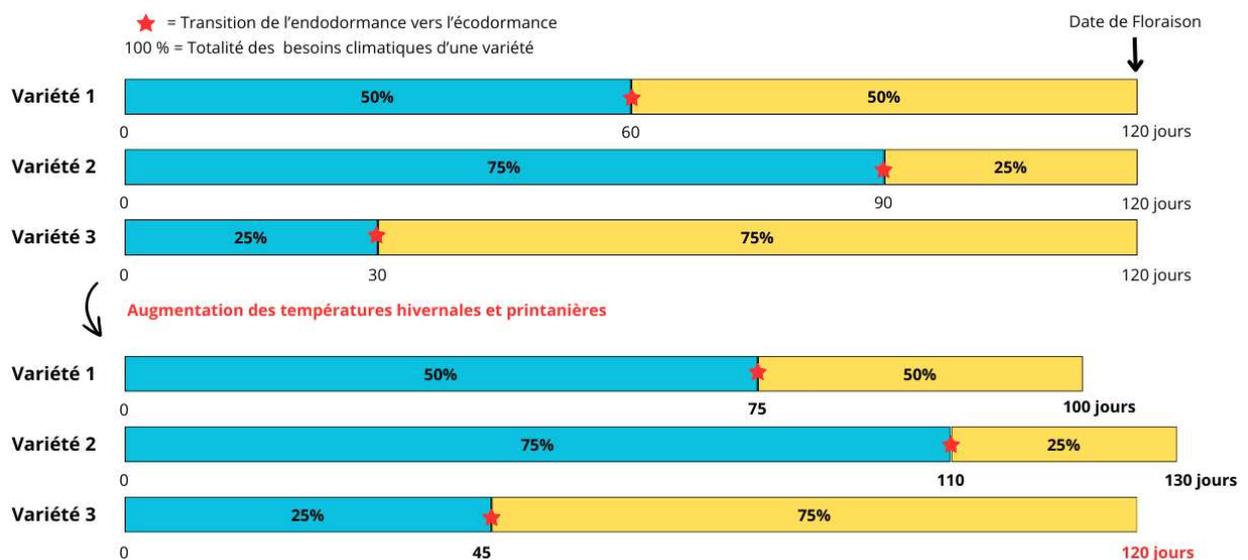


Figure7 : Représentation schématique des effets de l'augmentation des températures sur la floraison de trois variétés avec des besoins en froid (bleu) et en chaud (jaune) différents mais une date de floraison similaire. La variété 1 présente des besoins en froid et chaud identiques, la variété 2 a des besoins en froid plus élevé que les besoins en chaud et la variété 3 a des besoins chauds plus élevés que les besoins en froid (source personnelle : d'après l'intervention d'Isabelle Farrera (INRAE et Institut Agro Montpellier) au CETA des techniciens en mars 2024).

1.2. L'abricot face au changement climatique : enjeux et leviers

1.2.1. Évolution générale du climat dans le monde, en Europe et en France

Depuis 1850, le climat connaît une période de réchauffement liée aux activités anthropiques qui s'est intensifiée dans les années 1940. Cependant, l'ampleur et la rapidité avec lequel se manifeste le réchauffement actuel est inédit si l'on retrace l'évolution du climat au cours des derniers 11 000 ans (Legave, 2021; IPCC, 2021) . Il se caractérise par l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (températures extrêmes, sécheresse des sols, pluies extrêmes...) qui affectent les écosystèmes ainsi que les activités économiques (Legave, 2021; Schwarz et al., 2022) En Europe, on attend des effets plus importants en Europe de l'Ouest (Andrade et al., 2012).

En France, le réchauffement moyen est 30% plus élevé que la moyenne planétaire. Entre 1959 et 2009, les températures minimales moyennes ont augmenté entre 0,95°C et 2°C selon les régions (1,45°C en moyenne) et les températures maximales moyennes ont augmenté entre 1,1°C et 2,25°C selon les régions (1,6°C en moyenne) (Gibelin et al. 2014). En 2019, l'augmentation des températures moyennes était d'environ de 1,8°C. Le nombre de jours froids a diminué significativement tout comme le nombre jours de gel et de vague de froid. Cependant, on note une augmentation de la variabilité de ces épisodes de gel avec des gels importants lors de périodes plus chaudes. En plus de l'augmentation des températures, on note une augmentation de la pluviométrie dans le Nord mais une diminution de celle-ci dans le Sud. A l'horizon 2050, d'après le scénario RCP4.5 du GIEC, le réchauffement attendu est de +0.28°C par décennie soit +1,7°C des températures moyennes annuelles (Schwarz et al., 2022).

Les espèces végétales pérennes telles que les cultures d'arbres fruitiers sont exposées à de nombreuses conditions climatiques lors de leur cycle annuel. Le changement climatique modifie la phénologie et la productivité des cultures fruitières avec des conséquences économiques significatives. Depuis le début des années 2000, de nombreuses perturbations du cycle de développement ont été observées sur différentes espèces fruitières(Figure 6)(Legave, 2021)

1.2.2. Conséquences du changement climatique sur le cycle de développement de l'abricotier

1.2.2.1. *Effet de l'augmentation des températures pendant la dormance*

Le changement climatique exerce plusieurs effets opposés sur la phénologie des bourgeons des espèces pérennes. L'augmentation des températures durant l'automne et l'hiver ont pour effet de prolonger l'endodormance des bourgeons et l'augmentation des températures printanières ont pour effet de raccourcir la période d'écodormance (Asse et al., 2018; Legave et al., 2015) conduisant à des avancées ou retard de floraison. Dans certains cas, les deux phénomènes se compensant : une stagnation de la date de floraison est observée pour certaines variétés (Figure 7 et Annexe II) (Chuine et al., 2016)

Le suivi des stades phénologiques a permis de comparer des séries phénologiques établies pour des espèces, des variétés et des sites d'observations différents et des avancées des dates de floraison ont été observées dans la plupart des régions du monde. Par exemple sur pommier en Europe de l'Ouest, la floraison est avancée en moyenne de 10 jours pour un climat nord-continental contre 6/7jours pour un climat océanique alors que la

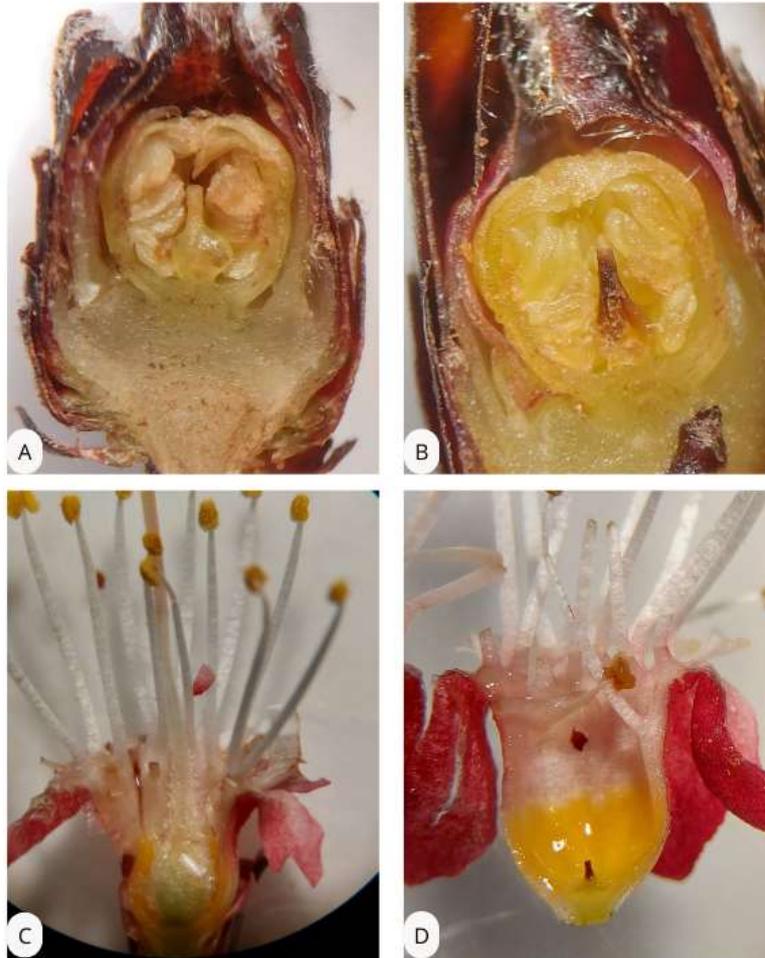


Figure 8 : Photographies illustrant les malformations de pistils observés sur la variété APRIBANG cov REGALCOT® en 2024 lors du stade A (photos A et B) et du stade F (photos C et D) à la loupe binoculaire (source personnelle). Les photographies A et C présentent des pistils sains et les photographies B et C des malformations/nécroses de pistils.

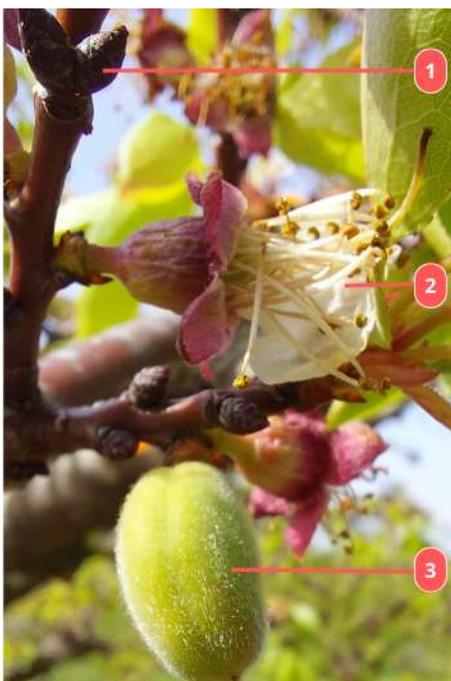


Figure 9 : Photographie illustrant l'hétérogénéité de la floraison sur un même arbre avec plusieurs stades visibles au même moment sur TOMCOT® Toyacot cov le 21 Mars 2024 (source personnelle). 1 = stade A, 2 = stade G et 3 = stade I-J.

floraison a peu avancée sur le bassin méditerranéen (Legave et al. 2013). En France, cette modification des dates de floraison a été mise en évidence sur de nombreuses espèces dont l'abricotier avec une rupture qui a été observée au début des années 1990 (Legave, 2021), une seconde rupture plus récente (2015) a ensuite été observée (Intervention d'Inaki Garcia de Cortazar-Atauri de l'INRAE –Agroclim à l'ISHS *Plum Apricot 2024*)

De plus, des anomalies lors de la différenciation des ébauches florales en lien avec des températures supérieures à 30°C comme la formation de pistil double ont été signalées sur abricotier (Zec et al., 2013). Albuquerque et al., 2004, ont signalé des chutes de bourgeons lors de la dormance hivernale liés à des avortements précoces des organes floraux et seraient la conséquence des températures élevées pendant la période automno-hivernale (Weinberger, 1967). Des malformations des pistils (Figure 8) lors de la floraison entraînant une chute prématurée des fleurs ont également été observées. Ces malformations seraient la conséquence d'une mauvaise synchronisation entre la levée de l'endodormance et la différenciation des vaisseaux de xylème (Andreini et al., 2012). De ce fait, l'augmentation des températures automno-hivernales lors de la phase d'endodormance devraient intensifier l'avortement des organes floraux chez les variétés les plus sensibles et causer des pertes économiques considérables (Legave, 2021).

1.2.2.2. *Hétérogénéité de floraison et risques climatiques (gel, grêle...)*

L'avancement de la floraison et l'augmentation des températures pendant l'endodormance induisent également à des floraisons hétérogènes avec plusieurs stades phénologiques sur une même variété, sur une même parcelle au même moment (Figure 9). La durée des floraisons est allongée augmentant les risques de subir des pertes causées par les aléas climatiques tels que le gel ou la grêle (Legave, 2021). La désynchronisation des stades phénologiques lors de la floraison rallonge les périodes d'expositions aux maladies, complexifie et réduit l'efficacité des interventions d'éclaircissements et peuvent se traduire par une hétérogénéité des calibres, la nécessité de réaliser des traitements, des éclaircissements ou encore des ramassages à la récolte supplémentaires augmentant les coûts de production (Legave, 2021).

Les variétés d'abricotier présentent des sensibilités, des tolérances et des systèmes d'adaptation pour faire face au changement climatique propre à chacune. Il est donc devenu nécessaire de caractériser les variétés existantes comme les nouvelles, et croiser leurs exigences agronomiques avec les projections du changement climatique afin de renouveler des variétés adaptées dans les aires de production pour les prochaines décennies (Legave., 2021).

1.2.3. Les produits leveurs de dormance

Dans les pays chauds tel que le Brésil, l'Afrique du Sud, l'Egypte, Israël ou encore la Nouvelle Zélande, l'une des principales limites à la production d'arbres fruitiers est la non-satisfaction des besoins en froids (Guillamón et al., 2022; Sebben et al., 2020; Erez et al., 2000; Erez et al., 2008). Différents produits, appelés produits agrochimiques, régulateurs de croissance végétale ou biostimulants, sont utilisés sur les cultures pour favoriser la levée de l'endodormance afin d'augmenter et d'avancer le débourrement. Dans la littérature, divers produits avec des modes d'actions différents ont été testés et utilisés pour aider à la levée de la dormance sur différentes espèces. Le tableau 2 (p8) référence les biostimulants et leurs compositions les plus fréquemment utilisés dans le monde d'après (Guillamón et al., 2024).

Tableau 2 : Tableau recensant les biostimulants les plus utilisés pour lever la dormance dans le monde avec leur composition d'après (Guillamón et al., 2024).

Biostimulant	Composition
Dormex™	52% Hydrogen cyanamide
Erger™	3,1% Ammoniacal nitrogen + 5,8% Nitrate nitrogen + 6,1% Urea nitrogen + 3,3% Calcium
Activ Erger™	9% Nitris nitrogen + 6 % Ammonical nitrogen + 6,5% CaO
Synchron™	2% Free aminoacids + 0,3% Total nitrogen + 80% Total organic matter
NitroActive™	11,5% Nitric nitrogen + 5,5% Ammoniacal nitrogen + 12,3% CaO
Sitofex™	0,12% Forchlorfenuron
DROPP™	42,4% Thidiazuron

1.2.3.1. *Fonctionnement de deux produits leveurs de dormance : exemple du Dormex™ et DNOC.*

Le produit le plus répandu est composé de cyanamide d'hydrogène, commercialisé sous le nom de Dormex™, mais est désormais interdit dans de nombreux pays (Europe, Nouvelle Zélande...) car hautement toxique pour l'environnement et pour la santé humaine puisqu'il s'agit d'un dérivé du cyanure (Guillamón et al., 2022 ; Sebben et al., 2020). La cyanamide d'hydrogène simule des conditions hypoxiques induisant l'expression des gènes impliqués dans la réponse à l'hypoxie, dont la biosynthèse d'acide gibbérellique et d'alpha-amylase. Il favorise l'afflux d'eau vers les bourgeons dormants, entraînant une accumulation d'eau dans la partie basale des fleurs (pêcher) et induit des variations significatives dans les métabolites et les transcriptomes des bourgeons floraux, notamment une augmentation de la prunasine et de l'acide jasmonique (cerisier) d'après Guillamon et al., 2022.

L'utilisation du **dinitro-o-cresol (DNOC)** associée à une huile minérale était une pratique très répandue. Le DNOC provoquait une anaérobiose temporaire induisant le débourrement des bourgeons. Cependant, le DNOC est également interdit en France en raison de sa toxicité, le méthyl dinocap a été développé comme alternative, offrant un effet similaire mais avec moins de risques pour la santé (Erez et al., 2024; Mahhou, Alahoui, Jadari 2003). Enfin, des produits à base d'hormones végétales, les gibbérellines et les cytokinines ont également été identifiées comme ayant des effets sur la dormance (Erez et al., 2024).

Pour remplacer le Dormex™ et les autres produits dangereux pour la santé, différents engrais foliaires avec une faible toxicité pour l'applicateur et des efficacités intéressantes ont été développés (Sebben et al., 2020). Les engrais foliaires les plus utilisés pour avancer et synchroniser le débourrement et la floraison sont l'Erger™ associé avec de l'ActivErger™ et Synchron™ associé avec NitroActive™ mais peu d'études ont été menées sur abricotier pour comprendre les mécanismes d'actions de ces produits (Guillamón et al., 2024; Guillamón et al., 2022).

1.2.3.2. *Les engrais foliaires, une nouvelle alternative : zoom sur ERGER™.*

L'Erger™ est composé d'azote ammoniacal, nitrique, uréique et de calcium et il est à appliquer avec un adjuvant, l'ActivErger™, aussi composé d'azote ammoniacal et nitrique mais également d'oxyde de chaux (Guillamón et al., 2022). Ce biostimulant a pour effet d'avancer le débourrement et la floraison et est utilisé sur différentes espèces fruitières (Pereira et al., 2011). Guillamón et al., 2024 se sont intéressés à l'impact de l'application de Erger™+ ActivErger™ sur les différents métabolites impliqués dans la levée de l'endodormance. Le biostimulant augmente significativement la synthèse d'ABA, de phénylpropanoïdes, de ROS (acide ascorbique) mais aussi de phospholipides et de prunasine qui ont été pour la première fois identifiés sur abricotier.

1.2.3.3. *Importance du positionnement des biostimulants*

Néanmoins, il a été démontré pour les différents biostimulants que leur efficacité était fortement liée à la concentration et la date de l'application (Guillamón et al., 2022; Wang et al., 2016). En effet, (Mahhou et al., 2003) évoque des risques de phytotoxicité s'exprimant sur les organes floraux, les espèces à noyau tel que l'abricotier présentent une sensibilité supérieure que les espèces à pépins. Cette phytotoxicité, induite par une augmentation de ROS dans la plante, est une réelle problématique puisqu'elle entraîne une chute anormale

Tableau 3 : Tableau présentant deux méthodes d'accumulation du froid : le modèle Utah et le modèle 7,2°C

Modèle	Méthode de conversion des températures		Source
Utah Model	Horaires (°C)	Chill Units	Richardson et al., 1974
	< 1,4	0	
	1,5 - 2,4	0,5	
	2,5 - 9,1	1	
	9,2 - 12,4	0,5	
	12,5 - 15,9	0	
	16 - 18	-0,5	
> 18	-1	Weinberger, 1950	
7,2°C	Horaires (°C)		Chill Hours
	> 7,2		0
< 7,2	1		

des bourgeons et donc des pertes de productions importantes (Wang et al. 2016).

Des travaux se sont concentrés sur les paramètres d'applications de ces biostimulants afin de limiter l'hétérogénéité, ainsi des études sur la vigne, le cerisier et l'abricotier ont démontré que les leveurs de dormance sont efficaces lorsque 2/3 des besoins en froid sont satisfaits (Guillamón et al., 2022). Selon Faust et al., 1997, l'endodormance est divisée deux catégories : d-endodormance et s-endodormance. L'endodormance-s est le stade au cours duquel les produits leveurs de dormance peuvent se substituer au froid. Par opposition à l'endodormance-d où aucune substitution n'est possible. De plus, les biostimulants ne peuvent pas compenser totalement le manque de besoin en froid : il a été estimé que le Dormex™ ne pouvait pas compenser plus de 30% des besoins en froid (Erez et al., 2024; Pereira et al., 2011). L'efficacité des biostimulants dépend donc du stade d'application vis à vis de la satisfaction des besoins en froid. Une compréhension complète des mécanismes biochimiques responsables de la levée de la dormance des bourgeons est indispensable pour développer de nouveaux produits chimiques non phytotoxiques et respectueux de l'environnement et d'autres essais devraient être menés (Pereira et al., 2011).

1.2.4. Le rôle de la modélisation dans la caractérisation des besoins climatiques et dans le positionnement des produits leveurs de dormance

L'abricot, ainsi que d'autres espèces d'arbres fruitiers tempérés, présente des besoins climatiques spécifiques à chaque variété (Fadón et al. 2023). Il est difficile d'estimer les besoins en froid pour lever l'endodormance ou les besoins en chaud pour lever l'écodormance. Comme évoqué précédemment, l'effet des produits leveurs de dormance est liée à leur positionnement par rapport à la quantité de froid accumulée. Ainsi, modéliser et estimer l'état de satisfaction des besoins en froid des bourgeons à partir des températures pourrait permettre un meilleur positionnement des produits et donc éviter la phytotoxicité qu'ils peuvent engendrer lors d'une application trop précoce ou tardive (Erez et al., 2024).

En effet, il important de noter que les besoins en froid et donc la date de levée de l'endodormance sont impossibles à déterminer directement dans les vergers (Legave, 2021). Pour les estimer, une des méthodes efficace et peu couteuse a été proposée par Tabuenca en 1964 : le test tabuenca (Annexe III). Cette méthode a montré son efficacité mais est cependant très chronophage et dépendante de l'expérimentateur, il est impossible de réaliser tous les ans des tests tabuenca sur toutes les variétés existantes. Ainsi, des modèles phénologiques ont été développés pour caractériser les besoins climatiques sur différentes espèces fruitières en modélisant la satisfaction des besoins en froid (Fadón et al., 2020; Viti et al., 2010). Il existe différents modèles pour simuler la date de levée de l'endodormance et/ou la floraison à partir des températures moyennes journalières ou horaires météorologiques (Bonhomme et al., 2010; Fadón et al. 2020).

Le modèle le plus utilisé sur abricotier aujourd'hui est le modèle 7,2°C qui a été proposé par Weinberger en 1950. Dans ce modèle, les heures durant lesquelles les températures sont inférieures à 7,2°C sont cumulés (chillhours) pendant toute la période de dormance hivernale. Cependant ce modèle estime que toutes les températures ont le même impact sur les bourgeons. D'autres modèles estiment que les températures n'ont pas toutes le même effet comme le modèle Utah (chill units) (Tableau 3) (Richardson et al., 1974), le modèle Dynamic (chill portions) (Erez et al., 1988) ou le modèle F1Gold1 (Figure 10, p10)

Model		F 1 Gold 1
Chilling sub-model		
Temperature function		Triangular
Daily temperature involved (°C)		Mean
Function parameters		
Optimal temperature (Tc in °C)		1.1
Temperature interval (Ic in °C)		20
Other parameters		
Chilling period onset (in year $n-1$)		October 30
Chilling quantity required (C) ^a		56.0
Heating sub-model		
Temperature function		Exponential
Daily temperature involved (°C)		Mean
Function parameters		
Specific temperature (Th in °C)		9.0
Slope parameter (Sh, number)		/
Other parameters		
Heating quantity required (H) ^a		83.58

Chilling sub-model	
$F_c(T) = 1 - (T - T_c / I_c, \text{ si } T_c - I_c < T < T_c + I_c$	
$\text{Sinon } F_c(T) = 0$	
Heating sub-model	
$F_h(T) = \exp(T / Th - 1)$	

Figure 10 : Paramètres et équations du modèle F1Gold1(Legave et al., 2013). Les paramètres surlignés seront modifiés et adaptés pour le modèle abricotier.

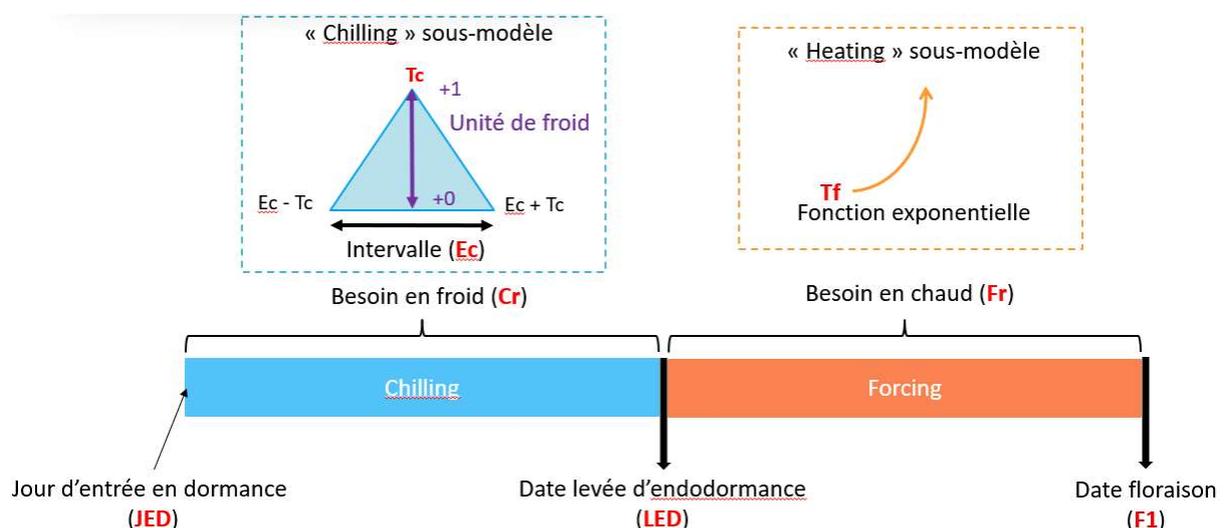


Figure 11 : Représentation schématique du fonctionnement du modèle F1Gold1 (source : Léonie METTAS, *Étude des effets de biostimulants de sortie de dormance sur la phénologie, la gestion de la charge et le développement du pommier dans un contexte de changement climatique*, 2022).

(Legave et al. 2013). Tous les modèles d'estimation de la satisfaction des besoins en froid sont plus ou moins adaptés aux espèces car ils ne sont, pour les trois exemples cités ci-dessus, pas adaptés aux exigences de chaque variété.

Grâce aux travaux réalisés par (Legave et al. 2013), un modèle performant appelé F1Gold1 a été mis en place sur la variété de pomme Golden delicious. Le modèle est divisé en deux sous-modèles afin d'estimer la date de levée d'endodormance et la date de floraison F1. Le premier sous-modèle (chilling sous-modèle), est régi par une loi d'action triangulaire. Il correspond à l'accumulation d'unités de froid et permet d'estimer la date de levée d'endodormance. Le second sous-modèle (forcing sous-modèle), est régi par une loi d'action exponentielle. Il correspond à l'accumulation d'unités de chaud et estime la date de floraison (Figure 11). En collaboration avec différents partenaires du GRCETA – INRAE, Cot international, SudExpé, Centrex, SERFEL, etc - et Isabelle Farrera (INRAE Montpellier et Institut Agro Montpellier), de nombreuses dates de floraison et données issues de test tabuena ont été récupérées chez les différents partenaires afin d'adapter le modèle à l'abricotier.

1.3. Cadre de l'étude

1.3.1. Présentation GRCETA de Basse Durance

Créée en 1962, le GRCETA de Basse Durance est une association d'arboriculteurs qui assure le conseil, l'appui technique aux exploitants tout en participant à la recherche, à l'expérimentation et au développement des techniques de Production Fruitière Intégrée (PFI). L'association regroupe 230 arboriculteurs adhérents répartis dans neuf départements des régions Provence Alpes Côte d'Azur, Rhône-Alpes et Languedoc Roussillon ce qui représente plus de 5000 ha de verger. L'équipe composée d'une dizaine de personnes (administration, conseillers et techniciens) est impliquée directement et indirectement dans différents groupes et projets de recherches via des partenariats.

1.3.2. Problématique du GRCETA de Basse Durance

Depuis quelques années, différents symptômes liés au dérèglement climatique ont été observés par les conseillers et techniciens du GRCETA sur les différentes espèces fruitières dans les vergers des adhérents diminuant les potentiels de production. Le premier levier pour répondre à cette problématique, est l'adaptation variétale : étudier les nouvelles variétés afin de planter de futurs vergers adaptés aux problématiques de demain (températures, bioagresseurs, ...). Le second levier se focalise sur les vergers déjà en place afin de proposer des solutions dès aujourd'hui.

Ainsi, l'un des axes de travail du GRCETA depuis 2021 est la caractérisation des besoins climatiques dont l'étude de la levée de dormance. Pour compenser les besoins en froids non satisfaits sur abricotier, cerisier et pommier, le GRCETA a décidé de mettre en place des essais pour comprendre les effets des produits de leveurs de dormance tel que l'Erger™. Depuis 2021, plusieurs essais de biostimulants avec des résultats encourageants ont été mis en place sur pommier. En parallèle, un travail sur la modélisation a été commencé afin d'adapter le modèle F1Gold1 sur la variété de pomme Galaval cov. En 2023, la problématique s'accroissant sur abricotier, le GRCETA a décidé d'étendre les essais sur abricotier et de mettre en place un modèle phénologique sur abricotier dans le but de trouver

une solution pour les vergers composés de variétés dont les besoins climatiques ne sont ou ne seront plus satisfaits.

1.3.3. Stratégie retenue et problématiques de stage

Ainsi pour étudier, la levée de la dormance, l'effet d'un biostimulant et caractériser les besoins climatiques sur abricotier, trois vergers chez des producteurs volontaires et adhérents au GRCETA ont été choisis pour accueillir les essais du produit Erger™. Les trois vergers sont représentatifs d'un mode de conduite conventionnel. Les variétés choisies pour cette étude sont pour l'une (TOM COT® Toyacot cov) une référence fréquemment utilisée puis LIDOCov et APRIBANG cov REGALCOT®) présentent des floraisons très hétérogènes. Erger™ a été retenu puisqu'il est déjà utilisé en Espagne sur abricotier, en France sur cerisier et qu'il a montré des effets de regroupement phénologique, d'avance de maturité et éclaircissant sur plusieurs variétés de pomme (essais 2022 et 2023 du GRCETA).

Les trois essais de 2024, ont pour objectif de caractériser les effets de Erger™ sur trois variétés d'abricots. Grâce à la bibliographie et aux expérimentations précédemment réalisées par le GRCETA plusieurs questions ont été étudiées dans ce mémoire :

- **Est-ce que l'application d'Erger™ a un effet sur la dynamique phénologique et sur le développement végétatif de l'abricotier ?**

Erger™ induit des avances phénologiques et réduit l'étalement des stades phénologiques lorsque que les besoins en froid ne sont pas totalement satisfaits sur d'autres espèces. Sur pommier, il permet d'augmenter le développement végétatif.

Hypothèse 1.a : le biostimulant avance et regroupe la phénologie sur abricotier

Hypothèse 1.b : L'Erger™ augmenterait le développement végétatif

- **Est-ce que le biostimulant Erger™ a un effet éclaircissant sur abricotier ?**

Les expérimentations réalisées par le GRCETA en 2022 et 2023 sur pommier ont permis d'identifier un effet éclaircissant du produit sur plusieurs variétés de pomme.

Hypothèse 2 : L'Erger™ aurait un effet éclaircissant, c'est-à-dire qu'il diminuerait le taux de fructification sur abricotier

- **Comment le niveau de satisfaction des besoins en froid de l'abricotier au moment de la date d'application de l'Erger™ influence-t-il l'effet du produit ?**

L'effet du biostimulant varie en fonction du niveau de satisfaction des besoins en froid lors de l'application. Les variétés d'abricotiers ayant des besoins climatiques différents, la date d'application de l'Erger™ peut engendrer des effets variables entre les variétés.

Hypothèse 3.a : Les effets de l'Erger™ sont influencés par le niveau de satisfaction des besoins en froid à la date d'application.

Hypothèse 3.b : Les effets de l'Erger™ diffèrent entre les variétés.

Tableau 4 : Tableau recensant les caractéristiques des vergers utilisés pour les essais « Erger » en 2024 réalisé à partir des registres du GRCETA et des données disponibles sur Géoportail et GisSol.

Site	Caractéristiques du sol		Variété	Année de 1ère feuille	Porte-greffe	Densité par ha	Distance de plantation	Objectif de production	Orientation	Conduite
	Types de sol dominant	Profondeur du sol en cm								
1	Sodisols et fersialsol	50 - 100	APRIBANG cov REGALCOT®	2018	GF 8-4/ISTHARA	500	4m x 5m	35T / ha soit 800-1000 fruits / arbre	Est/Ouest	Gobelet, conventionnelle
2	fersialsol	50 - 100	TOMCOT® Toyacot cov	2006	Montclar® chantruge	417	4m x 6m	35T / ha soit 800-1000 fruits / arbre	Nord/Sud	Gobelet, conventionnelle
3	Colluviosols et fersialsol	50 -100	LIDO cov	2012	Montclar® chantruge	575	3m x 5m	35T / ha soit 800-1000 fruits / arbre	Nord-Est/ Sud-Ouest	Gobelet, conventionnelle

Tableau 5 : Tableau recensant l'identité ainsi que certaines caractéristiques des variétés composant les vergers utilisés pour les essais Erger en 2024 d'après les fiches variétales de l'abricot CTIFL et Cot International.

Variété	Éditeur	N°Éditeur	Vigueur	Époque de floraison	Floribondité	Nouaison	Fertilité	Source
APRIBANG cov REGALCOT®	AGRO SELECTIONS FRUITS S.A.S.	ASF0405	Moyenne à forte	Tardive	Moyenne	Bonne	Autofertile	CTIFL, 2018
TOMCOT® Toyacot cov	COT International			précoce	Forte	Bonne	Autofertile	COT International et CTIFL, 2020
LIDO cov	PSB Produccion Vegetal S.L. (SP)	PSB 2147-25	Forte	Tardive à très tardive	Moyenne à forte	Bonne à très bonne	Autofertile	CTIFL, 2020

Tableau 6 : Modalités d'applications de l'Erger™ et l'Activ'Erger™ sur les trois dispositifs expérimentaux. Les produits ont été appliqués par les producteurs eux-mêmes. La date de positionnement a été établie sous les conseils et les connaissances des techniciens du GRCETA.

Site	Variété	Date d'application biostimulant	Dose Erger™ Activ'Erger™
1	APRIBANG cov REGALCOT®	15-janv-24	5% et 6%
2	TOMCOT® Toyacot cov	16-janv.-24	5% et 6%
3	LIDO cov	30-janv-24	5% et 6%

2. MATÉRIELS ET METHODES

2.1. Essais expérimentaux ERGER™

2.1.1. Matériel végétal et caractéristiques des vergers

Trois vergers d'abricotiers sur 3 sites différents ont été sélectionnés pour accueillir trois essais également nommés « essais Erger » afin de tester et comprendre l'effet du leveur de dormance Erger™ chez trois arboriculteurs adhérents au GRCETA (voir l'itinéraire technique des vergers Figure 2,p3)et les caractéristiques des vergers dans le tableau 4. Les trois vergers sont situés à proximité des communes de St-Gilles et Générac dans le Gard dans la zone géographique des Costières de Nîmes. Cette zone se situe au sud-ouest de la vallée du Rhône et au nord-est de la Camargue et se caractérise par un sol argilo-calcaire (colluviosols, calcosols, fersialcols) ainsi qu'une profondeur comprise en 50 et 100 cm d'après les cartes disponibles sur Géoportail et GisSol(Tableau 4).

Le premier verger (site 1) est composé de la variété APRIBANG cov REGALCOT®, le second verger (site 2) est constitué de la variété TOMCOT®Toyacot cov. Enfin, la variété LIDO cov compose le troisième verger (site 3). Les principales caractéristiques agronomiques des variétés sont recensées dans le tableau 5. Dans la suite du mémoire les variétés seront désignées sous les appellations Apribang, Tomcot et Lido.

2.1.2. Description des dispositifs expérimentaux

Les trois essais Erger ont été mis en place sur des vergers tenus en agriculture conventionnelle, menés en gobelet. L'application de l'Erger™ avec Activ'Erger™ a été réalisée par les arboriculteurs à une concentration respective de 5% et 6% (préconisation commerciale). Le biostimulant a été appliqué le 15 janvier sur Apribang, le 16 janvier sur Tomcot et le 30 janvier sur Lido (Tableau 6) par les producteurs aux-mêmes. Chaque verger est divisé en deux modalités, la première modalité correspond aux rangs traités à l'Erger™ et la deuxième aux rangs non traités qui seront les rangs témoins (minimum 3 rangs par verger) (Plan des sites en annexe IV)

Sur chaque site, 24 arbres homogènes (gabarit) ont été sélectionnés : 12 arbres témoins non traités et 12 arbres dans les modalités traitées à Erger™ soit un total de 72 arbres. Chaque arbre a été identifié de 1 à 12 sur lesquels 4 branches, sur les 4 faces de l'arbre, ont été marquées par des étiquettes numérotées de 1 à 4. Les numéros d'étiquettes ont été positionnés dans la même orientation selon les parcelles.

Les 72 arbres ont été choisis afin qu'il n'y ait pas d'effets bordures entre la modalité Erger™et témoin mais également avec les haies ou bien les autres parcelles d'arbres fruitiers limitrophes aux essais Erger™. Les 4 branches par arbre ont été identifiées entre le 15 et le 31 janvier 2024 lorsque que les trois variétés étaient toujours en dormance hivernale afin de ne pas être influencé par le débourrement ou la floraison par exemple.

2.1.3. Suivi phénologique des variétés

Pour évaluer l'effet de l'Erger™ sur la dynamique phénologiques d'Apribang, Tomcot et Lido. Les trois vergers accueillant les essais ont été suivis une à deux fois par semaine à partir du 06 Février 2024 afin d'évaluer les taux de nécroses, les dynamiques de débourrement, de floraison, de nouaison et de fructification des variétés par modalités. Dans ce mémoire, le terme nécrose est utilisé pour parler de tous les bourgeons qui n'ont jamais démarrés et qui ont ensuite chutés.

Tableau 7, partie 1 : Liste des différents traits évalué sur les trois essais expérimentaux menés en 2024 sur abricotier.

VARIABLE	NOM	DESCRIPTION / CALCUL	ECHELLE DE NOTATION
Date du débourrement	DDEB	Date à laquelle le débourrement des premiers bourgeons a été observé par arbre	<i>En quantième</i>
Date de début de floraison	DF1	Date à laquelle 10% des fleurs sur une branche marquée par une étiquette étaient en pleine floraison	<i>En quantième</i>
Date de pleine floraison	DF2	Date à laquelle 50% des fleurs sur une branche marquée par une étiquette étaient en pleine floraison	<i>En quantième</i>
Date de fin de floraison	DFFO	Date à laquelle plus aucune fleur au stade F n'est observée sur une branche marquée par une étiquette	<i>En quantième</i>
Durée de la floraison	DUFLO	Nombre de jours séparant le début et la fin de la floraison	<i>En jour</i>
Date de début de la fructification	DFRUCTI	Date à laquelle la fructification (stade I-J) a été observé sur une branche marquée par une étiquette	<i>En quantième</i>
Date de durcissement du noyau	DNOY	Date à laquelle le durcissement du noyau a été observée par modalité.	<i>En quantième</i>
Durée entre la pleine floraison et la nouaison	DU1	Nombre de jours entre DF2 et DFRUCTI	<i>En jour</i>
Durée entre la nouaison jusqu'au durcissement du noyau	DU2	Nombre de jours entre DFRUCTI et DNOY calculé par arbre	<i>En jour</i>
Taux de débourrement	TDEB	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade C / nombre de bourgeons total sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Taux de nécrose	TNEC	Le nombre de bourgeons restés au stade A et qui ont chutés. Différence entre le nombre de bourgeons total et le nombre de bourgeons ayant atteint le stade C	<i>En %</i>
Taux de floraison	TFLO	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade F / nombre de bourgeons total sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Pourcentage de bourgeon ayant atteint la nouaison	PB_H	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade H / nombre de bourgeons total sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Pourcentage de bourgeon ayant atteint la fructification	PB_IJ	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade IJ / nombre de bourgeons total sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Taux de chute	TCHU	Nombre de bourgeons qui ont chutés entre la floraison et la nouaison. Différence entre nombre de bourgeons à fleur et nombre de bourgeons noués x100	<i>En %</i>
Taux de nouaison	TNOU	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade H / nombre de bourgeons ayant atteint le stade F sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Taux de fructification	TFRUCTI	Nombre de bourgeons ayant atteint le stade I-J / nombre de bourgeons ayant atteint le stade F sur une branche marquée par une étiquette x100	<i>En %</i>
Taux de bouquet de mai avec 1 feuille en apex	T1FT	Nombre de bouquets de mai avec seulement 1 feuille en apex / le nombre de bouquets mai total x100	<i>En %</i>
Taux de bouquet de mai avec 1 feuille en apex et au minimum 1 feuille axillaire	TFTFA	Nombre de bouquets de mai avec 1 feuille en apex et au minimum 1 feuille axillaire en apex / le nombre de bouquets mai total x100	<i>En %</i>

Chaque semaine, sur les branches marquées par les étiquettes, le nombre de bourgeons puis de fleurs et de fruits à chaque stade phénologique (A à I-J ; voir tableau I) a été comptabilisé. Ce suivi a permis de connaître les dates des stades « clés » afin de calculer le nombre jours entre ces stades. Parmi-elles, on retrouve la date de débourrement, la date de début, pleine et fin de floraison (DDEB, DF1, DF2, DFFLO, DUFLO) mais aussi la date du durcissement du noyau (DNOY). Il a également permis de calculer le pourcentage de bourgeon à chaque stade phénologique (TDEB, TFLO, PB_H et PB_IJ), le taux de nécrose (TNEC), le taux de chute (TCHU), le taux de nouaison (TNOU) et de fructification (TFRUCTI) ont été calculés par variété et par modalité. TFRUCTI a été calculé à 2 périodes : avant et après la chute physiologique. Tous les calculs sont détaillés dans le tableau 7(p13 et p14).

2.1.4. Notation effectuée afin d'évaluer l'effet de Erger™ sur le développement foliaire

Afin d'évaluer si l'application d'Erger™ a un effet sur le développement foliaire, 40 bouquets de mai (BM) avec au minimum 1 abricot, ont été analysés par arbre identifié sur Tomcot et sur Lido (480 BM par modalité). Sur ces échantillons, le nombre de bouquets de mai avec: seulement 1 feuille en apex (1FT), 1 feuille en apex avec au minimum 1 feuille axillaire (FTFA) et aucune feuille (F0) ont été comptés afin de la calculer le pourcentage de BM avec 1 feuille, plusieurs ou aucune feuille (T1FT, TFTFA et TF0) par modalité et par variété. Tous les calculs sont détaillés dans le tableau 7.

2.1.5. Suivi de la charge totale des abricotiers

La charge totale (nombre d'abricot total sur un arbre) a été comptabilisée sur 12 arbres, 6 arbres par modalité sur Apribang puis sur Lido et Tomcot une semaine avant la récolte.

2.1.6. Analyse de la récolte 2024

Concernant la récolte, seules les variétés Lido et Tomcot ont été récoltées dans le cadre des essais. Pour Tomcot, 10 fruits par arbre identifié ont été prélevés la veille de la récolte organisée par le producteur soit un total de 120 fruits par modalité. La maturité a été évaluée avec la couleur de fond à l'aide du code couleur abricot du CTIFL (Annexe V) et le test Wring (Annexe VI) et puis le diamètre a été mesuré avec un pied à coulisse électronique. Enfin, les abricots ont été regroupés par lot de 20 puis pesés à l'aide d'une balance. Ils ont ensuite été broyés à l'aide d'un extracteur de jus afin de mesurer le taux de sucre en degré Brix avec un réfractomètre. Les résultats de la récolte sur Lido ne seront pas présentés car elle a eu lieu quelques jours avant le rendu de ce mémoire.

2.1.7. Analyse des données

Les analyses statistiques des données ont été effectuées sur Rstudio à l'aide du logiciel de traitement statistique R. Les comparaisons de moyennes sont réalisées à l'aide d'un test de Tukey (t-test, paramétrique). Les conditions d'applications de ce test ont été vérifiées : normalité de la répartition des observations dans chaque modalité à l'aide du test de Shapiro et homoscedasticité à l'aide du test de Levene. Dans le cas où les conditions du test ne sont pas vérifiées le test de Wilcoxon (test non paramétrique) est employé directement. Le seuil de significativité utilisé est 0,05.

Tableau 7, partie 2 : (suite) : Liste des différents paramètres évalués et étudiés sur les trois essais expérimentaux menés en 2024 sur abricotier.

VARIABLE	NOM	DESCRIPTION / CALCUL	ECHELLE DE NOTATION
Taux de bouquet de mai sans feuille	TF0	Nombre de bouquets de mai sans feuille / nombre de bouquets total x100	<i>En %</i>
Charge totale	CHARGE	Nombre de fruits total sur un arbre	<i>En ua</i>
Couleur de fond	COULEUR	Code couleur CTIFL variant de 1 à 10 évaluant la couleur de fond des abricots pour évaluer la maturité	<i>De 1 à 10</i>
Pourcentage d'abricot à maturité selon le test wring	WRING	Rapport entre le nombre de test positif sur le nombre total de test réalisé x100 Après torsion des deux oreillons : si les oreillons se séparent facilement du noyau = positif. Si les oreillons restent soudés entre eux = négatif.	<i>Positif = 1 Négatif = 0</i>
Diamètre des abricots	DIAMETRE	Diamètre des abricots mesuré à l'aide d'un pied à coulisses.	<i>En mm</i>
Taux de sucre moyen	BRIX	Taux de sucre contenu dans les abricots mesuré à l'aide d'un réfractomètre en degré Brix	<i>°Brix</i>
Poids moyen d'un abricot	POIDS	Rapport entre le poids total de la récolte sur le nombre de fruits récoltés.	<i>En g</i>

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des dates clés du suivi phénologique des variétés. DDEB = Date du débournement, DF2 = Date de la floraison F2 et DNOY = Date de durcissement du noyau.

Variété	Date d'application biostimulant	Modalité	DDEB	DF2	DNOY	Date de la récolte
APRIBANG cov REGALCOT®	15-janv-24	Erger	13-févr.	23-févr.	-	-
		Témoin	12-mars	18-mars	7-mars	-
TOMCOT® Toyacot (cov)	16-janv.-24	Erger	13-févr. et 3-mars	15-mars	7-mai	31-mai
		Témoin	13-févr. et 3-mars	15-mars	7-mai	31-mai
LIDO cov	30-janv-24	Erger	16-févr.	9-mars	7-mai	13-juin
		Témoin	27-févr.	21-mars	10-mai	12-juin

2.2. Évaluation de la satisfaction des besoins climatiques des trois variétés grâce à la modélisation

Dans la bibliographie, l'efficacité des biostimulants tel que l'Erger™ est liée au niveau de satisfaction des besoins en froid au moment de l'application du produit. On utilise donc la modélisation pour estimer le taux de satisfaction des besoins climatiques pendant la dormance.

Pour comparer le niveau de satisfaction des besoins en froid d'Apribang, de Tomcot et de Lido au moment de l'application de la date d'application de l'Erger™, le modèle 7,2°C (Weinberger (1950) a été utilisé pour cumuler les heures (chill hours) durant lesquelles les températures sont inférieures à 7,2°C. Les résultats de l'année seront comparés avec le cumul des heures froides des saisons précédentes disponible sur le site internet du CTIFL.

3. RÉSULTATS

Cette année, il a été observé chez de nombreux producteurs d'abricotier adhérents au GRCETA des floraisons très hétérogènes, avec par exemple de nombreux bourgeons qui n'ont pas débourrés, chez plusieurs variétés dans différentes zones.

3.1. La phénologie des variétés est impactée par l'application du biostimulant

Toutes comparaisons de moyennes ont été réalisées à l'aide d'un test de Tukey (t-test, paramétrique) si la normalité de la répartition des observations dans chaque modalité avec le test de Shapiro et l'homoscédasticité avec le test de Levene sont vérifiées (p-value > 0,05). Dans le cas où les conditions du test ne sont pas vérifiées le test de Wilcoxon (test non paramétrique) est employé pour comparer les moyennes. Le seuil de significativité utilisé pour les tests de Tuckey et Wilcoxon est 0,05.

Le tableau 8 récapitule les dates clés observées dans les vergers par modalité.

3.1.1. Effet de l'ERGER™ sur la date et le taux de débourrement.

3.1.2. L'observation et les notations du nombre de bourgeons au stade phénologique C ont permis de calculer le taux de débourrement (TDEB)(Tableau 9, p14) et le taux de nécroses (TNEC) (Figure 12, p15) par modalité (Erger et témoin) pour chaque variété. Le taux de débourrement est le rapport du nombre de bourgeons en stade C sur le nombre total de bourgeons (sur les branches identifiées) en pourcentage. Le taux de nécroses est la différence entre le nombre de bourgeons total et le nombre de bourgeons ayant débourrés en pourcentage.

Sur Apribang, le débourrement a été observé le 13 février sur la modalité Erger, contre le 12 mars sur témoin soit une avance de 28 jours sur Erger. Le taux de débourrement sur la modalité Erger est plus faible que le témoin. En effet, TDEB moyen est de 4,0% sur Erger contre 43,3% sur témoin soit respectivement 96% et 56,7% de nécroses. Le test de Tuckey s'est révélé significatif avec une p-value inférieure à 2,2e-16.

Sur Lido, un décalage de 11 jours a été observé entre le débourrement des rangs Erger le 16 février et les rangs témoins le 27 février. Le TDEB moyen est significativement (t-test, p-value <2,59e-9) plus élevé sur Erger (91,6%) que sur témoin (69,8%). Les taux de nécroses sont de 8,4% pour Erger et 30,2% pour témoin.

Tableau 9 : Tableau récapitulant le taux de débourrement (TDEB), le taux de floraison (TFLO), le taux de nouaison (TNOU) et le taux de fructification moyen (TFRUCTI) ainsi que la significativité des tests de comparaison de moyenne réalisés pour les trois variétés.

Variété	Modalité	TDEB	TFLO	TNOU	TFRUCTI1	TFRUCTI2
APRIBANG cov REGALCOT®	Erger	4,0%	3,6%	47,6%	34,0%	31,3%
	Témoin	43,3%	38,7%			
Significativité		2,20E-16	2,20E-16	0,35	0,5	0,3
TOMCOT® Toyacot cov	Erger	46,9%	40,6%	51,0%	37,0%	26,5%
	Témoin	58,4%	48,5%			
Significativité		0,004	0,02	0,35	0,5	0,3
LIDO cov	Erger	91,6%	79,6%	40,3%	31,0%	19,1%
	Témoin	69,8%	55,4%			
Significativité		2,59E-09	5,07E-12	4,45E-13	5,14E-09	3,96E-16

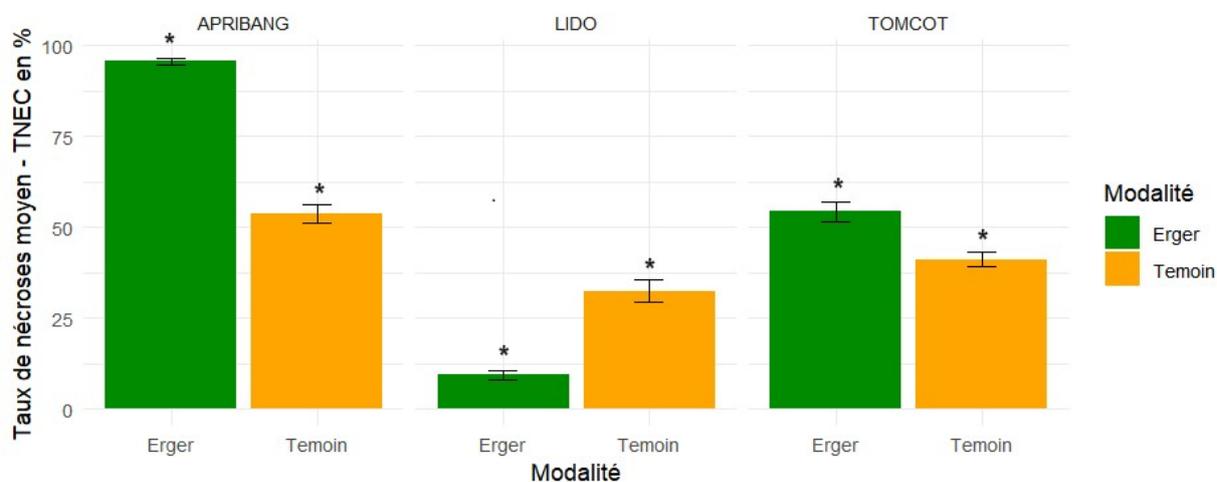


Figure 12 : Représentations graphiques du taux de nécroses (TNEC) en fonction de la modalité (Erger et témoin) pour Apribang, Lido et Tomcot. Les tests de Tuckey réalisés séparément pour chaque variété révèlent des différences significatives (p -value < 0,05) pour Apribang, Lido et Tomcot.

Sur Tomcot, il n'y a pas de différence entre les dates de débourrement Erger et témoin. Néanmoins, le début du débourrement a eu lieu le 13 février mais le débourrement principal était le 3 mars. Concernant le TDEB, la différence sur le verger n'était pas visible directement mais le calcul montre un TDEB moyen plus grand sur témoin (46,9% sur Erger et 58,4% sur témoin). Inversement, le taux de nécroses est plus élevé sur Erger (53,1%) que sur témoin (41,6%). Le test de Tuckey révèle une faible significativité (p-value de 0,004).

3.1.3. Effet de l'ERGER™ sur la date et le taux de floraison

L'observation et les notations du nombre de fleurs ouvertes a permis de calculer le taux de floraison (TFLO) par modalité (Erger et témoin) pour chaque variété (Tableau 9). Le taux de floraison est le rapport du nombre de bourgeons en stade F sur le nombre total de bourgeons (sur les branches identifiées) en pourcentage.

Sur Apribang, le début de la floraison a été observé le 23 février sur Erger mais seuls 120 bourgeons ont atteint le stade fleur sur 3355 bourgeons dans la modalité (nombre total de bourgeon sur une branche marquée par un étiquette), le taux de floraison (TFLO) est très faible : 3,6 %. Pour les rangs témoins la floraison (DF2) a eu lieu 18 mars et présentent 38,7% de TFLO. Le t-test valide cette observation avec une p-value inférieure à 2,2e-16. Pour Lido, la date de floraison est décalée de 12 jours entre Erger (le 9 mars) et témoin (le 21 mars). TFLO est plus élevé sur Erger avec une valeur de 79,6% contre 55,4% sur témoin. Le t-test confirme la significativité de TFLO avec une p-value de 5,07e-12. Sur Tomcot, DF2 a été observée le 15 mars pour les 2 modalités. Sur le verger, la différence de TFLO n'était pas observable mais le t-test révèle une significativité de 0,02 entre TFLO moyen Erger de 40,6% et témoin de 48,5%.

Suite aux précédents résultats, les taux de nouaison et de fructification de la variété Apribang ne sont pas présentés dans ce mémoire.

3.1.4. Effet de l'ERGER™ sur le taux de nouaison et de fructification

L'observation et les notations du nombre de fleurs avec le grossissement de l'ovaire visible (stade H) a permis de calculer le taux de nouaison (TNOU) par modalité (Erger et témoin) pour chaque variété (Tableau 9). Le taux de nouaison est le rapport du nombre de fruits noués (stade H) sur le nombre de fleurs ayant atteint la floraison (sur les branches identifiées) en pourcentage. Sur Lido, le t-test est significatif avec une p-value de 4,45e-13. Sur Lido, TNOU témoin est plus grand que sur Erger avec 71,9% et 40,3% respectivement. Concernant le taux de nouaison (TNOU) sur Tomcot, très peu de différence entre les moyennes est observé avec 47,6% (Erger) et 51% (témoin) et le test de Tuckey réalisé sur Tomcot ne s'est pas révélé significatif (p-value de 0,35)(Annexe VII).

L'observation et les notations du nombre de petits fruits (stade I-J) a permis de calculer le taux de fructification (TFRUCTI) par modalité (Erger et témoin) pour chaque variété (Tableau 9). Le taux de fructification est le rapport du nombre de petits fruits (stade I-J) sur le nombre de fleurs (sur les branches identifiées) en %. La notation a été effectuée deux fois à 2 semaines d'intervalles (TFRUCTI1 et TFRUCTI2) car une chute physiologique naturelle a lieu quelques jours après le début de la fructification. La variété Lido a un TFRUCTI1 et un TFRUCTI2 sur Erger inférieurs à celui de témoin : respectivement 31 et 53,6% puis 19,1 et 44,4%. De plus, les différences observées sont significativement différentes d'après le résultat du t-test : p-value = 5,14e-09 et 3,96e-16 (Annexe VIII).

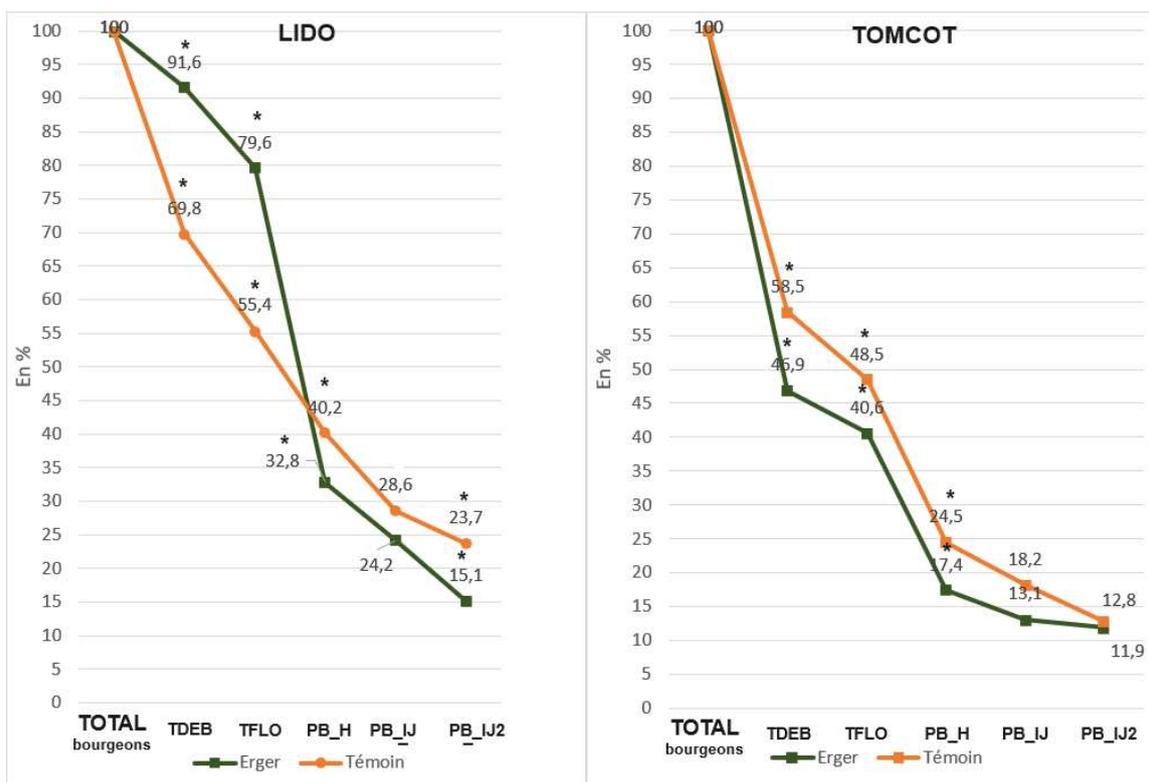


Figure 13: Graphique représentant le nombre de bourgeons débourrés (TDEB), le nombre à fleurs (TFLO), le nombre de bourgeons noués (PB H) et le nombre de petits fruits (PB_IJ et PB_IJ2) moyen par rapport au nombre total de bourgeon dans l'ordre chronologique d'apparition des stades phénologiques en fonction de la modalité Erger et témoin pour Lido et Tomcot. Les tests de Tuckey effectués séparément pour chaque variable (TDEB, TFLO, PB_H, PB_IJ et PB_IJ2) révèlent des différences significatives (p -value < 0,05) qui sont symbolisées par des étoiles.

Tableau 10 : Tableau récapitulatif de la durée de floraison (DUFLO), la durée entre la floraison et la fructification (DU1) et la durée entre la fructification et le durcissement du noyau en jour (DU2) ainsi que la significativité des tests de comparaison de moyenne réalisés par modalité pour Tomcot et Lido

Variété	Modalité	DUFLO	DU1	DU2
TOMCOT®	Erger	14	12	42
Toyacot cov	Témoin	19	12	42
Significativité		0,013		
LIDO cov	Erger	6	15	41
	Témoin	6	17	35
Significativité		2,20E-16		

Tableau 11 : Tableau récapitulatif du taux de bouquet de mai (BM) avec 1 feuille en apex et au minimum 1 feuille axillaire (TFTFA), le taux de BM avec 1 feuille en apex (T1FT) et le taux de BM sans feuille (TF0) moyen par variété.

Variété	Modalité	TFTFA	T1FT	TF0
TOMCOT®	Erger	14,8%	43,1%	42,1%
Toyaco cov	Témoin	21,5%	40,8%	37,7%
Significativité		0,05	0,52	0,64
LIDO cov	Erger	50,4%	37,1%	12,5%
	Témoin	54,8%	31,7%	13,5%
Significativité		0,28	0,13	0,28

3.1.5. Effet de l'ERGER™ sur les dynamiques de chute sur fleurs et petits fruits

La dynamique de chute sur fleurs et petits fruits a été étudiée en calculant le rapport entre le nombre fleurs (TFLO) puis entre le nombre de fleurs nouées (PB_H) et le nombre de petits fruits 1 et 2 (PB_IJ et PB_IJ2) sur le nombre de bourgeons total pour Lido et Tomcot (Figure 13).

Pour Lido, on peut observer une forte diminution entre TFLO et PB_H, de 79,6 % à 32,8% soit 46,8% de fleurs nouées en moins par rapport à TFLO sur Erger alors qu'elle est moins marquée sur témoin (de 55,4 à 40,2%). Ensuite la diminution de PB_H à PB_IJ et PB_IJ2 est plus progressive sur Erger et sur témoin. Cependant, les pourcentages de fleurs nouées (PB_H) et de petits fruits (PB_IJ et PB_IJ2) sur témoin sont supérieurs à Erger.

Sur Tomcot, TFLO, PB_H, PB_IJ et PB_IJ2 sur Erger sont inférieurs aux témoins mais les deux courbes ont la même allure. On observe une diminution d'environ 23% sur Erger (de 40,6 à 17,4) et d'environ 24% sur témoin (de 48,5 à 24,5) entre TFLO et PB_H. Ensuite les deux courbes diminuent progressivement de PB_H à PB_IJ et PB_IJ2.

3.1.6. Effet de l'ERGER™ sur la dynamique de la phénologie : durée de la floraison, nombres de jours séparant la floraison, de la fructification au durcissement du noyau.

Les notations phénologiques hebdomadaires des vergers ont permis de suivre les dynamiques phénologiques en identifiant la date de débourrement (DDEB), la date de début de floraison (DF1), la date de pleine floraison (DF2), la date de fin de floraison (DFFLO), la date de fructification (DFRUCTI) et la date de durcissement du noyau (DNOY). A partir de ces données, la durée de la floraison (DUFLO) qui est le nombre jour entre DF1 et DFFLO, le nombre de jours entre la floraison et la fructification (DU1), le nombre de jours entre la fructification et le durcissement du noyau (DU2) ont été calculé et analysé sur Tomcot et Lido (Tableau 10)

Sur Lido, on peut observer qu'il n'y a pas de différence de durée de floraison (DUFLO) entre les modalités. La moyenne de DUFLO pour Erger et témoin est de 6 jours. Néanmoins pour Tomcot, on peut observer que la durée de la floraison sur Erger semble plus courte que sur témoin avec respectivement 14 et 19 jours. Les conditions d'applications du test de Tuckey n'étant pas respectées des tests de Wilcoxon ont été réalisés. Ceux-ci ont confirmé la différence significative pour la durée de floraison sur Tomcot (p -value = 0,013).

Concernant la durée de la floraison jusqu'à la fructification (DU1) et la durée de la fructification au durcissement du noyau (DU2) aucune différence entre les moyennes a été observé pour Tomcot. (Tableau 10). Pour Lido, une différence de 2 jours est observée pour DU1 et de 6 jours pour DU2. Les tests de Wilcoxon effectués sur Tomco ne révèlent pas de différence significative. Sur Lido, il y a une significativité entre Erger et témoin pour DU2 ($2,2e-16$ avec un nombre de jours plus grand sur Erger que sur témoin).

3.1.7. Effet de l'ERGER™ sur le développement foliaire

Pour évaluer l'effet de l'Erger™ sur le développement foliaire, le taux de bouquet de mai (BM) avec 1 feuille en apex et au minimum 1 feuille axillaire (TFTFA), le taux de BM avec 1 feuille en apex (T1FT) et le taux de BM sans feuille (TF0) ont été calculés sur Tomcot et Lido (Tableau 11). Aucune différence significative n'est observée puisque toutes les p -value des t-test sont supérieures à au seuil de 0,05 ce qui corrobore les observations de terrain.

Tableau 12 : Récapitulatif de la charge moyenne totale des arbres pour chaque modalité et pour chaque variété ainsi que la significativité du test de comparaison de moyenne réalisé pour trois variétés

Variété	Modalité	CHARGE
APRIBANG cov REGALCOT®	Erger	15
	Témoin	407
Significativité		1,24E-04
TOMCOT® Toyaco cov	Erger	530
	Témoin	1050
Significativité		0,01
LIDO cov	Erger	476
	Témoin	651
Significativité		0,14

Tableau 13 : Tableau récapitulatif du poids en g, du diamètre en mm, du taux de sucre en °Brix (BRIX) d'un abricot de la variété Tomcot à la récolte ainsi que le pourcentage de test wring positif (WRING) et la note moyenne de coloration (COULEUR) par modalité.

Variété	Modalité	POIDS	DIAMETRE	BRIX	WRING	COULEUR
TOMCOT® Toyaco cov	Erger	60,84 g	45,3 mm	12,41	63,00%	7
	Témoin	51,44 g	42,4 mm	11,74	62,00%	6
Significativité		0,002	1,73E-08	0,015		

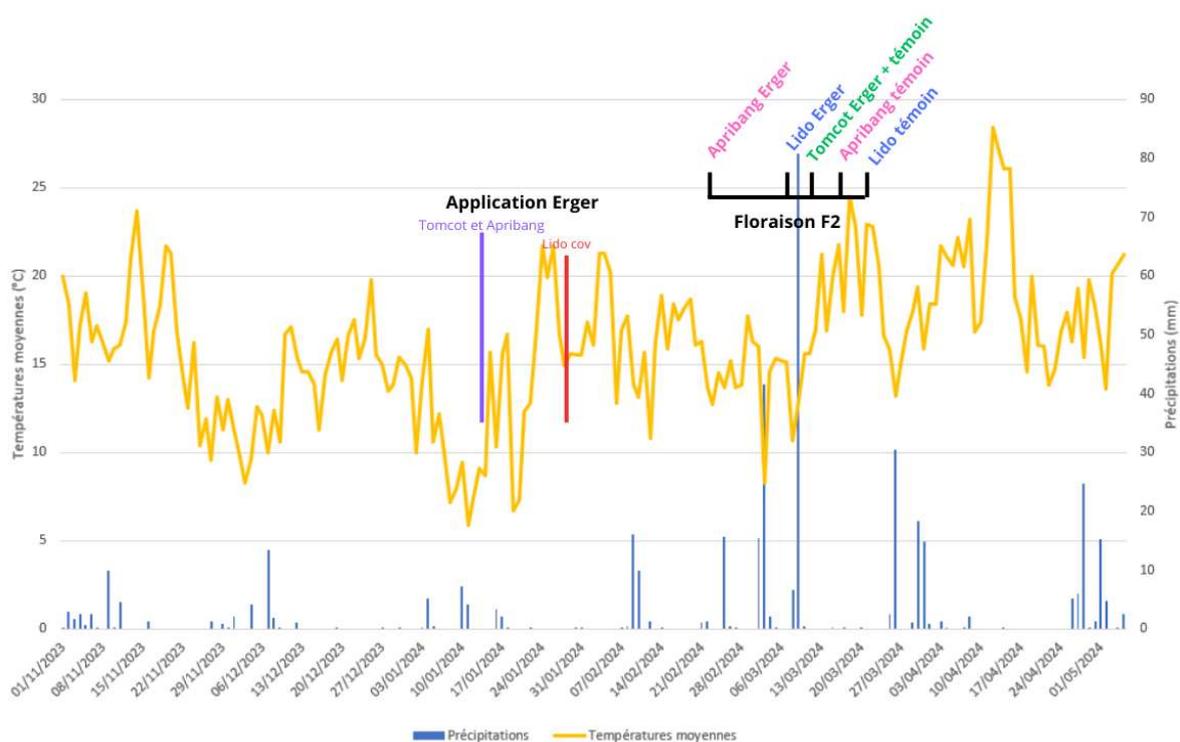


Figure 14 : Représentation graphique de l'évolution des températures moyennes journalières (°C) en jaune et des hauteurs de précipitations (mm) en bleu du 1^{er} novembre 2023 au 5 mai 2024 à Bellegarde (14km de St-Gilles et 10km de Générac).(Source : INRAE)

3.1.8. Effet de l'ERGER™ sur la charge totale des arbres

La charge totale des arbres correspond au nombre total d'abricot sur les arbres. Seul 12 arbres par variété ont été comptabilisés par variété. Sur Tomcot et Lido, la notation a eu lieu une semaine avant la période de récolte. Les tests de Shapiro et le test de Levene ont validés les conditions d'application du test de Tukey .

Sur Apribang, la charge moyenne est plus faible sur Erger que sur témoin (15 fruits par arbre contre 407). La même observation est faite sur Tomcot (530 et 1050) et sur Lido (476 et 651), cependant le t-test ne révèle pas de différence significative pour Lido (Tableau12).

3.2. **Effet du biostimulant sur la qualité de la récolte sur la variété Tomcot**

3.2.1. Effet de l'ERGER™ sur le poids, le diamètre et le taux de sucre (°Brix)

Le poids moyen d'un fruit (en gramme) est le rapport entre le poids mesuré pour un lot sur le nombre d'abricot composant ce lot. Le diamètre (mm) a été mesuré individuellement pour chaque abricot. Ainsi pour un fruit, le poids moyen et le diamètre moyen est significativement plus élevé (p-values < 0,05) pour la modalité Erger (60,84g et 45,3 mm) que pour les témoins (51,44g et 42,4 mm) (Tableau 13).

Pour le taux de sucre, la différence entre Erger et témoin est moins marquée (12,41 et 11,74 °Brix) mais la celle-ci reste significativement différente avec une p-value < 0,05 pour le test de Tuckey(Tableau 13).

3.2.2. Effet de l'ERGER™ maturité : code couleur CTIFL et Test Wring

Le test Wring et la note du code couleur CTIFL sont deux indicateurs qui permettent d'évaluer la maturité des abricots. La coloration de la modalité Erger est une notation plus élevée que sur témoin mais le pourcentage de test Wring est similaire entre les deux modalités

3.3. **Niveau de satisfaction des besoins en froid lors de l'application de l'ERGER™ via la modélisation**

3.3.1. Évolution des températures moyennes et des précipitations pendant la période de dormance

La période de dormance 2023-2024 a été marquée par une alternance de températures chaudes et froides avec des amplitudes avec de pics de températures moyennes journalières supérieurs à 12°C en novembre, décembre et janvier (Figure).La période du 1^{er} novembre au 1^{er} mars a été marquée par peu de précipitations (121,4 mm cumulés).Inversement le mois de mars a été marqué par de nombreuses précipitations : 214,8 mm cumulés contre de 45mm de moyennes historiques (Climate-data.org) pendant la période de floraison et de nouaison des trois variétés étudiées (Figure 14).

3.3.2. Cumul des températures froides et date d'application de l'ERGER™.

La figure 15, p18 représente le cumul des heures de froid d'après le modèle 7,2°C de Weinberger des périodes de dormance des 9 dernières années enregistrées sur la zone des costières de Nîmes à proximité des vergers suivis. On peut observer que la saison 2023-2024 est l'une des saisons avec le cumul des heures de froid les plus faibles depuis 2015-2016.

Cumul des heures de froid : Méditerranée - Basse Vallée du Rhône
Costières de Nîmes : Station CTIFL Balandran - BELLEGARDE (30)

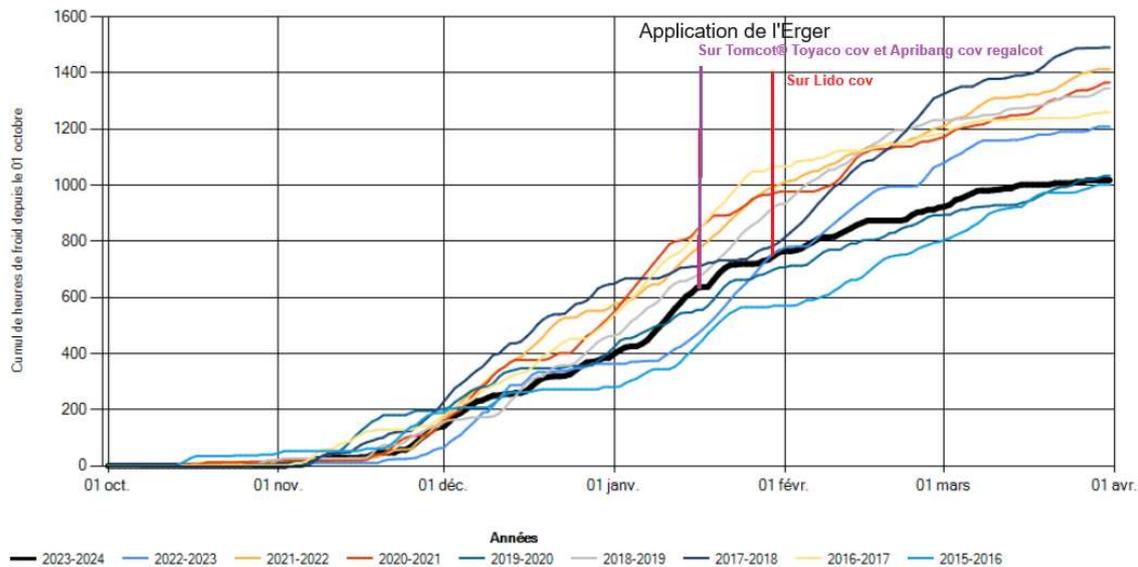


Figure 15 : Représentation graphique du cumul des heures froides d'après le modèle 7,2°C de 2015 à 2024 à Bellegarde d'après la station météorologique du CTIFL de Balandran (source : [CTIFL-Besoins en froid \(ctifl.fr\)](http://CTIFL-Besoins en froid (ctifl.fr))). La courbe noire représente le cumul des heures froides pour 2023-2024.

Au 15 janvier 2024, date d'application de l'Erger sur Tomcot et Atribang le cumul s'élevait à 616h de froid ce qui est supérieur aux saisons 2022-2023 (454h), 2019-2020 (547h) et 2015-2016 (409h) mais inférieurs à toutes les autres (757, 807 ou encore 818h par exemple). Pour l'application de l'Erger sur Lido (30 janvier), le cumul était de 765h au 1 février ce qui est supérieur aux saisons 2019-2020 et 2015-2016 mais inférieur aux autres (Annexe IX).

4. DISCUSSION

4.1. Le biostimulant Erger™ a un effet sur la phénologie de l'abricotier et diffère entre les variétés

4.1.1. La phytotoxicité de ERGER™ sur Atribang en lien avec la date d'application et besoins climatiques

Le suivi phénologique de la variété Atribang a permis de calculer les taux de débourrement (TDEB), de nécroses (TNEC) et de floraison (TFLO) sur la modalité Erger et sur la modalité témoin (Tableau13). L'analyse de ces différents indicateurs met en avant la phytotoxicité du produit biostimulant(AnnexeX). En effet, sur la modalité Erger les taux de débourrement et de floraison sont très faibles et 96% des bourgeons sont restés au stade hivernant par rapport aux rangs non traités. Toutefois, il est important de noter que la modalité témoin présente également un taux de nécroses assez élevé puisque que 56,7% des bourgeons floraux n'ont pas débourrés indiquant que les besoins en froid n'ont pas été totalement satisfaits pour Atribang en 2024 (Figure 12).

La variété Atribang est considérée comme tardive en floraison d'après les fiches variétales du CTIFL (Tableau 5) tout comme la variété Lido. Au verger, le débourrement des rangs témoins sur Atribang a été observé le 12 mars soit bien après Lido (27 février). . D'après les résultats des indicateurs (TDEB, TNEC et TFLO), les besoins en froid ne semblent pas suffisamment satisfaits (616h de froid au 15/01) à la date d'application de l'Erger sur Atribang par rapport à la date d'application sur Lido le 30/01 (765h de froid) qui présente très peu nécroses sur la modalité Erger. Nous ne connaissons pas exactement les besoins en froid et en chaud des variétés mais on peut estimer que le produit a été appliqué trop tôt sur Atribang.

Les mécanismes de réactions à l'Erger™ sont encore méconnus mais on sait qu'une application du produit trop précoce peut induire un pic de ROS trop important pour les bourgeons ce qui bloquerait indirectement toute transition de l'endodormance en écodormance (Guillamón et al., 2024). Ces observations permettent de confirmer l'hypothèse 3.a. selon laquelle les effets du produit sont influencés par le niveau de satisfaction des besoins en froid à la date de l'application.

Sur la variété Tomcot, malgré le fait que les taux de débourrement (TDEB) et de floraison (TFLO) ou encore la charge soient plus faibles sur Erger que sur témoin, l'hypothèse de phytotoxicité du produit a été écartée. Une partie des arbres sur la modalité Erger se sont révélés alternants après la pose des étiquettes. En 2023, le verger de Tomcot a été touché par la grêle au moment de la récolte. Une partie du verger avait déjà été récolté mais la deuxième partie n'a jamais été récoltée ce qui a certainement eu un effet sur le retour à fleurs 2024 et induit l'**alternance**.

Les différences observées entre Tomcot et Atribang pour une même date d'application permettent de valider l'hypothèse 3.b : les variétés ne réagissent pas de la même manière à l'application du biostimulant.

4.1.2. L'ERGER™ avance la phénologie sur Lido et regroupe la floraison sur Tomcot

Sur la variété Lido, les arbres traités à l'Erger™ sont en avance par rapport à ceux du témoin mais cette avance s'est réduite lors de la maturation. Sur Lido, au moment du débourrement et de la floraison, les rangs Erger présentaient une dizaine de jours d'avance (9 et 12) sur les rangs témoins mais la récolte s'est déroulée avec seulement un jour d'intervalle (Tableau 5). Ces avances de floraison concordent avec les observations des essais Erger pommier du GRCETA mais aussi avec les observations de Erez et al., 2008.

L'avance phénologique n'a pas été significativement observée sur Tomcot mais la floraison a été regroupée. Ces observations s'expliquent par le fait qu'il y ait qu'une partie des arbres ont débourrés en 2 phases le 13/02 puis le 03/03 mais la proportion de bourgeons ayant débourrés le 13/02 est plus importante sur témoin que sur Erger. Ces bourgeons ont donc fleuri plus tôt (DF1) que la majorité des autres bourgeons et ce qui a allongé la durée de la floraison moyenne (DUFLO) sur témoin par rapport à Erger. L'application d'Erger a donc permis de regrouper la floraison sur Tomcot.

Le regroupement phénologique sur abricotier est un résultat très intéressant et important d'un point vu technique et économique. En effet, une phénologie homogène et regroupée réduit les risques d'exposition à un aléa climatique ou à des maladies ce qui permet de diminuer le risque de pertes. Cela permet également de diminuer le nombre de passages dans le verger pour les traitements phytosanitaire, l'éclaircissage ou encore la récolte.

Sur Lido, l'analyse du nombre de jours entre la fructification et le stade durcissement du noyau (DU2) révèle que cette période était plus courte sur témoin que sur Erger ce qui a permis le regroupement entre les deux modalités. Cependant, l'allongement de DU2 sur Erger ou le raccourcissement de DU2 sur témoin ne peut être expliqué que par le biostimulant. Les arbres traités à l'Erger étaient en avance sur les arbres témoins au début de leur développement, les mêmes stades phénologiques (débourrement, floraison et nouaison) n'étaient pas donc soumis aux mêmes conditions météorologiques. Cette différence observée pour DU2 pourrait avoir un impact sur le calibre des fruits à la récolte car la phase entre la fructification et le durcissement du noyau correspond à la phase de multiplication cellulaire des fruits.

L'effet « booster » de l'Erger™ a été observé uniquement sur Lido puisque que 91,6% des bourgeons traités ont débourrés contre 69,8% sur témoin (TDEB) et que le taux de floraison est également plus élevé sur Erger par rapport aux témoins. Cette observation est liée à la composition de l'Erger™

L'avance phénologique observée sur Lido, le regroupement observé sur Tomcot et l'augmentation des taux de débourrement sont certainement liés à la composition azotée de l'Erger™. On peut émettre l'hypothèse que qu'il a eu pour effet de favoriser la reprise de l'activité en sortir de dormance en augmentant la synthèse d'ABA, de phénylpropanoïdes, mais aussi de phospholipides et de prunasin, métabolites impliqués dans la levée de l'endodormance et de l'écodormance.

Ainsi, les résultats sur les variétés Tomcot et Lido permettent de valider l'hypothèse 1.a.

4.1.3. Aucun effet de l'ERGER™ n'a été observé sur le développement végétatif sur abricotier

L'application d'Erger sur pommier en 2022 et 2023 dans les essais réalisés par le GRCETA avait pour effet d'augmenter le développement des parties végétatives. Cependant, les observations aux vergers et l'analyse du taux de bouquet de mai (BM) avec 1 feuille en apex et au minimum 1 feuille axillaire (TFTFA), du taux de BM avec 1 feuille en apex (T1FT) et du taux de BM sans feuille (TF0) n'ont révélé aucun effet de l'Erger sur le développement végétatif chez l'abricotier.

L'hypothèse 1.b portant sur l'impact de l'Erger™ sur le développement végétatif de la l'abricotier est donc invalidée.

4.1.4. Les résultats 2024 ne permettent pas de conclure sur un effet éclaircissant du produit

Sur Tomcot et Lido, les taux de nouaison et de fructification sont plus faibles sur Erger que sur témoin ce qui pourrait laisser penser que le biostimulant a un effet éclaircissant sur abricotier.

Cependant pour Tomcot, les différences observées entre le débourrement et la floraison sur Erger ont été évoquées dans la partie 4.1. 1.. Si on s'intéresse à la dynamique de chute de fleurs et de petits fruits de la floraison à la fructification (Figure 13), on observe les mêmes tendances pour Erger et pour témoin. Il n'y a donc pas d'effet éclaircissant de l'Erger sur Tomcot. Sur la variété Lido, la dynamique de chute de fleurs et de petits fruits est différente entre Erger et Témoin (Figure 13). On a pu observer une chute intense (-46,8% de chute) entre le pourcentage de fleurs (TFLO) et nombre de bourgeons ayant noués (PB_H) sur Erger qui n'a pas été si marquée sur témoin. Trois hypothèses peuvent expliquer cette chute intense des fleurs en fin de floraison : soit par le fait que le biostimulant a bien un effet éclaircissant, soit parce que qu'il y a un effet compensateur ou soit à cause des conditions météorologiques.

Dans le premier cas, l'effet éclaircissant serait trop intense puisque que les arbres ont une capacité de produire entre 800/1000 fruits et que la charge moyenne sur les arbres Lido traités est seulement d'environ 500 fruits. Dans le second cas, le taux de débourrement et de floraison était très élevé sur les arbres Erger et pour compenser afin de ne pas être surchargé, une chute physiologique naturelle des fleurs a lieu. Enfin, la différence d'intensité de chute entre les modalités peut s'expliquer par le fait que les arbres Erger sont en avance d'environ 10 jours par rapport aux arbres témoins. Ils ne sont pas exposés aux mêmes conditions météorologiques dans le cadre de cet essai. Entre la date de pleine floraison (F2) et la nouaison sur Erger, on note 80 mm de précipitations.

Les résultats des essais expérimentaux sur abricotier ne permettent pas de valider l'effet éclaircissant du produit (hypothèse 2).

4.1.5. Les différences observées à la récolte sur Tomcot s'expliquent par la charge totale des arbres.

Lors de la récolte de Tomcot (le 31/05) plusieurs indicateurs ont été utilisés afin d'évaluer la maturité des deux modalités. L'analyse des résultats a montré que la modalité Erger avait un calibre, un poids et un taux de sucre moyen supérieurs à la modalité témoin. Cependant la différence observée entre les deux modalités s'explique par la charge plus

faible sur Erger cf 4.1.1. que sur témoin. En effet, sur un arbre avec une charge totale en fruit plus faible, la multiplication cellulaire, le grossissement et sa maturation des fruits sont favorisés par rapport à un arbre fortement chargé (Lespinasse, 2005).

D'après les résultats et la discussion de ce mémoire et pour répondre aux questions de la partie 1.3. 3..L'application du biostimulant permet d'avancer la phénologie (Lido) et de réduire l'étalement de la floraison (Tomcot) mais les résultats de l'essais ne permettent pas de déterminer si le produit a un effet éclaircissant. Néanmoins, les variétés d'abricotier réagissent différemment les unes des autres en réponse à l'application de l'Erger™ et le niveau de satisfaction des besoins en froid de chaque variété doit être pris en compte pour positionner correctement le produit.

4.2. Limites de l'étude

Les essais expérimentaux ont été implantés chez des producteurs du GRCETA. D'un point vu technique, il n'y avait pas la possibilité de subdiviser les essais en bloc randomisé afin de prendre en compte l'hétérogénéité des parcelles dans les résultats.

Toutes les notations phénologiques ont été effectuées à l'échelle des branches identifiées par arbre puis les résultats ont été extrapolés à l'arbre. De plus, la pose des étiquettes sur les bouquets de mai a été réalisée en janvier lorsqu'il n'était pas possible de distinguer les bourgeons floraux et végétatifs. Malgré le fait que le type de support étaient identiques, les bouquets identifiés n'étaient pas tous représentatifs de l'arbre entier. Par exemple certains bouquets de mai identifiés comportaient 100% de bourgeons végétatifs ce qui n'était pas représentatif de l'arbre. Sur la variété Tomcot, une partie des arbres se sont révélés alternants après la pose des étiquettes

Malgré l'existence de l'échelle BBCH et Fleckinger–Baggiolini, il est parfois difficile de distinguer les différents stades phénologiques en verger ce qui ajoute un biais observateur à l'expérimentation.

4.3. Perspectives

La saison 2023-2024 des producteurs d'abricot adhérents au GRCETA a été marquée par des irrégularités de productions, par des floraisons très hétérogènes et peu floribondes dans les vergers d'abricotier dans la basse vallée du Rhône. Au sein d'un même verger et sur certaines variétés (FLOPRIA cov, COCOT cov, LADYCOT cov par exemple), les arbres en bordure proche des haies ont fleuri avec plusieurs jours d'avance par rapport aux autres arbres. Dans d'autre cas, le haut de l'arbre fleurissait puis ensuite le bas (sur PRICIA cov par exemple). Enfin dans le Roussillon, la saison a été marquée par une floraison plus tardive qu'habituellement mais celle-ci était très floribonde chez de nombreux producteurs et sur de nombreuses variétés (Nathalie COURTIEU, Centrex). Dans ces deux bassins de productions, les cumuls des heures froides étaient peu élevés, les périodes d'induction florales ont subi des épisodes caniculaires (températures supérieures à 35°C) et un automne très doux. Le Roussillon a subi une période de restriction de l'irrigation durant l'été et très de peu de précipitations durant l'automne/hiver.

Ces différences observées au sein d'un même verger et entre les bassins de productions permettent de se questionner sur l'effet des épisodes caniculaire sur l'induction florale, sur l'impact de l'augmentation températures automnales sur l'entrée en dormance

et sur l'impact d'un stress hydrique sur le retour à fleurs en année N+1. Ainsi, il serait intéressant de mener un travail sur l'impact du changement climatique (températures >35°C et stress hydrique) sur l'induction et la différenciation florale (Bartolini et al., 2020).

Dans les essais, les porte-greffes étaient identiques pour chaque variété. Or, les porte-greffes jouent un rôle dans l'accumulation des besoins en froid. Ainsi, étudier les besoins thermiques de différents porte-greffes et évaluer plusieurs couples porte-greffe/greffon sont aussi à prendre en compte pour meilleure compréhension des besoins thermiques (Lecomte et al., 2023 et Zhao et al., 2021).

Les symptômes de malformations des pièces florales ont été observés mais n'ont pas été quantifiés. Réaliser une notation au verger sur le nombre de fleurs avec un pistil présentant une malformation permettrait de quantifier le nombre de fleurs qui n'atteignent pas la nouaison ou la fructification à cause des malformations et non à cause de l'effet de l'application de biostimulant.

Ce mémoire présente les résultats des premiers essais Erger réalisés sur abricotier. En 2025, il serait intéressant de quantifier le retour à fleurs des trois vergers expérimentaux. Sur certaines variétés de pommier, le retour à fleurs l'année N+1 était plus important avec l'application d'Erger™ en année N-1.

Pour une même variété, le produit pourrait être positionné à plusieurs dates pour étudier les différents effets selon le niveau de satisfaction des besoins en froid. En effet, à ce jour aucune préconisation commerciale pour la date d'application sur abricotier n'est connue.

La concentration d'Erger™ appliquée était identique, étudier les interactions dose x génotype en testant différentes concentrations permettrait d'affiner la caractérisation des effets. Ainsi, faire varier le positionnement du produit et sa concentration permettrait d'établir les dates d'applications optimales pour maîtriser les effets de l'Erger™. Par exemple pour obtenir l'effet de regroupement sans avoir d'avance phénologique connaître la date d'application et la concentration pour une variété souhaitée.

Enfin, afin de comprendre l'origine de la phytotoxicité de l'Erger™, il serait intéressant d'étudier la composition métabolites des bourgeons qui ont nécrosé après l'application du produit.

Les résultats des essais expérimentaux sont très encourageants pour le GRCETA qui souhaite continuer l'évaluation des biostimulants sur abricotier. En parallèle, un travail sur la caractérisation des besoins thermiques des variétés d'abricotier a été commencé au travers des collaborations avec leurs différents partenariats. Les premiers résultats obtenus sur la calibration et le paramétrage du modèle F1Gold1 sont encourageants et pourront être utilisés afin de prédire la levée de l'endodormance et de la floraison pour positionner correctement les produits leveurs de dormance et déterminer les zones climatiques adaptées pour chaque variété.

CONCLUSION

Le changement climatique et l'augmentation des températures perturbent le cycle de développement de l'abricotier, notamment la dormance, induisant des irrégularités de production causées par des décalages et des hétérogénéités de la floraison. Pour pallier à cela, il est nécessaire de caractériser les besoins thermiques pour planter et produire les variétés bien adaptées aux conditions climatiques futures. Sur le court terme, l'utilisation de biostimulants tel que l'Erger™ s'avère être une solution mais leurs modes de fonctionnement et leurs effets sur abricotier restent encore méconnus. Afin de comprendre fonctionnement et les effets de l'application de l'Erger™ sur abricotier, le GRCETA de Basse Durance a mis en place trois essais expérimentaux sur trois variétés d'abricotier : Apribang regalcot ® cov, Tomcot ® Toyacot cov et Lido cov. Les résultats de ces expérimentations ont permis de confirmer le fait que les effets de l'Erger™ diffèrent entre les variétés puisque les trois variétés ont réagi différemment à l'application du biostimulant.

Les variétés Tomcot et Lido ont montrés des réactions à l'application du biostimulant très encourageantes. L'Erger™ a eu pour effet d'augmenter le taux de débourrement et de floraison sur Lido et de regrouper la floraison sur Tomcot. Ces résultats sont intéressants puisqu'ils permettraient de limiter les effets provoqués par des conditions thermiques défavorables pendant la dormance (étalement phénologique et non satisfaction de besoins en froid) et donc de diminuer les pertes de rendement. Aucun effet éclaircissant sur abricotier n'a pu être confirmée en raison des événements météorologiques en 2023 (grêle) et 2024 (précipitations). Si celui-ci était confirmé par la suite, il serait très intéressant pour homogénéiser la production et réduire le temps d'éclaircissage manuel et donc le coût de la production.

L'effet phytotoxique du produit a été observé sur Apribang. En effet, sur Apribang aucune récolte n'a pu être effectuée sur la modalité Erger puisque 96% des bourgeons ont nécrosé. Ces observations ont été mises en lien avec la date d'application du biostimulant et le manque d'exposition à des températures froides de la variété. Les effets de l'Erger™ sont liés au niveau de satisfaction des besoins en froid, ainsi pour ne pas induire la phytotoxicité, il est nécessaire de caractériser les besoins thermiques des variétés via la modélisation. La modélisation des besoins thermiques est indispensable pour comprendre les conditions d'efficacité des biostimulants et pour généraliser leurs utilisations à plus grande échelle sur abricotier.

Ce mémoire présente les résultats les 1^{ers} essais de l'Erger™ sur abricotier réalisés par le GRCETA de Basse Durance. Ainsi, il est nécessaire de poursuivre les essais du biostimulant sur différentes variétés d'abricotier en s'appuyant sur la modélisation des besoins thermiques. Enfin, pour adapter la culture d'abricotier au changement climatique, la réflexion ne doit pas se restreindre à la satisfaction des besoins thermiques lors de la dormance mais doit aussi s'étendre aux autres impacts du changement climatique sur le cycle développement de l'abricotier (grêle, épisode caniculaire, stress hydrique, émergence de nouveaux bioagresseurs...).

BIBLIOGRAPHIE

Agreste- *Agreste Infos rapides - Fruits - Abricot - Mai 2023 - n°2023-046*. [en ligne]. [Consulté le 1 juin 2024]. Disponible à l'adresse :

https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru2346/2023_46inforapAbricot.pdf

Agreste - Statistique agricole annuelle 2022 - Chiffres définitifs. [en ligne]. [Consulté le 15 janvier 2024]. Disponible à l'adresse :

<https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Chd2319/detail/>

ALBURQUERQUE, N., BURGOS, L. et EGEA, J., 2004. Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. *Scientia Horticulturae*. 10 décembre 2004. Vol. 102, n° 4, pp. 397-406. DOI 10.1016/j.scienta.2004.05.003.

ANDRADE, C., LEITE, S. M. et SANTOS, J. A., 2012. Temperature extremes in Europe: overview of their driving atmospheric patterns. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 24 mai 2012. Vol. 12, n° 5, pp. 1671-1691. DOI 10.5194/nhess-12-1671-2012.

ANDREINI, L., VITI, R., BARTOLINI, S., RUIZ, D., EGEA, J. et CAMPOY, J.-A., 2012. The relationship between xylem differentiation and dormancy evolution in apricot flower buds (*Prunus armeniaca* L.): the influence of environmental conditions in two Mediterranean areas. *Trees*. 1 juin 2012. Vol. 26, n° 3, pp. 919-928. DOI 10.1007/s00468-011-0668-1.

ASSE,., CHUINE, I., VITASSE, Y., YOCCOZ, NG., DELPIERRE, N., BADEAU, V., DELESTRADE, A. et RANDIN, C. F., 2018. Warmer winters reduce the advance of tree spring phenology induced by warmer springs in the Alps. *Agricultural and Forest Meteorology*. 15 avril 2018. Vol. 252, pp. 220-230. DOI 10.1016/j.agrformet.2018.01.030.

BARTOLINI, S., LO PICCOLO, E. et REMORINI, D., 2020. Different Summer and Autumn Water Deficit Affect the Floral Differentiation and Flower Bud Growth in Apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Agronomy*. 27 juin 2020. Vol. 10. DOI 10.3390/agronomy10060914.

BONHOMME, M., RAGEAU, R. et LACOINTE, A., 2010. Optimization of endodormancy release models, using series of endodormancy release data collected in France. *Acta Horticulturae*. août 2010. N° 872, pp. 51-60. DOI 10.17660/ActaHortic.2010.872.4.

CHUINE, I., BONHOMME, M., LEGAVE, JM., GARCÍA DE CORTÁZAR-ATAURI, I., CHARRIER, ., LACOINTE, A. et AMÉGLIO, T., 2016. Can phenological models predict tree phenology accurately in the future? The unrevealed hurdle of endodormancy break. *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22, n° 10, pp. 3444-3460. DOI 10.1111/gcb.13383.

Climate-Data.org - *Climat Bellegarde (France)*- [en ligne]. [Consulté le 13 juin 2024]. Disponible à l'adresse : <https://fr.climate-data.org/europe/france/languedoc-roussillon/bellegarde-65139/>

CONRAD, A., YU, J., STATON, M., AUDERGON, JM., ROCH, G., DECROOCQ, V., KNAGGE, K., CHEN, H., ZHEBENTYAYEVA, T., LIU, Z., DARDICK, C., NELSON, C. et ABBOTT, A., 2019. Association of the phenylpropanoid pathway with dormancy and adaptive trait variation in apricot (*Prunus armeniaca*). *Tree Physiology*. 18 juillet 2019. Vol. 39, n° 7, pp. 1136-1148. DOI 10.1093/treephys/tpz053.

EREZ, A., FISHMAN, S., GAT, Z. et COUVILLON, G.A., 1988. Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model. *Acta Horticulturae*. septembre 1988. N° 232, pp. 76-89. DOI 10.17660/ActaHortic.1988.232.10.

EREZ, A., YABLOWITZ, Z., ARONOVITZ, A. et HADAR, A., 2008. Dormancy breaking chemicals; efficiency with reduced phytotoxicity. *Acta Horticulturae*. août 2008. N° 772, pp. 105-112. DOI 10.17660/ActaHortic.2008.772.12.

EREZ, A., 2000. Bud Dormancy; Phenomenon, Problems and Solutions in the Tropics and Subtropics. In : EREZ, Amnon (éd.), *Temperate Fruit Crops in Warm Climates* [en ligne]. Dordrecht : Springer Netherlands. pp. 17-48. [Consulté le 25 avril 2024]. ISBN 978-90-481-4017-6. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-3215-4_2

EREZ, A., 2024. Overcoming Dormancy in Prunus Species under Conditions of Insufficient Winter Chilling in Israel. *Plants*. janvier 2024. Vol. 13, n° 6, pp. 764. DOI 10.3390/plants13060764.

FADÓN, E., HERRERA, S., GHEBAN, T. et RODRIGO, J., 2023. Chilling Requirements of Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Cultivars Using Male Meiosis as a Dormancy Biomarker. *Plants*. janvier 2023. Vol. 12, n° 17, pp. 3025. DOI 10.3390/plants12173025.

FADÓN, E., HERRERA, S., GUERRERO, B., GUERRA, M. et RODRIGO, J., 2020. Chilling and Heat Requirements of Temperate Stone Fruit Trees (*Prunus* sp.). *Agronomy*. mars 2020. Vol. 10, n° 3, pp. 409. DOI 10.3390/agronomy10030409.

FAOSTAT, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 15 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

FAUST, Miklos, EREZ, Amnon, ROWLAND, Lisa J., WANG, Shiow Y. et NORMAN, Helen A., 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience*. 1997. Vol. 32, n° 4, pp. 623-629.

FranceAgrimer - *BIL_FEL_Chiffres_cles_Fruits&Legumes_2022.pdf*, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 1 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/73494/document/BIL_FEL_Chiffres_cles_Fruits%26Legumes_2022.pdf?version=1

GIBELIN, A., DUBUISSON, B., CORRE, L., DEAUX, N., JOURDAIN, S., LAVAL, L., PIQUEMAL, JM., MESTRE, O., DENNETIÈRE, D., DESMIDT, S. et TAMBURINI, A., 2014. Evolution de la température en France depuis les années 1950 : Constitution d'un nouveau jeu de séries homogénéisées de référence. In : *La Météorologie* [en ligne]. 2014. pp. 45. [Consulté le 31 mars 2024]. Disponible à l'adresse : https://lameteorologie.fr/issues/2014/87/meteo_2014_87_45

GONZÁLEZ-ROSSIA, D., REIG, C., DOVIS, V., GARIGLIO, N. et AGUSTÍ, M., 2008. Changes on carbohydrates and nitrogen content in the bark tissues induced by artificial chilling and its relationship with dormancy bud

break in *Prunus* sp. *Scientia Horticulturae*. 4 novembre 2008. Vol. 118, n° 4, pp. 275-281. DOI 10.1016/j.scienta.2008.06.011.

GUILLAMÓN, J., ANDREU-ARDIL, L., DICENTA, F., RUIZ, D., LÓPEZ-MARQUÉS, RL. et SÁNCHEZ-PÉREZ, R., 2024. Investigating the effect of plant growth regulators in the endodormancy release in apricot by a metabolomic approach. *Journal of Plant Growth Regulation* [en ligne]. 28 mai 2024. [Consulté le 3 juin 2024]. DOI 10.1007/s00344-024-11357-0. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11357-0>

GUILLAMÓN, J., DICENTA, F. et SÁNCHEZ-PÉREZ, R., 2022. Advancing Endodormancy Release in Temperate Fruit Trees Using Agrochemical Treatments. *Frontiers in Plant Science* [en ligne]. 2022. Vol. 12. [Consulté le 26 avril 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2021.812621>

HORVATH, D., 2009. Common mechanisms regulate flowering and dormancy. *Plant Science*. 1 décembre 2009. Vol. 177, n° 6, pp. 523-531. DOI 10.1016/j.plantsci.2009.09.002.

Intergovernmental Panel on Climate Change - *IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf*, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 10 juin 2024]. Disponible à l'adresse : https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf

LANG, G., EARLY, J., MARTIN, G et DARNELL, R., 1987. Endo-, para-, and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*. 1987. Vol. 22, n° 3, pp. 371-377.

LECOMTE, P., LAURIANE, J., et HOST, V. (2023). Influence of rootstock on apple tree cold hardiness: A literature review. *Scientia Horticulturae*, 224, 109842.

LEGAVE, JM, coord, 2021. *Les productions fruitières à l'heure du changement climatique*. Editions Quae. Synthèses.

LEGAVE, JM., BLANKE, M., CHRISTEN, D., GIOVANNINI, D., MATHIEU, V. et OGER, R., 2013. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe. *International Journal of*

Biometeorology. 1 mars 2013. Vol. 57, n° 2, pp. 317-331. DOI 10.1007/s00484-012-0551-9.

LEGAVE, JM., GUÉDON, Y., MALAGI, G., EL YAACOUBI, A. et BONHOMME, M., 2015. Differentiated Responses of Apple Tree Floral Phenology to Global Warming in Contrasting Climatic Regions. *Frontiers in Plant Science* [en ligne]. 2015. Vol. 6. [Consulté le 3 avril 2024]. Disponible à l'adresse : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2015.01054>

LESPINASSE, JM. et LETERME, E., 2005. *De la taille à la conduite des arbres fruitiers*. [Dijon] Rodez : Educagri éd. Éd. du Rouergue. ISBN 978-2-84444-387-8. 634.044

LICHOU, J., 1998. *Abricot: les variétés, mode d'emploi*. Paris : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Guide pratique. ISBN 978-2-87911-110-0. 634.21

LICHOU, J. et JAY, M., 2012. *Abricot*. Paris : CTIFL. Monographie. ISBN 978-2-87911-311-1. 634.21

MAHOU, A., ALAHOUI, H. et JADARI, R., 2003. Effets de la cyanamide hydrogène et de l'acide gibbéréllique sur la levée de dormance du pommier 'Dorsett Golden' au sud du Maroc. *Fruits*. juillet 2003. Vol. 58, n° 4, pp. 229-238. DOI 10.1051/fruits:2003011.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINETÉ ALIMENTAIRE, 2022. Le plan Écophyto, qu'est-ce que c'est ? *Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire* [en ligne]. 2022. [Consulté le 18 janvier 2024]. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest>

PEREIRA, N., OLIVEIRA, C.M., MOTA, M. et SOUSA, R.M., 2011. Evaluation of Five Dormancy Breaking Agents to Induce Synchronized Flowering in 'Rocha' Pear. *Acta Horticulturae*. octobre 2011. N° 909, pp. 423-428. DOI 10.17660/ActaHortic.2011.909.48.

RICHARDSON, E., SEELEY, S. et WALKER, D., 1974. A model for estimating the completion of rest for 'redhaven' and 'elberta' peach trees. *HortScience*. 1974. Vol. 9, n° 4, pp. 331-332.

SCHWARZ, V. et SOUBEYROUX, JM., 2022. Quel climat en France en 2050 et 2100 ? *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*. 2022. Vol. 106, n° 2, pp. 27-31. DOI 10.3917/re1.106.0027.

SEBBEN, V., 2020. Universidade estadual do rio grande do sul unidade universitária em vacaria curso de especialização em produção vegetal. Determinação do momento de aplicação do bioestimulante Erger® em uso sequencial a cianamida hidrogenada para indução de brotação em macieiras/ Vinicius Hentges Sebben – Vacaria, 2020.

VITI, R., ANDREINI, L., RUIZ, D., EGEEA, J., BARTOLINI, S., IACONA, C. et CAMPOY, J. A., 2010. Effect of climatic conditions on the overcoming of dormancy in apricot flower buds in two Mediterranean areas: Murcia (Spain) and Tuscany (Italy). *Scientia Horticulturae*. 15 mars 2010. Vol. 124, n° 2, pp. 217-224. DOI 10.1016/j.scienta.2010.01.001.

WANG, L., ZHANG, L., MA, C., XU, W., LIU, Z., ZHANG, C., MATTHEW, W. et WANG, S., 2016. Impact of chilling accumulation and hydrogen cyanamide on floral organ development of sweet cherry in a warm region. *Journal of Integrative Agriculture*. 1 novembre 2016. Vol. 15, n° 11, pp. 2529-2538. DOI 10.1016/S2095-3119(16)61341-2.

WEINBERGER, JH. 1950. Chilling requirements of peach varieties. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 56:122-128

WEINBERGER JH., 1967. Studies in flower bud drops in peaches. *Proceedings of American Society for Horticultural Science*, 91, 78-83.

ZEC, G., MILATOVIĆ, D., ĐUROVIĆ, D., ĐORĐEVIĆ, B. et ČOLIĆ, S., 2013. The influence of meteorological parameters on fruit doubling in stone fruit species. *IV International Symposium „Agrosym 2013“*. 2013. pp. 370-374.

ZHAO, Y., Li, M., ZHANG, T., CAI, J., WANG, R., & ZHANG, L., 2021. Identification of apricot rootstock genotypes with improved cold hardiness using physiological and molecular approaches. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 106-116.

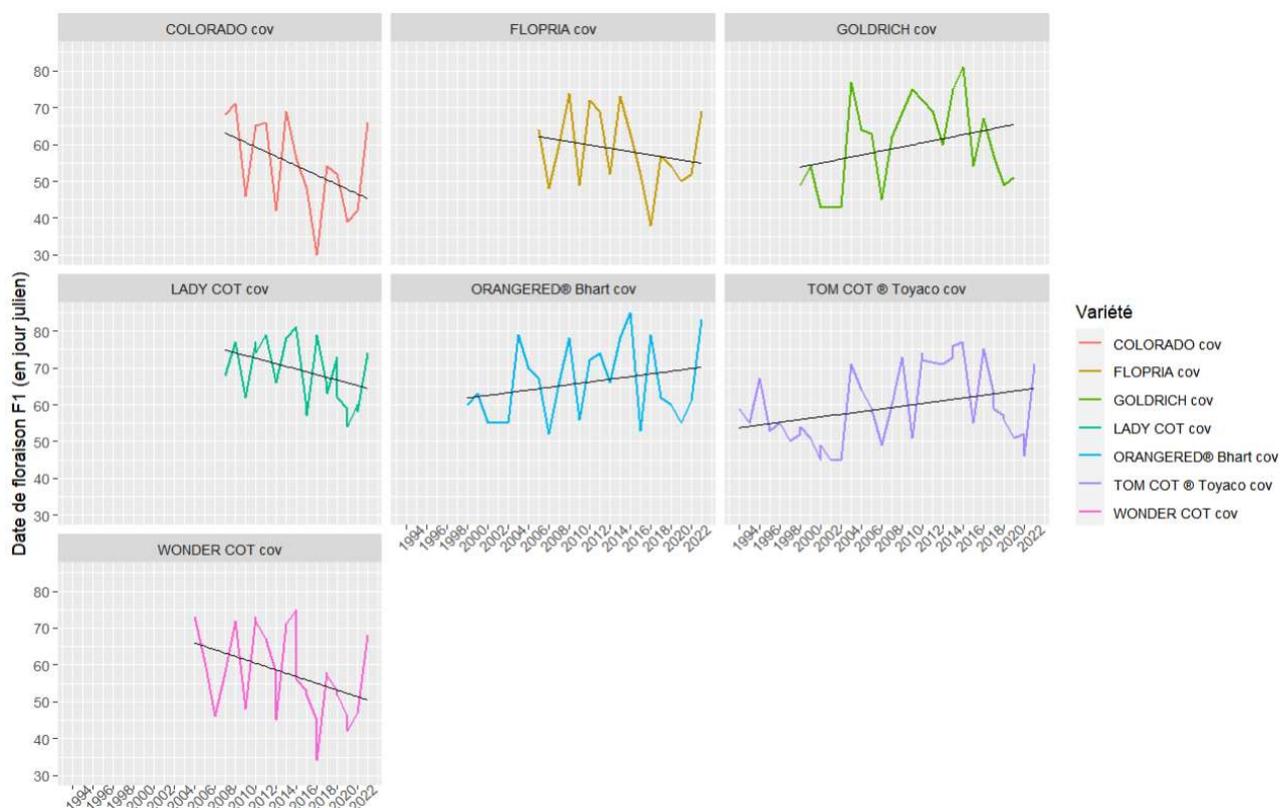
Annexes

Annexe I: Photographies réalisées sur la variété LIDO (cov) et présentant deux exemples de type de conduite d'un verger d'abricotier (source personnelle).



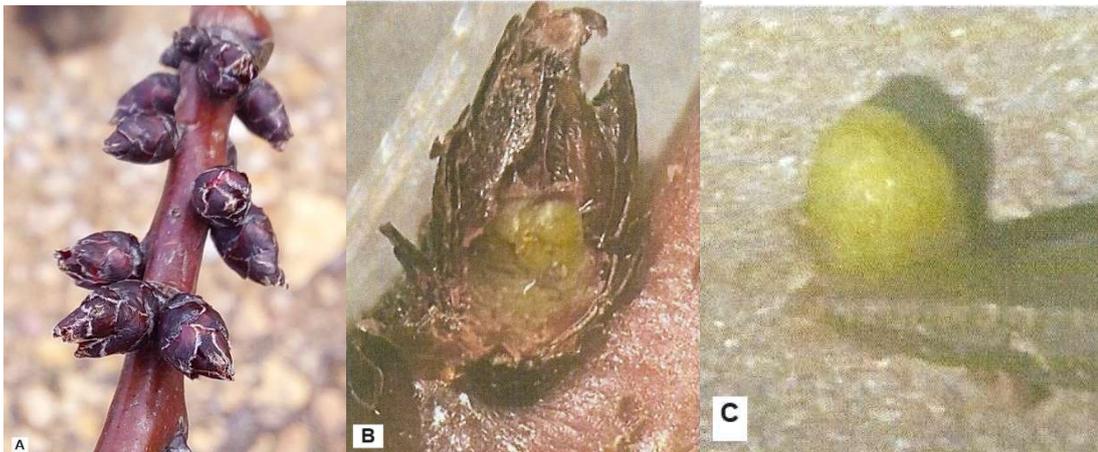
Sur abricotier la forme la plus courante est la conduite en « gobelet » (A et B) qui se caractérise par un arbre formé de 4 charpentières. Une pratique se démocratisant est la conduite en palmette ou bi-axe (C et D) permettant l'implantation de vergers à haute densité et la mécanisation (source personnelle).

Annexe II : Représentations graphiques de la date de floraison F1 (en jour julien) par an pour les variétés COLORADO cov, FLOPRIA cov, GOLDRICH cov, LADY COT cov, ORANGERED® Bhart cov, TOM COT® Toyacot cov et WONDER COT cov à St-Gilles (Gard) entre 1994 et 2022.



Les droites noires (régressions linéaires) représentent les dates de floraison F1 en fonction de l'année par variété. Pour les variétés COLORADO cov, FLOPRIA cov, LADY COT cov, WONDER COT cov, les droites sont descendantes traduisant des floraisons de plus en plus précoces. Au contraire, les droites croissantes pour TOM COT® Toyacot cov et GOLDRICH cov, ORANGERED® Bhart cov traduisent des dates de floraisons de plus en plus tardives.

Annexe III : Présentation, principe et protocole du test Tabuenca (source : SudEXPE)



- Le test tabuenca consiste à prélever à un rythme hebdomadaire des rameaux florifères (A) .
- Les primordia floraux sont extraits enlevant les écailles une à une à l'aide d'une pince (B).
- Une fois les primordia totalement extraits (C), leurs poids moyens frais et sec sont mesurés.

Une partie des prélèvements sont immédiatement pesés (poids verger) et la deuxième partie est placée une semaine en forçage (poids forçage) dans une chambre chauffée et éclairée. Au bout d'une semaine, les primordia sont également pesés.

Le poids verger constitue le poids de référence et est constant jusqu'à la levée de l'écodormance. Lorsque le poids forçage commence à augmenter cela veut dire que l'endodormance est levée. Cette méthode a montré son efficacité mais est cependant très chronophage, il est impossible de réaliser des tests tabuenca sur toutes les variétés existantes.

Annexe IV : Plan des vergers avec les essais expérimentaux du site 1 composé de la variété APRIBANG cov REGALCOT® (A), du site 2 avec la variété TOMCOT® Toyacotcov (B) et le site 3 avec la variété LIDO cov (C).



Annexe V : Code couleur CTIFL utilisé pour la déterminer la coloration de l'épiderme



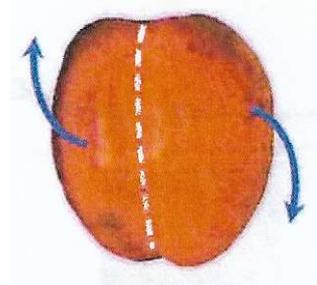
Ce code couleur est utilisable pour définir la couleur de fond de l'ensemble des abricots à chair orangées. Pour utiliser ce code, il faut évaluer la couleur de fond sur la partie la moins mûre, d'au moins 1 cm². Le stade de cueillette est désigné par : 5, ou 6/7, ou 8 selon les variétés.

Annexe VI : Présentation, principe et protocole du test Wring

Ce test est utilisé par les producteurs pour déclencher la récolte tout en s'assurant que le fruit récolté poursuivra sa maturation hors de l'arbre.

Protocole mis en œuvre dans le mémoire :

- 10 fruits par arbres ont été prélevés à hauteur d'homme. Les fruits prélevés paraissent au toucher et à la coloration prêts à être cueillis. Au total, 120 fruits ont été récoltés et testés.
- Pour chaque fruit : incision du fruit le long de la suture puis torsion inverse des deux oreillons

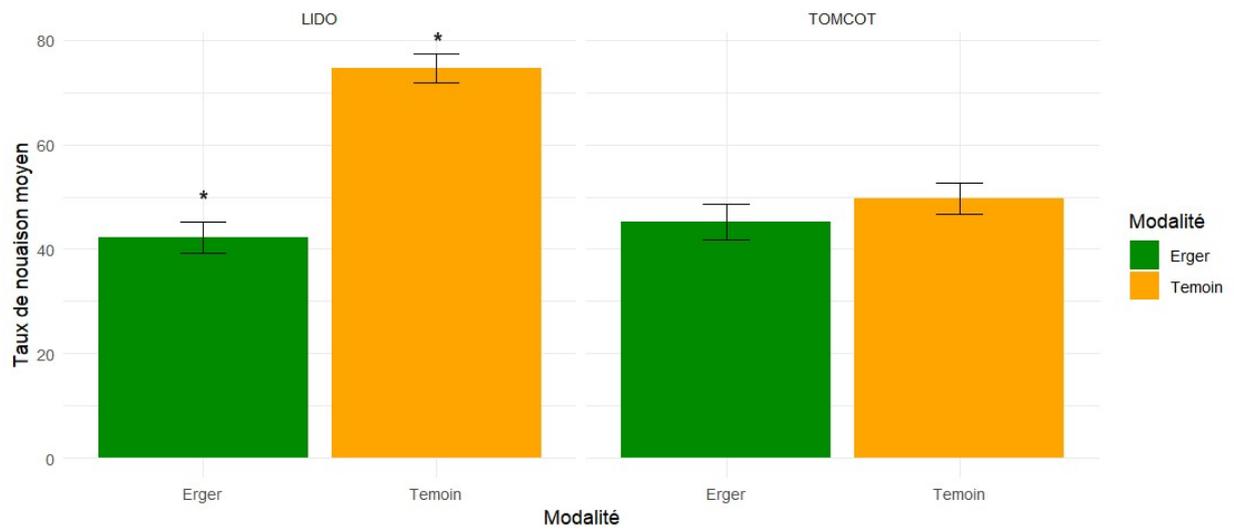


Résultat du « Wring test » :

- Positif si les 2 oreillons se séparent et le noyau se détache
- Négatif si les oreillons restent solidaires et le noyau adhère à la chair.

-

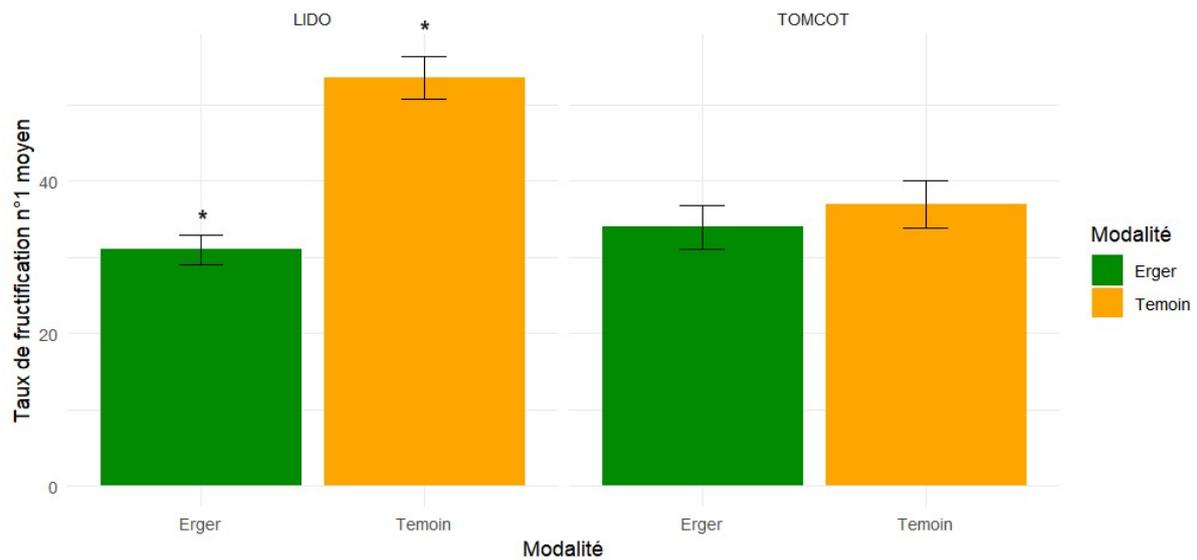
Annexe VII : Représentation graphique du taux de nouaison (TNOU) en fonction de la modalité (Erger et témoin) pour Lido et Tomcot.



Les tests de Tuckey réalisés séparément pour chaque variété révèlent une différence significative (p -value < 0,05) sur Lido mais pas sur Tomcot

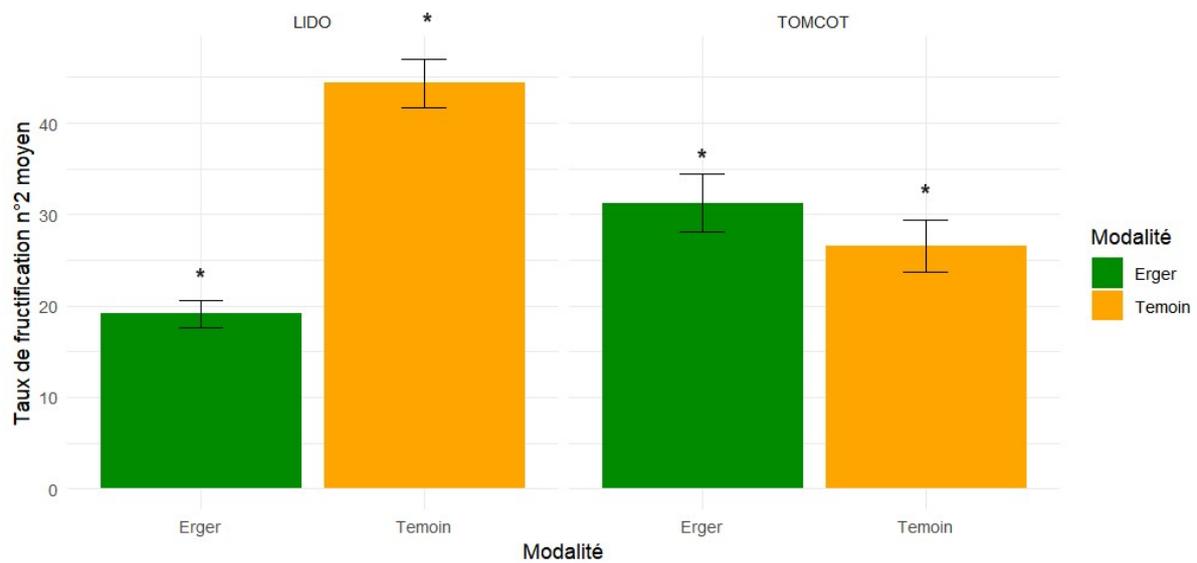
Annexe VIII : Représentation graphique du taux de fructification 1 (A) et 2 (B) (TFRUCTI) en fonction de la modalité (Erger et témoin) pour Lido et Tomcot

A.



Les tests de Tuckey réalisés séparément pour chaque variété révèlent une différence significative (p -value < 0,05) sur Lido. Pas de différences significatives sur Tomcot.

B.



Les tests de Tuckey réalisés séparément pour chaque variété révèlent une différence significative (p -value < 0,05) sur Lido et sur Tomcot.

Annexe IX :Récapitulatif du cumul des heures froides d'après le modèle 7,2°C de 2015 à 2024 à Bellegarde d'après la station météorologique du CTIFL de Balandran (source : CTIFIL- Besoins en froid (ctifl.fr)).

Cumul des heures de froid : Méditerranée - Basse Vallée du Rhône
 Costières de Nîmes : Station CTIFL Balandran - BELLEGARDE (30)

Date	2023-2024	2022-2023	2021-2022	2020-2021	2019-2020	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2015-2016
01 octobre	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h	0 h
15 octobre	0 h	0 h	4 h	4 h	0 h	0 h	0 h	1 h	17 h
01 novembre	0 h	0 h	11 h	19 h	0 h	23 h	10 h	3 h	46 h
15 novembre	29 h	11 h	28 h	19 h	108 h	27 h	63 h	102 h	53 h
01 décembre	141 h	65 h	171 h	158 h	202 h	156 h	229 h	181 h	190 h
15 décembre	260 h	288 h	388 h	378 h	348 h	272 h	443 h	332 h	262 h
01 janvier	400 h	364 h	578 h	550 h	424 h	464 h	649 h	540 h	281 h
15 janvier	616 h	454 h	759 h	818 h	547 h	669 h	710 h	807 h	409 h
01 février	765 h	779 h	1013 h	977 h	708 h	934 h	815 h	1067 h	571 h
15 février	866 h	944 h	1124 h	1112 h	803 h	1120 h	1079 h	1123 h	672 h
01 mars	924 h	1081 h	1212 h	1173 h	895 h	1232 h	1327 h	1189 h	806 h
31 mars	1018 h	1209 h	1414 h	1366 h	1034 h	1345 h	1491 h	1260 h	1002 h

Le cercle violet correspond au cumul des heures de froid à la date d'application de l'Erger™ sur Tomcot et Aribang et le rouge à Lido.

Annexe X : Photographie illustrant la phytotoxicité du biostimulant Erger™ + Activ'Erger™ observé sur la variété APRIBANG cov REGALCOT® le 13 Mars 2024 (source personnelle).



Le rang situé à gauche (A) est un témoin non traité et le rang de gauche (B) un rang traité à l'Erger sur lequel très peu de bourgeons se sont développés : 120 bourgeons sur 3355 bourgeons (nombre total de bourgeons sur les branches marquées par les étiquettes) ont atteint la floraison.

Nb pages : 26		Annexe(s) : 10	Organisme d'accueil : GRCETA de Basse Durance Adresse : 2 Route de Mollégès, 13210 Saint-Rémy-de-Provence Maître de stage : Sophie HARDY
Année de soutenance : 2023-2024			

Étude de la levée de la dormance dans un contexte de changement climatique : effet d'un biostimulant de sortie de dormance sur la phénologie, sur la charge et sur le développement de l'abricotier.

Study of dormancy release in the context of climate change : effect of a dormancy breaker biostimulant on the phenology, load, and development of apricot trees.

RÉSUMÉ

La dormance hivernale est une phase de repos végétatif chez l'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) qui requiert des besoins thermiques particuliers, dont le froid. L'augmentation des températures hivernales, causée par le changement climatique, induit des symptômes liés au manque de froid qui cause des irrégularités et des étalements phénologiques impactant le rendement. Pour adapter la production d'abricot au changement climatique le GRCETA de Basse de Durance a décidé de mettre en place des essais pour tester les effets de produits biostimulants « leveurs de dormance » sur abricotier. Trois essais ont été implantés dans des vergers de producteurs adhérents au GRCETA en 2024. Les notations phénologiques et de charge effectuées ont permis de caractériser les effets du biostimulant ERGER™ sur les variétés APRIBANG cov REGALCOT®, TOM COT® Toyacot cov et LIDO cov. L'analyse des résultats a montré que le produit a pour effet d'avancer la phénologie de 10 jours sur Lido et de regrouper la floraison de 5 jours sur Tomcot. Cependant, le produit a aussi entraîné la mort prématurée de 96% des bourgeons sur Apribang. Les effets observés ont été mis en lien avec le niveau de satisfaction des besoins en froid. Les résultats ont montré des effets prometteurs de l'Erger™ mais une meilleure compréhension du fonctionnement du produit est encore nécessaire pour envisager une utilisation à plus grande échelle sur abricotier.

ABSTRACT

Winter dormancy is a phase of vegetative rest in the apricot tree (*Prunus armeniaca* L.) which requires specific thermal requirements, including cold. The increase in winter temperatures caused by climate change is leading to symptoms linked to a lack of cold which causes irregularities and staggering, impacting yield. To adapt apricot production to climate change, the GRCETA of Basse de Durance decided to conduct trials to test the effects of "dormancy-breaker" products on apricot trees. Three trials have been set up in orchards of GRCETA member producers in 2024. Phenological and load ratings carried out were used to characterise the effects of the biostimulant ERGER™ on the varieties APRIBANG cov REGALCOT®, TOM COT® Toyacot cov, and LIDO cov. Analysis of the results showed that the product brought phenology forward by 10 days on Lido and delayed flowering by 5 days on Tomcot. However, the product also caused 96% of buds on Apribang to die prematurely. The effects observed were linked to the level of satisfaction of cold requirements. The results showed promising effects of Erger™, but a better understanding of how the product works is still needed before it can be used on a larger scale on apricots.

Mots-clés : Abricotier, Levée de la dormance, Biostimulant, Phénologie, Changement climatique.

Key words: Apricot tree, Dormancy release, Biostimulant, Phenology, Climate change