



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE DEPARTEMENT DES
SCIENCES AGRONOMIQUES**

MEMOIRE DE STAGE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER PROFESSIONNEL

FILIERE : Sciences Agronomiques

SPECIALITE : Arboriculture Fruitière

OPTION : Pommier

Thème :

**Suivi de l'évolution spatiotemporelle du
pommier dans la région de Khenchela**

Présenté par : BENZAIM Khaled

Soutenu le : 03/06/ 2026

Mémoire de Master professionnel soutenu devant le jury composé de :

**Présidente :
Encadreur :
Examineur**

**Pr. Addad Dalila
Dr. Mekersi Nawal
Dr. Badis Mehdi**

**Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Univ. Abbès Laghrou – Khenchela
Univ. Abbès Laghrou – Khenchela**

Année universitaire 2025/ 2026

Remerciements

Tout d'abord, on remercie DIEU le tout puissant de ma avoir donné la santé, la volonté, et le courage pour accomplir ce mémoire.

En premier lieu, je tiens à remercie profondément mon enseignante Dr. MEKERSI Nawal pour tout le soutien et l'encadrement qu'elle nous a donnée, pour l'attention qu'elle a porté à la réalisation de ce travail.

Je tiens également a remercié les membres du jury Pr . Addad Dalila et Dr . Badis Mehdi qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir évaluer et examiner avec attention mon modeste travail.

Finalement, je remercie les enseignants de notre département et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réalisation de ce travail.

RAPPORT DE STAGE

Nom : BENZAIM Khaled

Formation : Arboriculture fruitière

Année : Année universitaire [2024] - [2025]

Établissement d'accueil : La Direction des Services Agricoles de la Wilaya de
Khenchela.

Stage du : 19 Avril 2025 à 25 Juin 2025

Tuteur de stage : M. Mokdad Imad

Table des Matières

Titre	Page
Table des matières	
Liste des figures	I
Liste des tableaux	III
Introduction	01
1. Présentation du Stage	03
1.1 Description du stage	03
1.1.1 Présentation de l'établissement d'accueil	03
1.1.2 Démarche et protocole de stage	04
1.2. Thématique traitée au stage	04
1.2.1. Problématique et objectifs	04
1.2.2. Démarche méthodologique	06
2. Généralités sur le pommier	08
2.1. Historique	08
2.2. Origine du pommier	08
2.3. Importance économique du pommier.	08
2.3.1. Dans le monde	08
2.3.2. En Algérie	09
2.3.3. Dans la wilaya de Khenchela	10
2.4. Caractéristiques botaniques	10
2.4.1. Classifications botaniques	10
2.4.2. Description botanique	11
2.5. Cycle de développement du pommier	12
2.5.1. Cycle végétatif annuel	12
2.5.2. Le repos hivernal.	13
2.5.3. La période active de végétation	13
2.6. Exigences pédoclimatiques du pommier	15
2.6.1. Exigences pédologiques	15
2.6.2. Exigences en eaux	15
2.6.3. Exigence climatique	16
2.7. Principales variétés du pommier	17

2.7.1. Dans le monde	17
2.7.2. En Algérie	19
3. Partie expérimentale	21
3.1 Matériels et Méthodes	21
3.1.1 Présentation de la zone d'étude	21
3.1.1.1 Présentation géographique de la wilaya de Khenchela	21
3.1.1.2 Caractérisation climatique	22
3.1.2 Etude sur le pommier	24
3.1.2.1 Analyse temporelle (évolution dans le temps)	24
3.1.2.2 Analyse spatiale (comparaison entre communes)	27
3.1.2.3 Analyse descriptive des variétés cultivées dans la wilaya de Khenchela	30
3.1.3. ANOVA à deux facteurs (année et site) des variables mesurées	32
3.1.3.1 Production	32
3.1.3.2 Surface consacrée au pommier	32
3.1.3.3 Productivité (rendement t/ha)	33
3.1.3.4 Effet moyen du site (commune) sur les paramètres mesurés	33
3.1.3.5 Effet moyen de l'année sur les paramètres mesurés	36
3.1.3.6 Analyse de la composante principale	38
3.1.3.7 Dendrogramme de la classification hiérarchique des communes productrices de pomme dans la wilaya de Khenchela.	40
3.2. Résultats et discussions	41
Conclusion	45
Références Bibliographiques	47
Résumé	
ملخص	
Abstract	

Liste des Figures

Titre	Page
Figure 01 : L'évolution de la culture du pommier en Algérie (2000-2014)	10
Figure 02 : L'évolution de la culture du pommier en khanchela (2014-2024)	10
Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela	21
Figure 04 : Températures moyennes maximales, moyennes et minimales de la région de Khenchela (2014-2023)	23
Figure 05 : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela (2014-2023)	23
Figure 06 : Diagramme ombrothermique de la région de Khenchela (2014-2023)	24
Figure 07 : Évolution de la superficie totale et de la superficie en rapport (ha) du pommier dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.	25
Figure 08 : Évolution de la production de pomme (t) dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.	26
Figure 09 : Évolution du rendement moyen (t/ha) du pommier dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.	27
Figure 10 : Histogramme de la production de pomme (qx) par commune dans la wilaya de Khenchela en 2023.	28
Figure11 : Histogramme du taux de réalisation (%) de la production de pomme par commune dans la wilaya de Khenchela en 2023.	30
Figure12 : Répartition des variétés de pommier dans la wilaya de Khenchela en 2023	31
Figure 13 : Effet site (commune) sur la production en tonnes du pommier dans la wilaya de Khenchela	34
Figure 14 : Effet site (commune) sur la surface en hectares du pommier dans la wilaya de Khenchela	35
Figure 15 : Effet site sur la productivité en tonnes. ha ⁻¹ du pommier dans la wilaya de Khenchela	35
Figure 16 : Effet de l'année sur la production en tonnes du pommier dans la wilaya de Khenchela.	36

Figure 17 : Effet de l'année sur la surface en hectares du pommier dans la wilaya de Khenchela	37
Figure 18 : Effet de l'année sur la productivité en Tonnes.ha ⁻¹ du pommier dans la wilaya de Khenchela	37
Figure 19 : Cercle de corrélation des paramètres (surface, production et productivité) du pommier sur le plan factoriel F1–F2.	39
Figure 20 : Projection des communes de la wilaya de Khenchela sur le plan factoriel F1–F2 (ACP des paramètres du pommier).	39
Figure 21 : L'analyse de classification hiérarchique réalisée sur les communes productrices de pomme dans la wilaya de Khenchela	41

Liste des Tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Importance de la culture par zone de production	09
Tableau 2 : Principe variétés du pommier	18
Tableau 3 : Principales variétés du pommier cultivées en Algérie	20
Tableau 4 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre production du pommier	32
Tableau 5 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre surface agricole occupée par le pommier.	33
Tableau 06 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre productivité du pommier	33

Introduction

Introduction

Le secteur arboricole en Algérie occupe une place essentielle dans l'économie agricole nationale, en raison de sa diversité, de son potentiel de production et de son importance socio-économique. Il regroupe des essences locales, bien adaptées aux conditions climatiques du pays, telles que l'olivier (*Olea europaea*) et le figuier (*Ficus carica*), ainsi que des espèces plus exigeantes, comme le pommier (*Malus domestica*), introduites principalement dans les zones de plaines et de piémont à sols riches et fertiles (**Chaouia et al., 2003**).

Le pommier représente l'une des cultures fruitières majeures à l'échelle mondiale, grâce à la grande diversité de ses variétés et à ses qualités nutritionnelles et commerciales. En Algérie, la production pommicole est concentrée dans plusieurs wilayas, notamment Médéa, Batna, Khenchela, Sidi Bel Abbès et Tiaret, qui assurent l'essentiel de la production nationale. Selon les estimations de la **FAO (2013)**, la superficie totale consacrée à cette culture s'élève à environ 21 200 hectares.

La wilaya de Khenchela, située dans l'Est algérien, se distingue particulièrement par son potentiel pommicole. Son relief montagneux, ses altitudes élevées et son climat semi-aride à hiver froid et été chaud créent des conditions favorables au développement des vergers de pommiers. Les communes de Bouhmama, M'Sara et Chellia, par exemple, bénéficient d'un microclimat caractérisé par un nombre suffisant d'heures de froid hivernal, indispensable au repos végétatif et à la floraison du pommier.

L'expansion de cette culture dans la région résulte de plusieurs facteurs convergents :

- Des conditions naturelles propices, notamment la fraîcheur du climat et la disponibilité relative de sols fertiles dans les zones montagneuses ;
- L'engagement des agriculteurs et l'arrivée d'investisseurs privés, qui ont favorisé la modernisation des pratiques culturales et l'extension des superficies plantées ;
- Le soutien institutionnel, à travers les programmes publics d'aide à la plantation et d'accompagnement technique mis en œuvre par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural ;
- La qualité et la typicité de la production, qui confèrent à la pomme de Khenchela une réputation de fruit de haute qualité, apprécié sur les marchés locaux et régionaux.

Cependant, malgré ces atouts, la filière pommicole de Khenchela fait face à plusieurs contraintes limitant sa durabilité et sa compétitivité. Parmi celles-ci figurent la pénurie d'eau, particulièrement aiguë lors des épisodes de sécheresse, la sensibilité accrue des vergers aux maladies et ravageurs, la fluctuation des prix de vente et les difficultés de commercialisation

liées à l'insuffisance d'infrastructures de stockage et de transport. Ces facteurs peuvent engendrer d'importantes variations de rendement d'une année à l'autre, rendant nécessaire une évaluation scientifique de leur impact sur la production.

Dans ce contexte, la présente étude vise à analyser l'évolution spatio-temporelle de la culture du pommier dans la wilaya de Khenchela. Elle a pour objectif principal de suivre les tendances de la production au cours de la dernière décennie, en mettant en relation les superficies cultivées, les rendements enregistrés et la répartition géographique des vergers dans les différentes communes. L'approche adoptée repose sur l'exploitation et l'analyse des données statistiques officielles fournies par la Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya, permettant ainsi d'établir un diagnostic précis de la dynamique de la filière pommicole.

Ce travail se compose de trois grandes parties :

- **La première partie**, consacrée à la présentation du stage, décrit le cadre institutionnel d'accueil, la démarche méthodologique adoptée et la thématique du travail.
- **La deuxième partie**, constituée d'une synthèse bibliographique, présente les généralités sur le pommier, notamment son origine, sa classification botanique, ses caractéristiques morphologiques et physiologiques, ses exigences écologiques ainsi que son importance économique.
- **La troisième partie**, expérimentale, expose les matériaux et méthodes utilisés, suivie des résultats obtenus et de leur discussion, mettant en évidence les tendances spatio-temporelles de la production pommicole dans la wilaya de Khenchela.

Cette étude se veut à la fois originale et exploratoire, dans la mesure où elle constitue la première tentative de caractérisation statistique intégrée de la filière pommicole dans la région, et aspire à servir de base scientifique pour de futures recherches et politiques de développement agricole durable.

Présentation du Stage

1. Présentation du Stage

1.1 Description du stage

1.1.1 Présentation de l'établissement d'accueil

Les Directions des Services Agricoles (DSA) sont des Services professionnels pour l'agriculture, la pêche, la sylviculture (travaux forestiers) et la faune sauvage, sont des structures territoriales relevant du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural algérien. Leurs missions principales incluent :

- Développer le secteur agricole au niveau de la wilaya.
- Appliquer les politiques agricoles gouvernementales localement.
- Soutenir les agriculteurs techniquement et administrativement.
- Contrôler la production, la qualité et les performances agricoles.
- Organiser les activités agricoles et veiller au respect des normes.
- Collecter des données et statistiques agricoles.

Ces directions servent de relais entre l'administration centrale et les producteurs agricoles, et participent à la mise en œuvre des programmes de développement rural.

La Direction des Services Agricoles (DSA) de Khenchela est l'instance locale chargée de la mise en œuvre des politiques agricoles dans la wilaya. Opérant sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, ses missions spécifiques incluent :

- Encadrement technique des agriculteurs et éleveurs de la région.
- Promotion des filières agricoles locales (arboriculture, céréaliculture, élevage).
- Gestion des subventions et aides financières aux exploitants agricoles.
- Contrôle sanitaire des productions végétales et animales.
- Appui à la modernisation des pratiques agricoles (irrigation, mécanisation).
- Protection des ressources naturelles (sol, eau, forêt) dans le cadre agricole.

La DSA de Khenchela joue un rôle clé dans le développement des zones rurales de la wilaya, en particulier dans les communes de montagne (Aïn Mimoun, Bouhmama, Chechar) où l'agriculture reste un pilier économique. Son action s'articule autour de la sécurité alimentaire, la durabilité des systèmes de production et l'adaptation aux changements climatiques.

La Direction des Services Agricoles (DSA) de Khenchela fournit également des données statistiques détaillées sur les cultures stratégiques telles que la production pommicole, qui ont été utilisées dans cette étude. Ces données constituent une base essentielle pour analyser les

Présentation du Stage

déséquilibres à l'origine des baisses de production et représentent un outil central dans l'élaboration de solutions appropriées pour améliorer la productivité.

Grâce à ces statistiques, il est possible d'identifier :

- Les fluctuations saisonnières de la production
- Les lacunes techniques dans les méthodes de cultivation
- L'impact des facteurs climatiques sur les rendements
- L'efficacité des réseaux de distribution et de commercialisation

Cette approche fondée sur les données permet une prise de décision éclairée pour optimiser la productivité et renforcer la sécurité alimentaire dans la région.

La Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Khenchela est située sur la route de Babaar, à côté de la forêt de Chabour. On peut la contacter au numéro de téléphone 032746713 ou via le fax 032746991. Cette direction est gérée par M. Tamen Saïd et emploie environ 285 agents. Elle comprend plusieurs services.

Dont le Service des Statistiques supervisé par M. Mokdad Imad, qui emploie 6 agents et dont l'importance réside dans la fourniture de toutes les statistiques relatives au secteur agricole de la wilaya et leur mise à disposition pour soutenir les études académiques et de recherche visant à améliorer la production agricole.

Les services comprennent également le Service de Gestion des Moyens, sous la supervision de M. Djabali Mohamed El Eid, qui est chargé du suivi du parcours professionnel des agents et de leur accompagnement administratif.

Par ailleurs, il y a le Service de l'Organisation de la Production et du Soutien Technique, qui examine les dossiers de soutien agricole, identifie les bénéficiaires et suit leurs projets.

Ansı que le Service de l'Organisation Foncière, qui s'occupe de la régularisation des propriétés agricoles et du suivi des projets d'investissement agricoles dans la wilaya.

L'Inspection Vétérinaire est responsable de la surveillance des épidémies touchant les différents types d'animaux domestiques et autres, et de la recherche des solutions nécessaires pour circonscrire leur propagation.

Enfin, le Service de Suivi de la Santé des Végétaux s'occupe du suivi des maladies des cultures, de leur prévention et de la sensibilisation des agriculteurs.

La wilaya de Khenchela dispose de succursales agricoles relevant de la Direction, situées à Bouhmama, Kais, El Hama, Ouled Rached, Babaar, Chechar et Aïn Touila. Chaque succursale est composée d'un chef et de deux bureaux, l'un pour les statistiques et l'autre pour l'organisation du soutien agricole.

Présentation du Stage

1.1.2 Démarche et protocole de stage

La démarche adoptée dans le cadre de ce stage s'est articulée autour d'une collaboration étroite avec le Service des Statistiques de la Direction des Services Agricoles (DSA) de Khenchela. Après un premier entretien avec le responsable du service, M. Mokdad Imad, un protocole de travail a été établi afin de définir les objectifs, les tâches et les modalités de mise en œuvre du projet.

Le stage a consisté principalement en la collecte, l'exploitation et l'analyse des données statistiques relatives à la filière pommicole sur une période de dix années consécutives, couvrant l'ensemble des communes de la wilaya de Khenchela. Les données nécessaires ont été extraites des registres officiels, des bases de données internes et des rapports périodiques fournis par les antennes locales de la DSA réparties sur le territoire wilayal.

Le protocole de travail s'est appuyé sur une approche méthodologique rigoureuse visant à :

- Compiler et organiser les données brutes issues des différentes communes.
- Vérifier leur cohérence et leur homogénéité avant traitement.
- Structurer les informations recueillies en séries statistiques exploitables.
- Procéder à une analyse spatio-temporelle de l'évolution de la production, des superficies et de la productivité du pommier.

La démarche de collaboration a également inclus des réunions périodiques de coordination avec le personnel du service, permettant de valider les données, d'échanger sur les résultats intermédiaires et d'assurer la conformité du travail avec les exigences de la DSA. Cette approche participative a favorisé une meilleure intégration au sein de l'équipe technique et a permis de garantir la fiabilité et la pertinence scientifique des résultats obtenus.

1.2. Thématique traitée au stage

1.2.1. Problématique et objectifs

La présente étude s'inscrit dans le cadre du suivi et de l'analyse de l'évolution de la production pommicole dans la wilaya de Khenchela, toutes variétés confondues. Elle a pour objectif principal d'évaluer, sur une période de dix années consécutives, les dynamiques de la filière à travers trois dimensions essentielles :

- L'évolution des superficies cultivées consacrées au pommier,
- La variation de la production totale,

Présentation du Stage

- L'évolution du rendement moyen observé à l'échelle des différentes communes de la wilaya.

Pour ce faire, l'étude s'appuie sur les données statistiques officielles collectées auprès des succursales agricoles locales relevant de la Direction des Services Agricoles (DSA) de Khenchela, garantissant ainsi la fiabilité et la représentativité des informations utilisées.

Cette thématique revêt une importance majeure, non seulement pour la réalisation de ce travail académique, mais également en tant que référence méthodologique et statistique pouvant servir à de futures études sur la filière fruitière régionale. Les résultats obtenus contribueront à une meilleure compréhension des facteurs influençant la productivité, à l'identification des contraintes structurelles et climatiques qui limitent le rendement, ainsi qu'à la proposition de pistes d'amélioration permettant d'optimiser la performance de la production pommicole à l'échelle de la wilaya.

1.2.2. Démarche méthodologique

La méthodologie adoptée dans le cadre de ce travail repose sur une approche à la fois documentaire, analytique et statistique, visant à assurer la fiabilité et la pertinence des résultats obtenus. Elle s'est déroulée en deux grandes étapes complémentaires :

Premièrement : La collecte des données statistiques

Cette phase a consisté à réunir l'ensemble des informations disponibles auprès du Service des Statistiques de la Direction des Services Agricoles (DSA) de Khenchela.

Les principales actions entreprises sont les suivantes :

- Prise de contact et fixation d'un rendez-vous avec le responsable du service pour présenter les objectifs de l'étude.
- Demande et obtention des données relatives à la production pommicole, en précisant la période d'étude (dix années) et les communes concernées.
- Collecte des données brutes à partir des registres officiels et bases de données internes, suivie de leur organisation sous forme de tableaux statistiques exploitables.

Deuxièmement: Le traitement et l'analyse des données

Une fois la base de données constituée, un travail individuel d'exploitation et d'analyse a été effectué afin de transformer les statistiques brutes en indicateurs synthétiques et représentations graphiques.

Les principales étapes de ce traitement sont :

Présentation du Stage

- Calcul du rendement moyen annuel (t/ha) pour chaque commune et pour chaque année de la période étudiée.
- Élaboration de documents visuels facilitant l'interprétation des résultats, tels que des courbes d'évolution temporelle, des diagrammes circulaires illustrant la répartition variétale et des histogrammes comparant la production entre communes.

Cette démarche méthodologique a permis de produire une analyse spatio-temporelle complète de la filière pommicole à Khenchela, tout en mettant en évidence les tendances générales, les disparités régionales et les variations interannuelles de la production.

Généralités

sur le

pommier

2. Généralités sur le pommier

2.1. Historique

La culture de la pomme remonte à des millénaires en Europe et en Asie. Les traces fossiles attestent de l'existence du genre *Malus* dès l'ère tertiaire. Par la suite, la domestication du pommier s'est étendue à l'échelle mondiale. Les scientifiques ont alors développé des techniques de croisement dirigé pour générer de nouvelles variétés. Traditionnellement désigné sous le nom de *Malus domestica Borkh*, cette espèce cultivée fait l'objet, depuis cinquante ans, de recherches intensives visant à lui conférer une résistance aux pathogènes par hybridation. Ces travaux ont amené Korban et Skirvin (1984) à officialiser la nomenclature *Malus domestica Borkh* (Guettala, 2009).

2.2. Origine du pommier

Le pommier serait originaire du sud du Caucase, où son existence date de la préhistoire. Dès le XIII^e siècle av. J.-C., il s'est diffusé vers les civilisations grecque et romaine, qui l'ont cultivé. Actuellement, son aire de culture couvre un vaste territoire, s'étendant de l'Europe de l'Est jusqu'à l'Afrique du Nord (Chafaa, 2008). Par ailleurs, on recense 25 espèces sauvages dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord, ainsi qu'environ 7 000 variétés et cultivars à travers le monde, ce qui en fait l'arbre fruitier dominant en zones tempérées (Chafaa, 2008).

2.3. Importance économique du pommier.

2.3.1. Dans le monde

Avec une production mondiale avoisinant les 60 millions de tonnes en 2001, la pomme se classe au cinquième rang des fruits les plus cultivés, devancée par la pastèque, la banane, le raisin et l'orange. Les leaders actuels de cette production sont la Chine, les États-Unis et la Pologne (Chafaa, 2008). Les données de la FAO (2013) indiquent une tendance haussière de cette production (Tableau 01), avec la Chine comme premier producteur mondial, représentant à elle seule environ 37 millions de tonnes. Au Maghreb, et particulièrement au Maroc, la filière pommicole a connu un essor remarquable grâce à l'extension des superficies cultivées, atteignant une production de 485 642 tonnes et un rendement impressionnant de 153,436 tonnes par hectare (FAO, 2013).

Tableau 01 : Importance de la culture par zone de production (F.A.O., 2013)

Zone de production		Supérficie (Ha)	Production (T)	Rendement (T/Ha)
Afrique	Algérie	40,858.00	397,529.00	9,7295.27
	Maroc	31,651.00	485,642.00	15,3436.54
	Egypte	21,145.00	541,239.00	25,5965.48
	Tunisie	23,500.00	111,000.00	4,7234.04
Asie	Chine	2,060,000	37,000,000	17,961165.00
	Japon	37,400.00	793,800.00	21,2245.99
	Inde	321,900.00	2,203,400	6,8449.83
Europe	Ukraine	105,500.00	1126,800	10,6805.69
	Russie	183,300.00	1,403,000	7,6541.19
	Pologne	194,680.00	2877,336	14,7798.23
	Italie	54,684.00	1,991,312	36,4148.93
	France	41,051.00	1,382,901	33,6873.89
Amérique	USA	132,656.00	4, 110,046	30,9827.37
	Brésil	38,457.00	1,335,478	34,7265.26
	Canada	15,489.00	269,837.00	17,4212.02

2.3.2. En Algérie

La production pommicole en Algérie reste bien en deçà des niveaux enregistrés dans les pays développés (**Tableau 01**). Cette faible productivité s'explique par plusieurs facteurs :

- L'adoption limitée des techniques modernes en arboriculture par les agriculteurs algériens, notamment la taille des arbres.
- L'utilisation désorganisée des porte-greffes et des variétés.
- Une maîtrise insuffisante des pratiques culturales (fertilisation, entretien des sols, traitements phytosanitaires, etc.), dont l'application ne respecte pas les normes modernes requises pour cette culture.

Cependant, au cours de la décennie étudiée (2003-2014), les rendements ont progressé d'année en année, tandis que les superficies cultivées ont doublé et la production a quadruplé (**Safir & Daoudi, 2015**).

Malgré cette croissance, la production et les superficies dédiées en Algérie demeurent très modestes par rapport aux autres pays méditerranéens et au potentiel agronomique réel du pays (Figure 01)

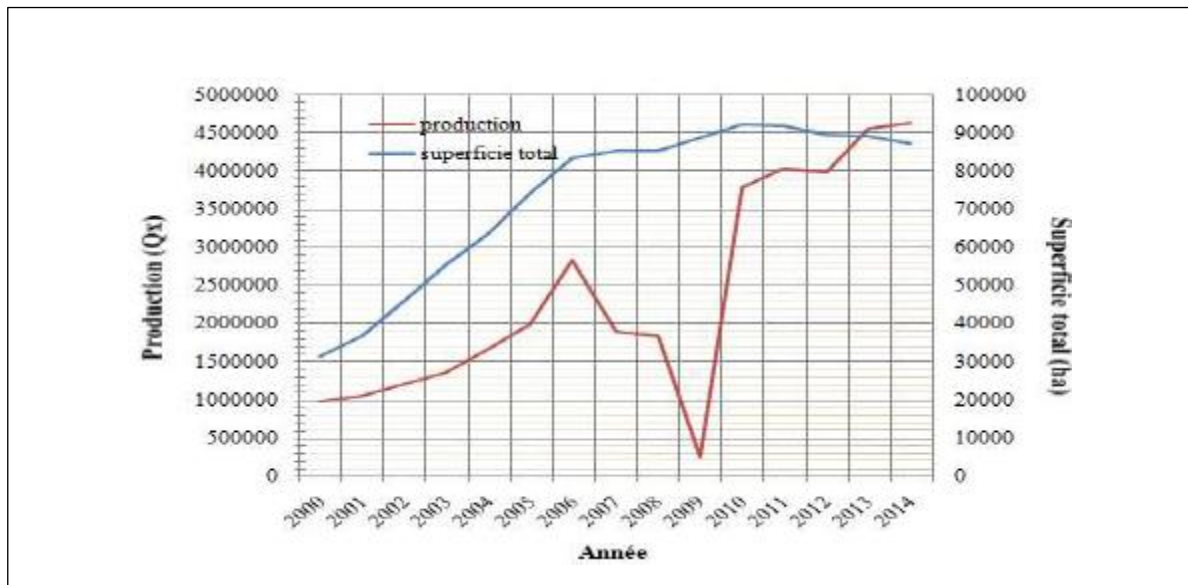


Figure 01 : L'évolution de la culture du pommier en Algérie (2000-2014)

2.3.3. Dans la wilaya de Khenchela

La culture du pommier dans la wilaya de Khenchela a connu une croissance notable entre 2013 et 2024, accompagnée d'une extension des superficies cultivées. Cette tendance a cependant enregistré certaines fluctuations. (Figure 02) (DSA, 2024).

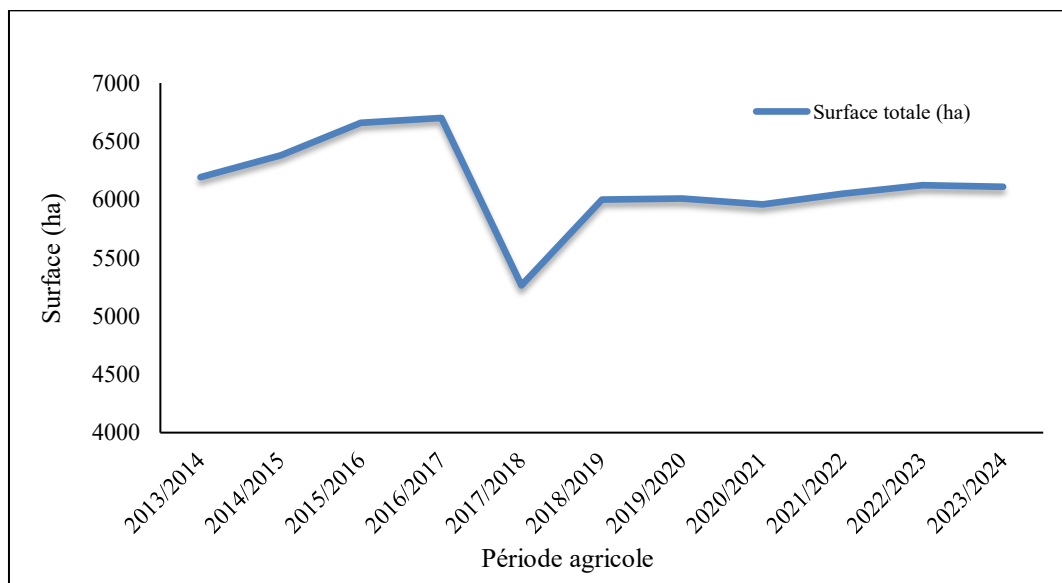


Figure 02 : L'évolution de la culture du pommier en khanchela (2014-2024)

2.4. Caractéristiques botaniques

2.4.1. Classifications botaniques

La taxonomie du pommier a subi des révisions significatives au cours du temps. Initialement, la communauté botanique classait le pommier comme appartenant au sous-genre *Malus* du genre *Pyrus*, lui attribuant la dénomination *Pyrus malus*. Cependant, les travaux de Chevreau et Morisot (1985) ont conduit à une reclassification majeure, établissant le genre *Malus* comme distinct du genre *Pyrus*.

Cette position taxonomique est confirmée par Lafaoun (1996), dont la classification se présente comme suit :

Classe : *Magnolopsida*.

- Sous-classe : *Rosidae*.

- Ordre : *Rosales*.

- Famille : *Rosaceae*.

- Sous-famille : *Maloïdeae*.

- Tribu : *Pyreae*.

- Espèce : *Malus communis* L.

Malus pumila M.

Malus domestica Borkh.

2.4.2. Description botanique

➤ Arbres

Le pommier (*Malus spp.*) est un arbre fruitier de vigueur moyenne, au port arrondi et buissonnant. À maturité, il peut atteindre 6 à 8 mètres, voire 10 mètres de hauteur. Ses branches, d'abord dressées, deviennent progressivement divergentes et retombantes avec l'âge (Bretau, 1978).

➤ Les rameaux

Les rameaux présentent une écorce lisse et brune, parsemée de lenticelles dont la densité varie selon les variétés. Avec le temps, le vieux bois devient rugueux. Les rameaux portent des bourgeons de deux types : inflorescentiels (productifs) et végétatifs (de croissance) (Bretau, 1978)

➤ Feuilles

Les feuilles du pommier sont : Caduques (chutant en automne). Alternes et simples. Entières et dentelées sur les bords. Velues dans leur jeunesse

Portées par un pétiole court, accompagné à leur base de deux stipules foliacées (**Breitaudeau, 1975 ; Massonnet, 2004**).

➤ Fleurs

Les fleurs, regroupées en corymbes de 8 à 11 unités, se développent :

- À l'extrémité de rameaux courts (brindilles couronnées)
- Ou directement sur les brindilles, au niveau des bourgeons axillaires (**Coutanceau, 1962**).

Elles sont hermaphrodites, et la reproduction se fait principalement par allogamie (pollinisation croisée) (**Bore et Fleckinger, 1997**).

La floraison est majoritairement entomophile (fécondation par les insectes) (**Gautier, 1993 ; Gallais et Bannerot, 1995**).

L'ovaire et les tissus adjacents (bases des étamines, pétales et sépales) se développent pour former un fruit charnu complexe, dont la couleur et la saveur varient selon les cultivars (**Massonnet, 2004**).

➤ Fruit

Le fruit du pommier est une fausse drupe (pomme), caractérisée par :

- Un mésocarpe charnu (pulpe)
- Cinq loges cartilagineuses contenant les pépins
- Une chair croquante, de teinte blanchâtre, jaune ou rosée selon la variété (**Breitaudeau, 1978**).

2.5. Cycle de développement du pommier

2.5.1. Cycle végétatif annuel

Le cycle évolutif annuel des arbres fruitiers englobe l'ensemble des transformations biologiques, biochimiques et morphologiques que subit l'arbre au cours d'une année. Ces modifications sont étroitement liées aux conditions environnementales, en particulier aux variations climatiques.

En réponse à ces facteurs externes, l'arbre présente des réactions saisonnières distinctes, se manifestant par deux phases physiologiques majeures :

1. La phase de dormance (repos hivernal) : Période de ralentissement métabolique, essentielle pour la survie en conditions défavorables.
2. La phase d'activité (croissance végétative et reproductive) : Caractérisée par le débourrement, la floraison, la fructification et la croissance des organes aériens (**Mohammedi et Khelid, 2017**).

Facteurs influençant le cycle :

- Température (déclenchement de la dormance et reprise de l'activité)
- Photopériode (durée du jour)
- Disponibilité en eau et nutriments

Implications agronomiques :

La maîtrise de ce cycle est cruciale pour : Optimiser les pratiques culturales (taille, irrigation). Anticiper les risques climatiques (gelées printanières). Améliorer le rendement et la qualité des fruits (**Mohammedi & Khelid 2017**)

2.5.2. Le repos hivernal

Selon **Gautier (1993)**, la dormance correspond à la période s'étendant :

Début : Chute des feuilles en automne

Fin : Débourrement des bourgeons en fin d'hiver

Bien qu'apparemment inactive, cette phase ne signifie pas un arrêt complet de l'activité physiologique.

Activités Cachées pendant la Dormance : _Malgré l'inactivité visible, plusieurs processus biologiques se poursuivent :

Croissance racinaire (absorption d'eau et nutriments)

Différenciation des ébauches florales dans les bourgeons

Migration des réserves nutritives vers les organes de réserve (rameaux, racines)

Entrée en endo-dormance : Mécanisme déclenché par la baisse progressive des températures (**Massonnet, 2004**).

Levée de Dormance et Facteurs Clés

La sortie de dormance est régulée par :

✓ Exigence en froid (vernalisation) : 400 à 1000 heures à des températures inférieures à 7,2°C (selon les variétés). Les automnes froids peuvent prématurément induire la levée de dormance si suivis de périodes chaudes (**Anonyme, 2002**)

✓ Réchauffement printanier : Les températures plus élevées en fin d'hiver activent la reprise métabolique (**Gautier, 1993**)

Risques Agronomiques : Débourrement précoce : Exposition accrue aux gelées tardives dégâts sur fleurs/fruits

Variabilité variétale : Certaines cultivars (ex. pommiers précoces) sont plus sensibles aux fluctuations climatiques.

2.5.3. La période active de végétation

A. Débourrement et phase active

Période : Du débourrement à la chute des feuilles (activité métabolique intense).

Manifestations visibles :

- Allongement des pousses
- Floraison
- Grossissement des fruits
- Lignification du bois (**Gautier, 1987**).

Conditions thermiques critiques :

1. Besoins en froid hivernal (vernalisation) :
 - Nécessaire pour lever la dormance des bourgeons.
2. Besoins en chaleur printanière :
 - Active la reprise végétative après la vernalisation (**Mohammedi et Khelid, 2017**).

B. Floraison

Processus clés menant à la floraison :

1. Induction florale :
 - Initiation des ébauches florales au niveau de l'apex.
 - Facteurs influençants :
 - Âge de l'arbre, variété, pratiques culturales (irrigation, taille).
 - Conditions climatiques (température, luminosité).
2. Différenciation florale :
 - Formation des organes floraux dans les bourgeons (juin-juillet de l'année précédente) (**Lugeon, 1963**).
 - Début de la différenciation morphologique : 30–40 jours après la floraison.
3. Développement floral :
 - Épanouissement des fleurs via la croissance des ébauches et maturation des cellules reproductrices.
 - Forte dépendance aux conditions climatiques (**Mohammedi et Khelid, 2017**).

C. Pollinisation

- Allogamie obligatoire : Les pommiers nécessitent une pollinisation croisée (non autocompatibles) (**Gautier, 1993**).
- Gestion des vergers :
 - Disposition stratégique des cultivars inter-fertiles pour synchroniser la floraison.

D. Fécondation et nouaison

- Fécondation : Déclenchée par le dépôt de pollen sur les ovules réceptifs.
- Nouaison : Taux moyen : 25–30 %, mais 10 % suffisent pour une production viable (**Anonyme, 2003**).

E. Grossissement et maturation des fruits

1. Multiplication cellulaire (division active).
2. Élongation cellulaire (expansion du fruit).
3. Maturation physiologique :
 - Accumulation de sucres, changements de couleur/texture.
 - Processus biochimiques conduisant à la sénescence (**Mohammedi et Khelid, 2017**).

2.6. Exigences pédoclimatiques du pommier

2.6.1. Exigences pédologiques

Le pommier s'adapte à une grande variété de sols, bien qu'il préfère les sols limoneux profonds, fertiles et bien drainés. Il montre une tolérance remarquable aux pH élevés (jusqu'à 8,5) et à une certaine proportion de calcaire actif, à condition que ces conditions ne provoquent pas d'asphyxie racinaire.

L'irrigation s'avère essentielle pour obtenir des récoltes satisfaisantes en quantité et en qualité. Cette nécessité est particulièrement marquée avec les porte-greffes modernes à enracinement superficiel, qui limitent la capacité des arbres à exploiter les réserves hydriques profondes du sol, même lorsque celles-ci sont disponibles (**Trillot et al., 2001**).

Les systèmes d'irrigation localisée (goutte-à-goutte) sont particulièrement recommandés pour répondre aux besoins hydriques spécifiques du pommier tout en optimisant l'efficacité d'utilisation de l'eau. L'équilibre entre drainage suffisant et maintien d'une humidité adéquate dans la zone racinaire constitue un facteur clé de réussite dans la culture du pommier.

2.6.2. Exigences en eaux

Exigences annuelles en eau

- Plage optimale : 700 à 900 mm/an (couplage pluviométrie + irrigation).
- Période critique : Juillet-Août (pic de demande hydrique).

Besoins saisonniers (Mars à Septembre)

- Total : ~600 mm (soit ~85% des besoins annuels).

Répartition mensuelle typique :

- Mars-Avril (débourrement/floraison) : 100–150 mm
- Mai-Juin (nouaison) : 150–200 mm
- Juillet-Août (grossissement des fruits) : 250–300 mm (*période clé*)
- Septembre (maturation) : 50–100 mm

Climat

↗ Températures élevées → Évapotranspiration accrue

↘ Humidité relative >70% → Réduction des besoins

Système racinaire : Profondeur d'enracinement (1–1.5 m) influence l'accès à l'eau.

Charge fructière : Vergers à haut rendement (+15–20% de besoins).

Signes de stress hydrique

- Flétrissement temporaire (en milieu de journée)
- Ralentissement de la croissance des pousses
- Réduction du calibre des fruits (impact économique majeur)

Stratégies d'irrigation recommandées

- Goutte-à-goutte (efficacité >90%) pour cibler la zone racinaire.
- Suivi tensiométrique : Maintenir une tension du sol de 30–60 kPa en phase de grossissement.
- Paillage organique : Réduit l'évaporation de 20–30%.

2.6.3. Exigence climatique

Le climat constitue le facteur déterminant pour la croissance et la productivité des pommiers (MALAISSE, 1967). Il influence :

- Le cycle végétatif
- La qualité des fruits (couleur, calibre, saveur)
- La régularité de la production

Sensibilité aux températures

Résistance au froid

- Les pommiers présentent une bonne tolérance au froid hivernal
- Certaines variétés requièrent même des températures très basses pour :
 - Assurer une bonne production
 - Développer une coloration optimale des fruits

Variétés exigeantes en froid

Parmi les cultivars nécessitant un hiver rigoureux (OUKABLI, 2012) :

- Jérachine
- Fuji
- Starkrimson
- Red Chief

Sensibilité à la chaleur

- Les pommiers redoutent davantage les fortes chaleurs que le froid
- Les températures élevées peuvent provoquer :
 - Stress hydrique accru
 - Altération de la qualité des fruits
 - Problèmes de coloration

Implications pour la conduite du verger

Choix variétal : Adapter les cultivars aux conditions climatiques locales.

Privilégier les variétés à faible besoin en froid pour les régions à hivers doux

Gestion des stress thermiques : Irrigation complémentaire en période de canicule et Utilisation de filets d'ombrage si nécessaire

Optimisation de la coloration : Choix de porte-greffes adaptés et Pratiques culturales favorisant l'exposition des fruits à la lumière

2.7. Principales variétés du pommier

2.7.1. Dans le monde

Le choix des variétés de pommiers adaptées à une production commerciale est crucial pour assurer la rentabilité des vergers. Comme le souligne Gautier (2001), il existe une large gamme variétale offrant des potentialités différentes en termes d'adaptation climatique, de résistance aux maladies, de qualité des fruits et de calendrier de production. Cette diversité permet aux producteurs de sélectionner les cultivars les plus appropriés à leurs conditions locales et aux exigences du marché, tout en tenant compte des spécificités agronomiques comme les besoins en froid hivernal ou la compatibilité avec les porte-greffes modernes. L'évolution constante des créations variétales, notamment vers des souches plus résistantes et mieux adaptées aux changements climatiques, offre des perspectives prometteuses pour la pommiculture moderne.

Tableau 02 : Principe variétés du pommier (GAUTIER, 2001).

Type	Variété	Origine	Couleur	Forme
Les variétés précoces	Anna	Palestine	Rouge 	Hétérogène Allogée
	Dorset Golden	Amérique Latine	Jaune 	Arrondie
	Akane	Japon	Rouge 	
	Reine des reinette	France ou Hollande	Bicolore 	Ronde aplatie
	Delbarestivale	France	Bicolore 	Tronconique et régulière

Généralités sur le pommier

Les variétés saison	Elstar	Pays-Bas	Rouge vif foncé 	Aplatie a demi élevée et tronconique réguliers
	Gala	Nouvelle Zélande	Rouge orangé 	Tronconique très régulières
	Red delicious	USA	Rouge moyen a très foncé 	Tronconique et très côtelée
	Golden Delicious	USA	Vert a jaune doré 	Arrondie a tronconique
	Reinette blanche de canada	France	Jaune vert 	Souvent asymétrique et aplatie
Les variétés demies terdives	Idared	USA	Bicolore 	Ronde
	Cox's orange Pippin	Angleterre	Bicolore rouge clair lavé ou strie 	Sphérique et légèrement aplatie
	Braeburn	Nouvelle zélande	Bicolore 	Elevée et irrégulière
Les variétés terdives	Garny Smith	Australie	Vert vif 	Arrondie et tronconique
	Fuji	Japon	Bicolore 	Arrondie et cylindrique

2.7.2. En Algérie

Classée 4ème producteur africain de pommes après l'Afrique du Sud, l'Égypte et le Maroc (**statistiques 2017**), l'Algérie dispose d'un patrimoine variétal riche et diversifié. Les régions montagneuses, notamment les Aurès et le Djebel Amour, abritent des variétés locales comme le 'Pommier de Mahon' et 'Llorca', d'origine espagnole mais introduites historiquement en Oranie.

Le patrimoine pommicole algérien s'est également enrichi de variétés distribuées durant la période coloniale par les pépinières françaises. Selon Sapin (1978), les cultivars dominants étaient alors Granny Smith, Golden Delicious, Starking Delicious et Starkrimson. Aujourd'hui, le paysage variétal a évolué, avec une prédominance de :

Golden Delicious (80% des plantations)

Starkrimson

Red Spur

Richard

L'État algérien a par ailleurs homologué d'autres variétés adaptées aux spécificités régionales, élargissant ainsi l'offre pour les producteurs. Cette diversité, couplée aux potentialités des zones montagneuses, positionne l'Algérie comme un acteur clé de la pommiculture africaine, avec des perspectives de développement liées à l'optimisation variétale et aux techniques culturales modernes.

Tableau 03 : Principales variétés du pommier cultivées en Algérie (CHAOUIA et al, 2003).

Groupe	Variétés
Groupe 1 : besoin en froid (400 à 600 heures)	Liorca, Anna, Dorset golden
Groupe 2 : besoin en froid (600 à 800 heures)	Golden, Reine des reinettes
Groupe 3 : besoin en froid élevé (plus de 800 heures)	Starkrimson

Partie expérimentale

3. Partie expérimentale

3.1 Matériels et Méthodes

3.1.1 Présentation de la zone d'étude

3.1.1.1 Présentation géographique de la wilaya de Khenchela

La wilaya de Khenchela est une région montagneuse et contrastée, Sa géographie physique, caractérisée par de hauts sommets, des forêts denses, des gorges profondes et un climat continental rigoureux, a largement façonné son histoire, son peuplement et ses activités économiques, faisant d'elle une wilaya à la forte identité et au potentiel naturel remarquable. Sa position lui confère un rôle de carrefour entre les hautes plaines semi-arides, le massif montagneux des Aurès et le début des zones sahariennes au sud, elle occupe une Superficie d'Environ 9 715 km², Située entre les latitudes 35° et 35°45' Nord et les longitudes 6°30' et 7°15' Est. La wilaya compte 8 daïras (circonscriptions) et 21 communes, avec Délégations voisines sont : au nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi; au sud, par la wilaya d'El Oued ; à l'ouest, par les wilayas de Batna et de Biskra ; à l'est, par la wilaya de Tébessa (**Figure 03**).



Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Khenchela (Google earth 2025)

Le relief de Khenchela est extrêmement varié et dominé par le massif des Aurès, qui lui donne son caractère. On peut distinguer trois grandes unités topographiques :

La zone montagneuse (Nord et Ouest) : C'est le cœur des Aurès. Elle est caractérisée par des altitudes élevées, des pentes abruptes et des forêts denses, où se trouve Le Mont Chélia (2,328 mètres d'altitude), le plus haut sommet des Aurès et l'un des plus hauts d'Algérie.

Vallées et gorges : Les célèbres Gorges de l'oued El Abiod (dit "Oued Blanc") traversent la région, créant des paysages spectaculaires.

Les hautes plaines (Nord-Est et Est) : Zone de steppes située à une altitude moyenne, utilisée principalement pour le pastoralisme et certaines cultures céréalières.

La zone présaharienne (Sud) : Le relief s'abaisse progressivement vers le sud pour se fondre dans les contreforts du Sahara, avec un paysage plus aride et des formations rocheuses caractéristiques.

Le réseau hydrographique est principalement organisé autour des oueds (cours d'eau temporaires) qui prennent leur source dans les montagnes des Aurès comme Oued El Abiod, Oued Bouhegal, Oued Labiod, et les Barrages : La wilaya compte plusieurs barrages importants pour l'irrigation et l'eau potable, comme le barrage de Babar et le barrage de Bouhmama.

3.1.1.2 Caractérisation climatique

Khenchela connaît un climat très rude en hiver, modéré en été dans les régions montagneuses centrales, modéré en hiver, chaud et sec en été dans les steppes sahraouies du sud, très froid en hiver, sec en été dans les hautes steppes au nord.

Pour caractériser le climat local, une analyse a été réalisée à partir des données enregistrées par la station météorologique d'El Hama, gérée par l'Office National de Météorologie. La période d'étude couvre dix années, de 2014 à 2023, offrant ainsi un jeu de données représentatif pour l'évaluation des paramètres climatiques entrant dans le calcul du bilan.

La température constitue un paramètre physique fondamental dans les écosystèmes aquatiques de surface et terrestres. Elle influence de manière déterminante la répartition des organismes végétaux et animaux et module l'activité physiologique des êtres vivants. Ce facteur exerce également un contrôle sur l'évolution et la transformation de nombreux paramètres chimiques en milieu aquatique, notamment l'oxygène dissous, élément indispensable à la survie des organismes aquatiques. Les fluctuations thermiques impactent tout particulièrement la dynamique des populations de crustacés (Ounissi et Ounissi, 2022).

La **figure 04** illustre l'évolution des températures mensuelles sur une décennie. L'analyse du graphique révèle que le mois de décembre présente les températures les plus basses, avec une moyenne minimale de 3,74 °C. À l'inverse, le mois de juillet se distingue comme la période la plus chaude dans la zone d'étude, affichant une température moyenne maximale de 36,36 °C.

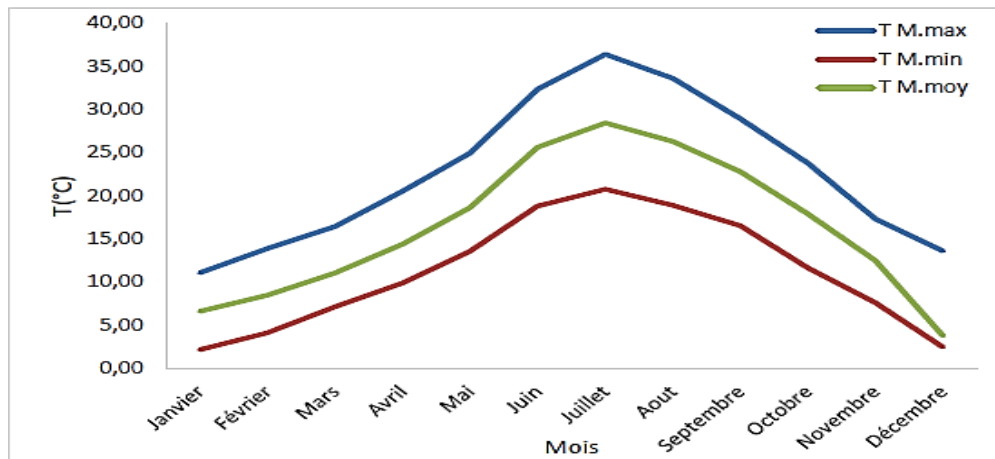


Figure 04: Températures moyennes maximales, moyennes et minimales de la région de Khenchela (2014-2023) -station météorologique d'El Hamma-

Les précipitations, qu'elles se présentent sous forme de pluie, grêle, neige ou toute autre forme de condensation, jouent un rôle primordial dans l'alimentation des aquifères souterrains et influencent directement le régime hydrologique des cours d'eau de la région. L'altitude et l'éloignement de la mer par rapport aux stations d'observation constituent les facteurs déterminants qui régissent la répartition spatio-temporelle des précipitations. La variabilité mensuelle des précipitations est illustrée par la **figure 05**.

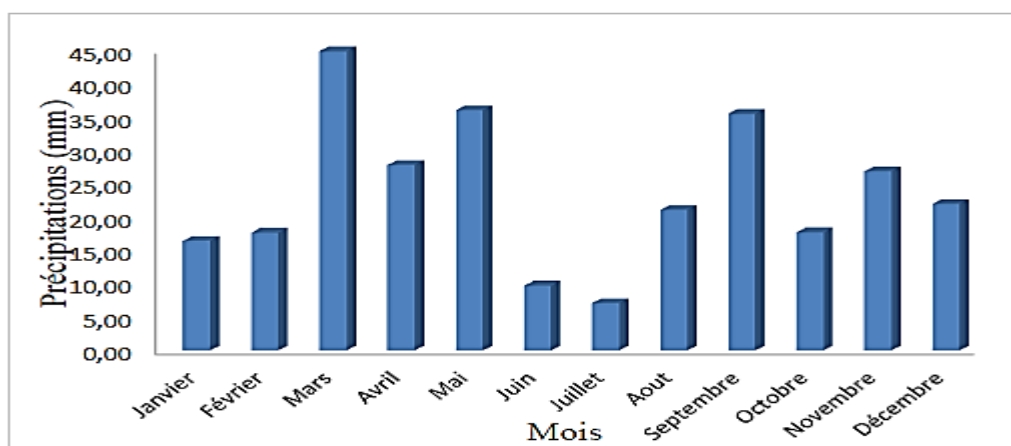


Figure 05: Précipitations moyennes mensuelles de la région de Khenchela (2014-2023) -station météorologique d'El Hamma-

Partie expérimentale

Le mois présentant la plus forte pluviométrie est mars, avec une moyenne de 44,87 mm, tandis que le mois le plus sec correspond à juillet, affichant une moyenne de 7,10 mm. Les diagrammes ombrothermiques offrent une visualisation graphique des interactions entre les températures et les précipitations au cours de l'année, permettant d'identifier les périodes climatiques favorables ou défavorables à la culture du pommier. L'analyse du diagramme ombrothermique de la région de Khenchela révèle que la période sèche s'étend de la mi-mai à la fin du mois d'octobre.

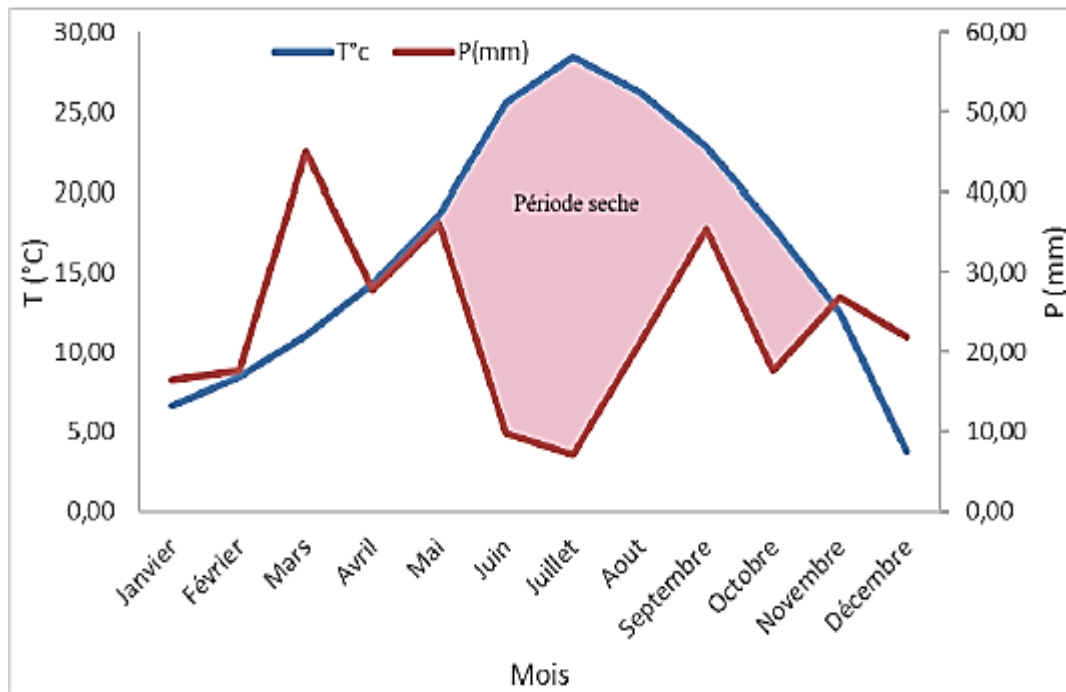


Figure 06 : Diagramme ombrothermique de la région de Khenchela (2014-2023)

-station météorologique d'El Hamma-

3.1.2 Etude statistique

3.1.2.1 Analyse temporelle (évolution dans le temps)

Cette section étudie l'évolution de la superficie, de la production et du rendement (en tonnes par hectare) des vergers de pommier dans la wilaya de Khenchela sur la période de 2013/2014 à 2023/2024, en s'appuyant sur les données du dispositif DSA (Direction des Services Agricoles).

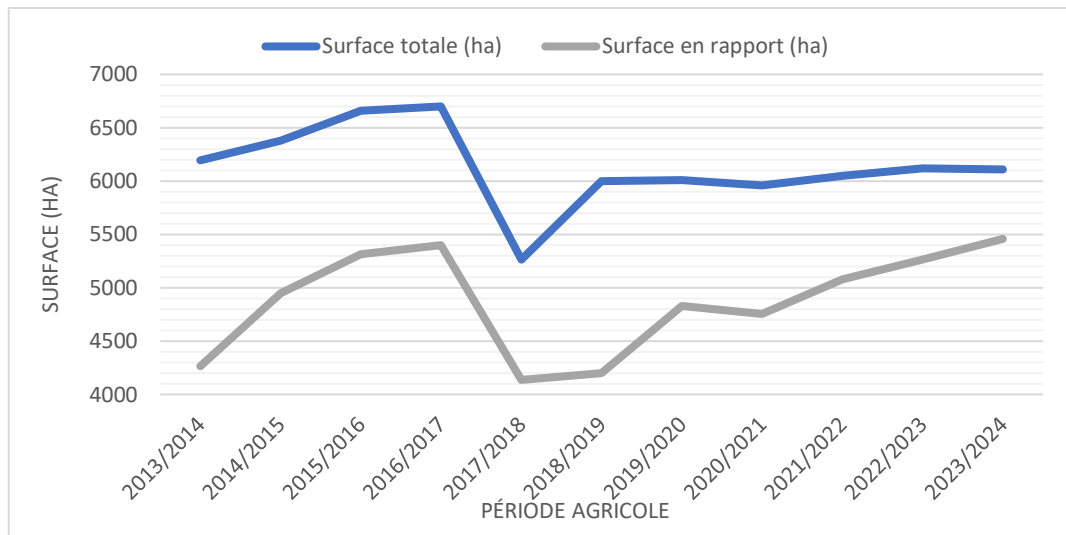


Figure 07 : Évolution de la superficie totale et de la superficie en rapport (ha) du pommier dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.

La superficie totale cultivée a connu une évolution notable entre 2013-2014 et 2023-2024. Elle a débuté à 6300 hectares pour la saison initiale, puis a augmenté au cours des trois années suivantes pour atteindre un pic de 6700 hectares en 2016-2017, soit une hausse de 6.3%. Cependant, cette superficie a subi un recul brutal l'année suivante, lors de la saison 2017-2018, chutant à son niveau le plus bas de 5264 hectares, ce qui représente une baisse sévère de -21.4% par rapport au pic précédent. Par la suite, elle a commencé à se redresser en 2018-2019 pour atteindre 6000 hectares (+14% de reprise par rapport à la saison précédente), et est restée stable à ce niveau pendant trois saisons consécutives. Elle a finalement enregistré une légère amélioration lors des saisons 2022-2023 et 2023-2024 pour se stabiliser à 6111 hectares.

En parallèle, la superficie productive effective a suivi une tendance similaire mais avec des fluctuations plus prononcées. Après avoir commencé à 4947 hectares en 2013-2014, elle a continué à augmenter pour atteindre 5400 hectares en 2016-2017 (+9.2%). Cependant, elle a également souffert d'un effondrement marqué en 2017-2018, reculant à 4136 hectares, ce qui constitue une chute drastique de -23.4%. Après ce recul, elle a connu une légère amélioration en 2018-2019, puis une progression constante au cours des années suivantes. Malgré un léger repli en 2020-2021, elle a poursuivi sa trajectoire ascendante pour atteindre 5458 hectares en 2023-2024, son niveau le plus élevé pour la période d'étude et une augmentation globale de 10.3% depuis le début de la série.

Ainsi, malgré les fortes fluctuations qui ont touché le secteur, particulièrement lors de la saison 2017-2018, tant la superficie cultivée que la superficie productive ont réussi à se redresser et à

progresser sur le long terme. La période se conclut par des niveaux supérieurs à ceux de son début, reflétant la résilience du secteur et sa capacité à surmonter les défis.

L'analyse du ratio entre la superficie productive et la superficie cultivée totale révèle une performance remarquable du secteur. Ce taux était de 78.5% (4947 ha / 6300 ha) lors de la saison de référence 2013-2014. Après avoir connu d'importantes fluctuations durant les années intermédiaires, il est remonté pour atteindre 89.3% (5458 ha / 6111 ha) lors de la dernière saison 2023-2024.

Cette amélioration significative de plus de 10 points de pourcentage démontre une nette augmentation de l'efficacité productive et une meilleure gestion agronomique au fil du temps. Atteindre un tel niveau de performance après la crise sévère de 2017-2018 souligne la résilience et la capacité d'adaptation du secteur.

Production de pommes : La production annuelle de pommes affiche une évolution notable, avec une croissance constante de son volume, bien que ce rythme de progression ait été inégal. Partant de 348 200 qx lors de la campagne 2013-2014, la production a enregistré un bond significatif de 23,8 % pour atteindre 431 082 qx en 2014-2015. La saison suivante (2015-2016) a ensuite connu une hausse spectaculaire de 141,3 %, portant la production à 1 039 876 qx.

Après ce pic, la courbe de production a continué sa progression, mais à un rythme plus modéré et marqué par des fluctuations annuelles, pour atteindre un nouveau sommet de 1 815 460 qx lors de la campagne 2022-2023. Toutefois, la dernière saison (2023-2024) a enregistré un léger recul de -3,9 %, la production s'établissant ainsi à 1 741 988 qx.

Taux de croissance annuel composé (CAGR) estimé à +17,5 %/an sur la période.

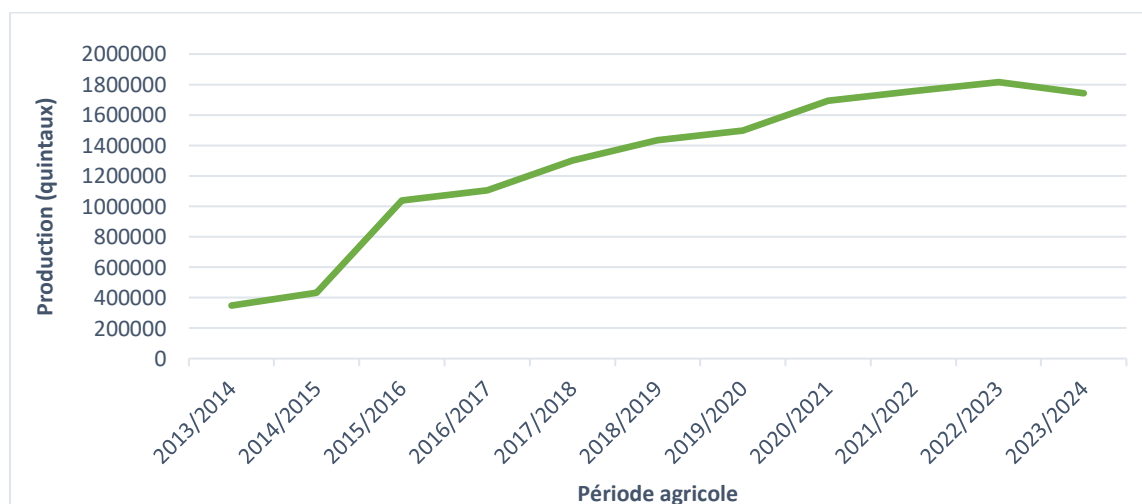


Figure 08 : Évolution de la production de pomme (qx) dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.

Rendement (t/ha)

On observe une augmentation globale du rendement de la campagne 2013-2014 à la campagne 2018-2019, où il est passé de 5, t/ha à 36 t/ha. Cependant, le rythme de cette croissance a varié d'une année à l'autre. La campagne suivante (2019-2020) a connu une baisse du rendement, qui est tombé à 31 t/ha, soit une baisse d'environ 13,9 %.

Par la suite, le rendement a repris sa progression pour atteindre 35,6 t/ha lors de la campagne 2020-2021, affichant une hausse de près de 14,8 % par rapport à l'année précédente. Depuis ce pic, nous observons une nouvelle tendance à la baisse, qui s'est prolongée sur trois campagnes consécutives, pour atteindre un rendement de 31,9 t/ha en 2023-2024, ce qui représente une baisse cumulative d'environ 10,4 % par rapport au pic de 2020-2021.

La moyenne décennale est d'environ 25,4 t/ha.

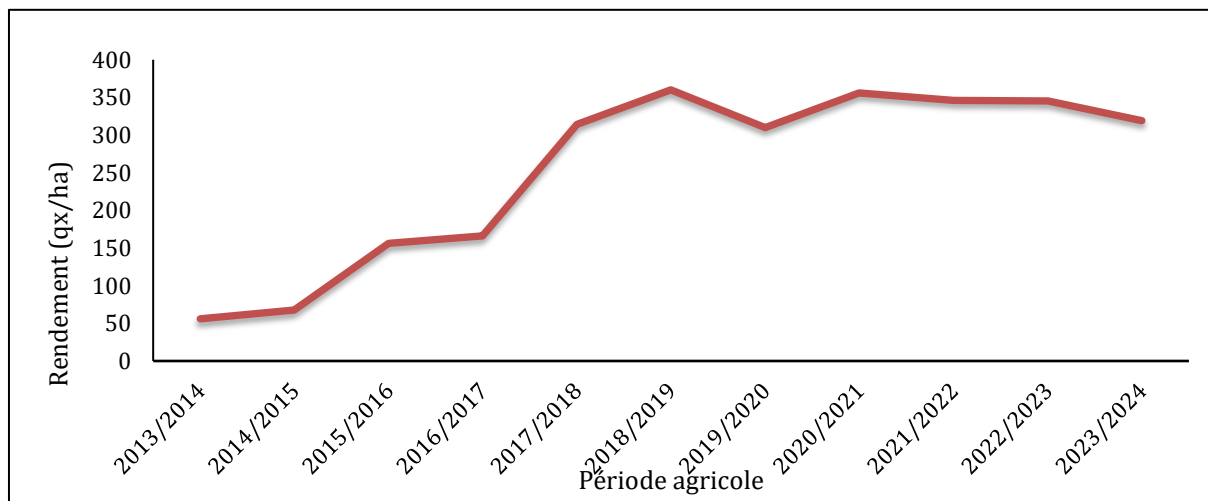


Figure 09 : Évolution du rendement moyen (t/ha) du pommier dans la wilaya de Khenchela entre 2013/2014 et 2023/2024.

3.1.2.2 Analyse spatiale (comparaison entre communes)

La répartition communale de la production (2023)

Les données issues du rapport DSA de Khenchela (2023) illustrent parfaitement la concentration extrême de la production de pommes dans cette wilaya.

Synthèse de la Répartition Spatiale : En analysant les chiffres, on observe une structure très polarisée autour de trois pôles majeurs, qui forment l'épine dorsale de la production wilaya le.

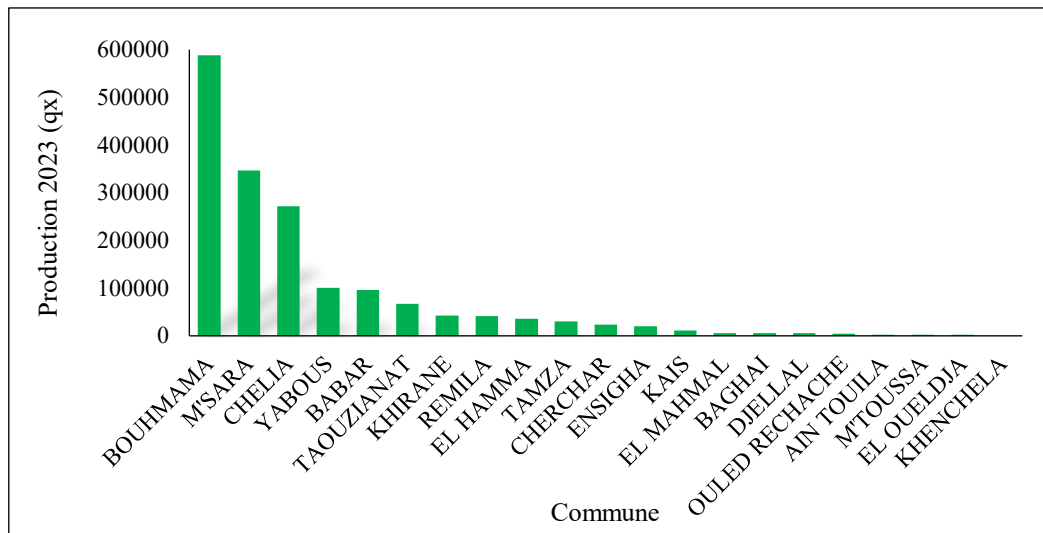


Figure 10 : Histogramme de la production de pomme (qx) par commune dans la wilaya de Khenchela en 2023.

1. Le Cœur Productif (Noyau Dur) : Bouhmama, M'Sara et Chellia

Production combinée : 1 205 295 qx

Part du total départemental : $\approx 69\%$

Ces trois communes sont clairement le moteur de la filière pomme dans la wilaya, avec Bouhmama à elle seule représentant un tiers de la production.

2. La Couronne Intermédiaire (Ceinture Productive) : Yabous, Babar, Taouzianat, Remila, Khiran, El Hamma.

Production combinée : Environ 382 230 qx ($\approx 25\%$ du total, comme indiqué).

Ce second cercle est vital pour la diversification géographique de la production et représente un réservoir de croissance potentielle.

3. La Périphérie Marginalisée : Ain Touila, Tamza, El Ouldja, Kais, Cherchar, Djellal, Ouled Rechache, El Mahmal, Ensigna, Baghaï, et même le chef-lieu Khenchela.

Production : Chacune $< 20\,000$ qx (parfois $< 5\,000$ qx).

Le chef-lieu de wilaya n'étant pas une zone de production significative, cela confirme une spécialisation agricole très marquée sur certains territoires. Ces communes ont un rôle négligeable dans la filière pomme.

Réalisation (par rapport aux objectifs programmés)

Le taux de réalisation des objectifs révèle une fracture nette en trois groupes distincts, reflétant des réalités socio-économiques et logistiques différentes sur le terrain.

1. Communes en Surperformance (> 100%) : Un dynamisme remarquable

- Communes concernées : Bouhmama (150%), Chellia (122%), Yabous (117%).
- Interprétation : Ces résultats exceptionnels peuvent s'expliquer par deux facteurs principaux, souvent combinés :
 - Dynamisme des acteurs locaux : Forte mobilisation des producteurs, adoption de bonnes pratiques, ou présence de coopératives efficaces.
 - Objectifs initialement sous-estimés : Les prévisions n'ont pas anticipé le potentiel réel de ces territoires, peut-être en raison de données incomplètes ou d'une méconnaissance des innovations locales.

→ Recommandation : Étudier les facteurs de succès de ces communes (Bouhmama en priorité) pour éventuellement les répliquer ailleurs. Pour la prochaine campagne, il conviendra de réviser les objectifs à la hausse pour qu'ils soient plus ambitieux et réalistes.

2. Communes en Réalisation Conforme (≈ 100%) : Une planification fiable

- Communes concernées : Remila (99%), M'Toussa (100%).
- Interprétation : Ces communes démontrent une adéquation parfaite entre la planification et l'exécution. Cela indique :
 - Une bonne connaissance du terrain par les planificateurs.
 - Une stabilité dans les conditions de production (climat, accès aux ressources).
 - Une gestion locale probablement efficace et prévisible.

→ Recommandation : Maintenir le cap et considérer ces communes comme des références en matière de fiabilité opérationnelle.

3. Communes en Faible Réalisation (< 50%) : Une situation critique nécessitant une enquête

- Communes concernées : Babar (4%), Ain Touila (3%), Cherchar (11%), Djellal (10%). La commune de Kais (71%), bien que moins critique, reste en deçà des attentes.
- Interprétation : Des écarts aussi importants (particulièrement ceux inférieurs à 15%) ne sont pas anodins et signalent des problèmes structurels ou conjoncturels majeurs :
- Aléas climatiques sévères : Gel, grêle, sécheresse localisée ayant détruit une partie de la production.
- Problématiques sanitaires : Propagation de maladies (végétales ou animales) ou de parasites non maîtrisés.
- Déficits d'infrastructures : Manque d'accès à l'eau, problèmes d'irrigation, routes en mauvais état entravant l'écoulement des produits.
- Facteurs socio-économiques : Manque de main-d'œuvre, désintérêt pour la filière, ou difficultés d'accès au financement et aux intrants

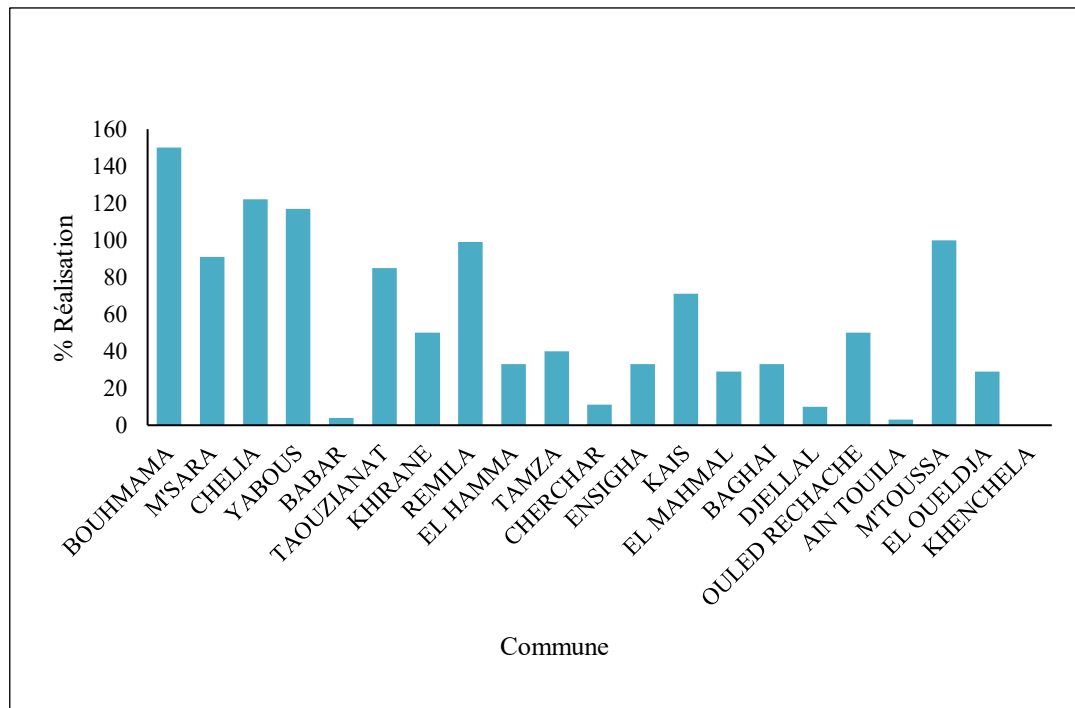


Figure11 : Histogramme du taux de réalisation (%) de la production de pomme par commune dans la wilaya de Khenchela en 2023.

3.1.2.3 Analyse descriptive des variétés cultivées dans la wilaya de Khenchela

La répartition variétale

La structure du verger de Khenchela est caractérisée par une concentration très forte sur un nombre restreint de variétés, ce qui présente à la fois des avantages en termes de commercialisation et des risques agronomiques et économiques.

1. Dominance Écrasante d'une Variété "Leader"

➤ **Golden Delicious** : 62,9%

- **Statut** : Variété incontournable, leader du marché.
- **Atouts** : Excellente conservation, polyvalence (consommation en frais, transformation), bonne productivité et reconnaissance mondiale des consommateurs.
- **Risque** : Cette hyper-spécialisation rend le verger extrêmement vulnérable. Une baisse de la demande, une crise de prix spécifique à cette variété ou l'émergence d'une maladie ciblant la Golden Delicious pourrait avoir des conséquences désastreuses sur l'ensemble de la filière.

2. Trio des Variétés "Principales" : Plus de 95% de la Surface

Golden Delicious, Gala et Délicieuse représentent ensemble 95,5% de la superficie.

- **Gala (17,1%)** : Variété précoce et très prisée sur le marché. Sa présence est un signe positif de modernisation et de réponse à la demande pour des pommes plus précoces et sucrées.
- **Délicieuse (Starkrimson/Red Delicious) (15,5%)** : Variété à la couleur rouge vif et à la forme caractéristique. Bien que sa popularité ait décliné au niveau international au profit de variétés plus croquantes, elle reste une valeur sûre sur de nombreux marchés.

Ce trio forme l'épine dorsale de la production. Il est bien calibré pour le marché avec une variété de base (Golden), une variété précoce (Gala) et une variété colorée (Délicieuse).

3. Variétés "Mineures" ou "de Niche"

- **Charden (4,1%)** : Cette variété, souvent appréciée pour sa bonne conservation et sa résistance, trouve une place modeste mais significative.
- **Royal (0,3%) et Top Red (0,2%)** : Ces variétés sont quasiment anecdotiques en termes de superficie. Leur présence est marginale.

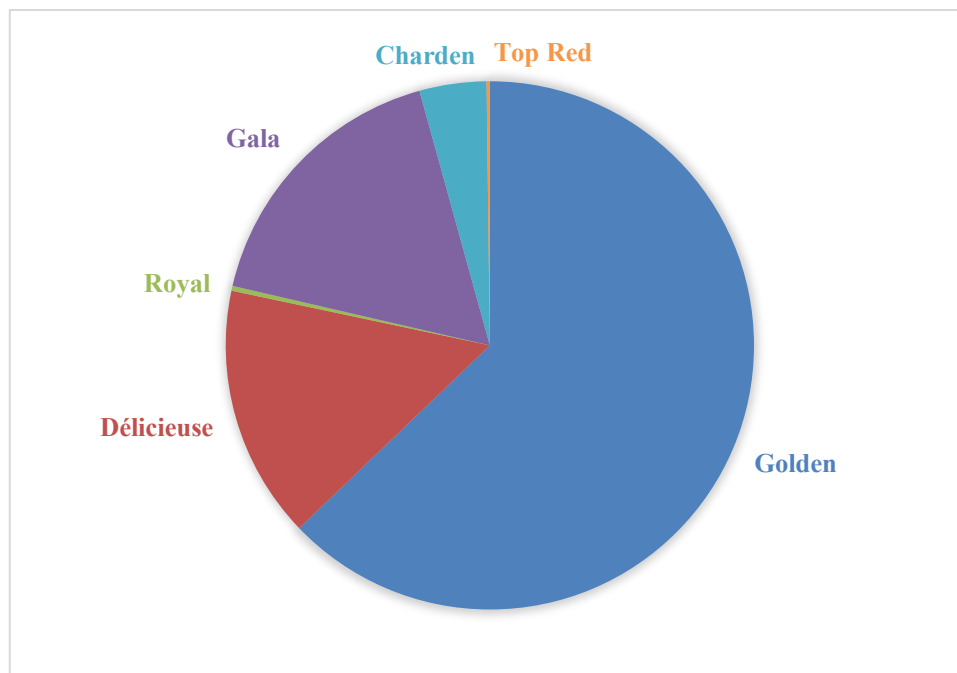


Figure12 : Répartition des variétés de pommier dans la wilaya de Khenchela en 2023.

3.1.3. ANOVA à deux facteurs (année et site) des variables mesurées

L'ensemble des données récupérées des services agricole de la wilaya de Khenchela sont exposées à une analyse de la variance à deux facteurs.

Effet site est très hautement significatif sur les trois paramètres mesurés, effet année est non significatif sur la surface consacrée au pommier, significatif sur la production et très hautement significatif pour la productivité.

3.1.3.1 Production

L'ANOVA à deux facteurs (**Tableau 04**) révèle que l'effet site est très hautement significatif ($p \leq 0,0001$) sur la production de pomme, tandis que l'effet année est significatif ($p \approx 0,015$). Cela confirme que la production varie fortement entre les communes, ce qui traduit une polarisation territoriale autour de quelques zones dominantes. L'effet significatif de l'année traduit quant à lui l'impact des conditions interannuelles (pluviométrie, gel printanier, sécheresse) et de l'alternance physiologique du pommier sur les niveaux de production. Ainsi, même si la superficie est restée stable, les volumes produits connaissent des fluctuations annuelles notables.

Tableau 04 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre production du pommier

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carrés moyens	Fobs	p
Effet site	4,71E+12	19	2,48E+11	131,57	0,000000
Effet année	3,71E+10	8	4,63E+09	2,46	0,015495
Erreur	2,86E+11	152	1,88E+09		

3.1.3.2 Surface consacrée au pommier

L'analyse de la variance (**Tableau 05**) a montré que l'effet site est très hautement significatif ($p \leq 0,0001$) sur la superficie du pommier, tandis que l'effet année n'est pas significatif ($p = 0,16$).

Cela signifie que les superficies diffèrent nettement d'une commune à l'autre, confirmant l'existence de pôles de production spécialisés (Bouhmama, M'Sara, Chellia). En revanche, la superficie totale consacrée au pommier dans la wilaya est restée globalement stable au cours des années étudiées, ce qui indique une filière entrée en phase de maturité plutôt que

d'expansion. Ces résultats sont cohérents avec les données descriptives qui montrent une stabilisation autour de 6 000 ha.

Tableau 05 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre surface agricole occupée par le pommier.

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carrés moyens	Fobs	p
Effet site	35498567	19	1868346	256,877	0,000000
Effet année	87425	8	10928	1,502	0,160634
Erreur	2,86E+11	152	1,88E+09		

3.1.3.3 Productivité (rendement t/ha)

L'analyse statistique (**Tableau 06**) a mis en évidence que l'effet site est très hautement significatif ($p \leq 0,0001$) et que l'effet année est également très hautement significatif ($p \leq 0,0001$) sur la productivité du pommier.

Cela signifie que le rendement varie à la fois selon la commune et selon l'année. Les différences spatiales s'expliquent par les conditions pédoclimatiques (altitude, sols, disponibilité en eau, techniques culturales), tandis que la variabilité interannuelle reflète l'influence directe des conditions climatiques (pluviométrie, températures, stress hydrique). La tendance observée est une forte progression du rendement jusqu'en 2018/2019, suivie d'une stabilisation autour de 32–35 t/ha, traduisant l'atteinte d'un optimum technique local.

Tableau 06 : Résultat d'ANOVA à deux facteurs : effet site et effet année du paramètre productivité du pommier

Source de variation	Somme des carrés	ddl	Carrés moyens	Fobs	p
Effet site	2312809	19	121727	61,774	0,000000
Effet année	74823	8	9353	4,746	0,000033
Erreur	297547	151	1971		

3.1.3.4 Effet moyen du site (commune) sur les paramètres mesurés

A) Production

La **figure (13)** montre que les communes Bouhmama, M'Sara et Chellia se distinguent nettement avec les niveaux de production les plus élevés, dépassant largement les autres. Elles représentent le cœur productif de la filière pomme dans la wilaya. Des communes

intermédiaires comme Yabous, Babar et Taouzianat présentent des productions modérées, tandis que le reste des communes reste marginal.

Cela confirme que la variabilité spatiale de la production est très marquée et que la filière est géographiquement polarisée.

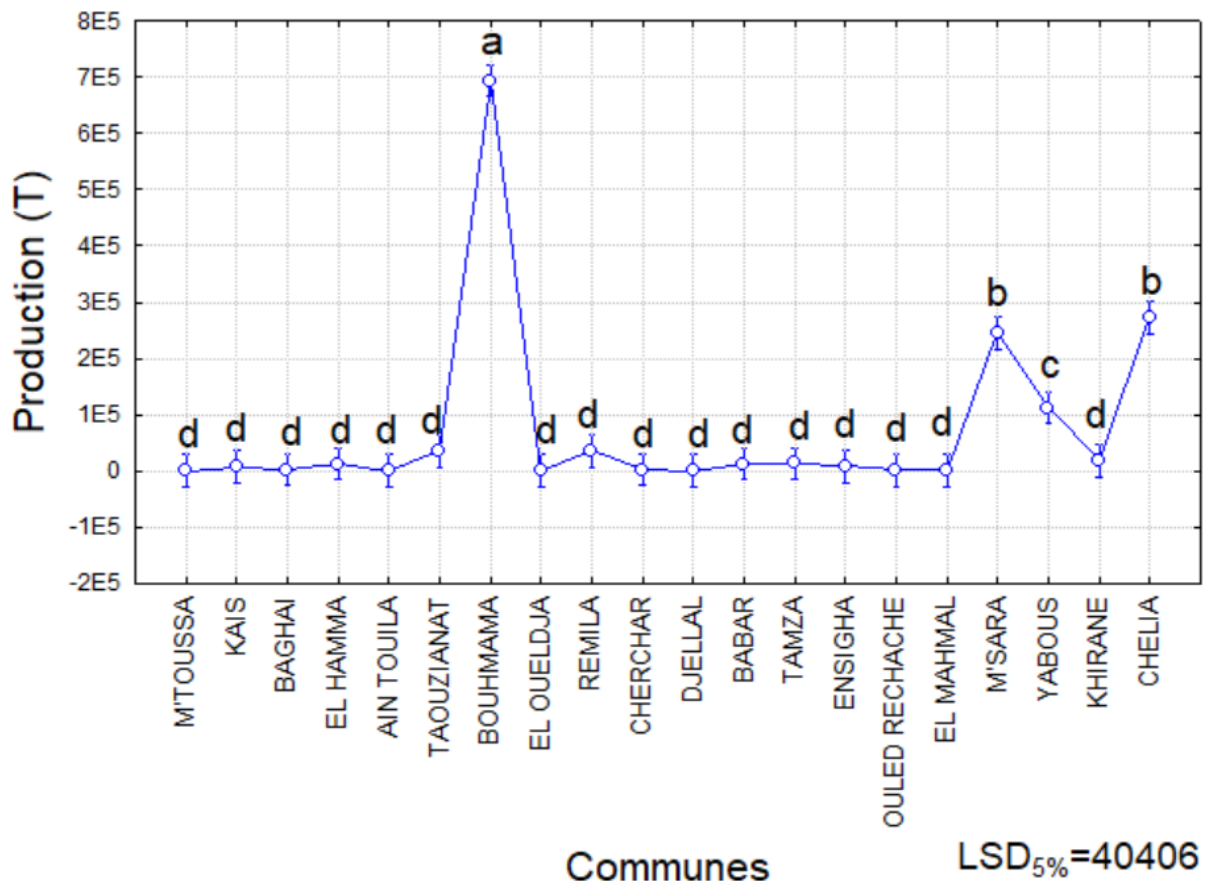


Figure 13 : Effet site (commune) sur la production en tonnes du pommier dans la wilaya de Khenchela

B) Surface

L'effet site est également visible pour les superficies : certaines communes disposent de surfaces plantées beaucoup plus étendues (Bouhmama, M'Sara), alors que d'autres n'ont que de petites superficies.

Ceci traduit une inégale répartition des vergers, où seules certaines communes ont bénéficié des extensions massives de plantation.

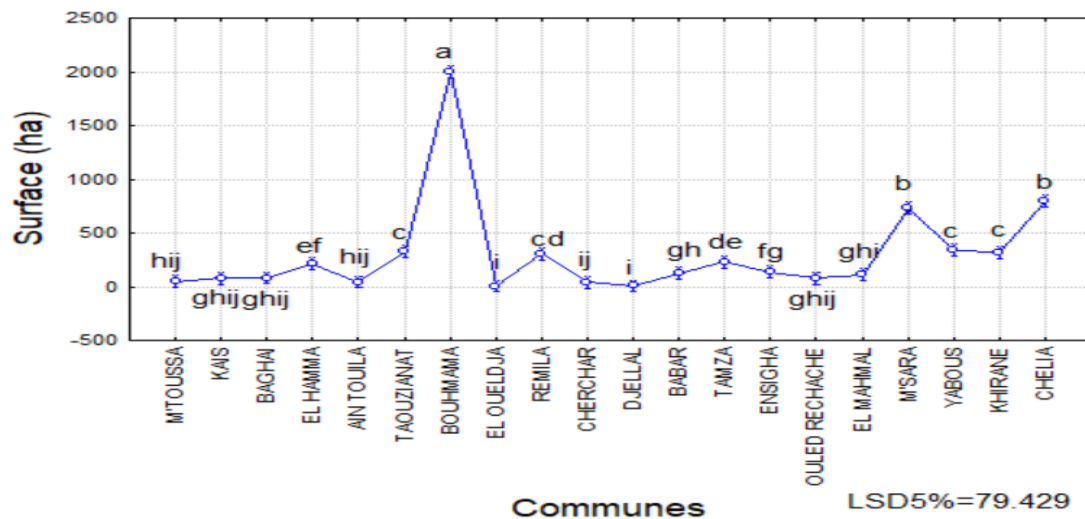


Figure 14 : Effet site (commune) sur la surface en hectares du pommier dans la wilaya de Khenchela

C) Productivité

La **figure (15)** montre que les rendements sont plus élevés dans certaines communes (ex. Bouhmama, Chellia), traduisant une meilleure maîtrise technique et des conditions écologiques favorables. D'autres communes affichent des rendements plus faibles, ce qui témoigne de contraintes techniques ou pédoclimatiques.

La variabilité spatiale du rendement confirme que la localisation influe directement sur la performance productive.

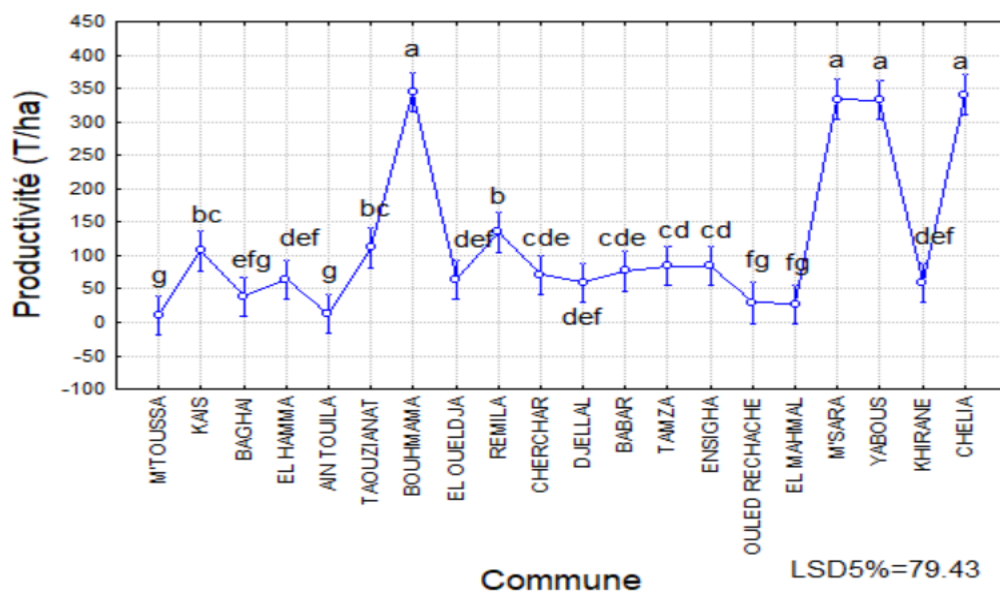


Figure 15 : Effet site sur la productivité en tonnes. ha⁻¹ du pommier dans la wilaya de Khenchela

3.1.3.5 Effet moyen de l'année sur les paramètres mesurés

A) Production

La **figure (16)** indique une tendance haussière de la production au fil des années, culminant en 2022/2023, avant une légère baisse en 2023/2024.

Cela reflète la mise en production progressive des vergers et l'amélioration des techniques culturales, mais aussi l'impact des conditions climatiques interannuelles.

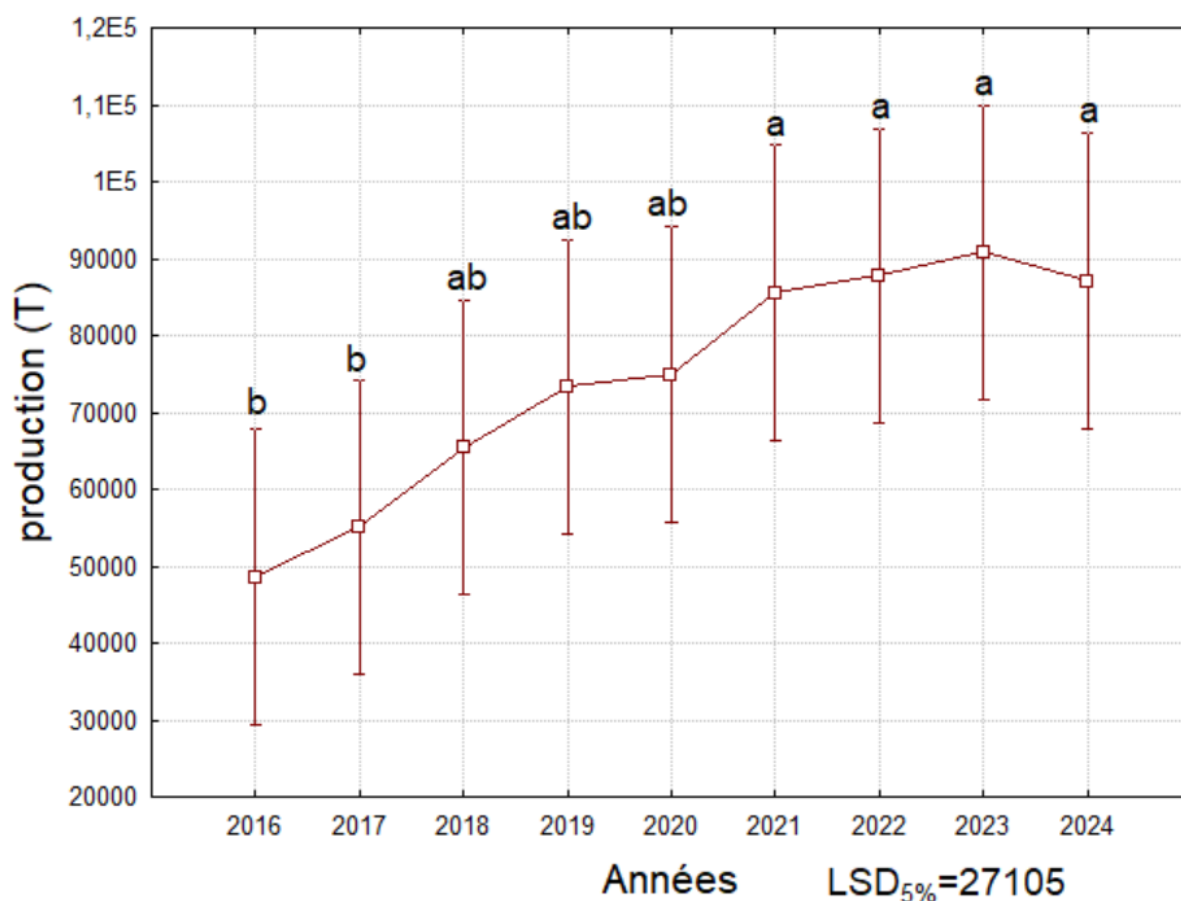


Figure 16 : Effet de l'année sur la production en tonnes du pommier dans la wilaya de Khenchela.

B) Surface

La surface plantée reste relativement stable d'une année à l'autre **figure (17)**, avec de faibles variations.

Ce résultat est cohérent avec l'ANOVA qui a montré que l'effet année n'est pas significatif sur la superficie.

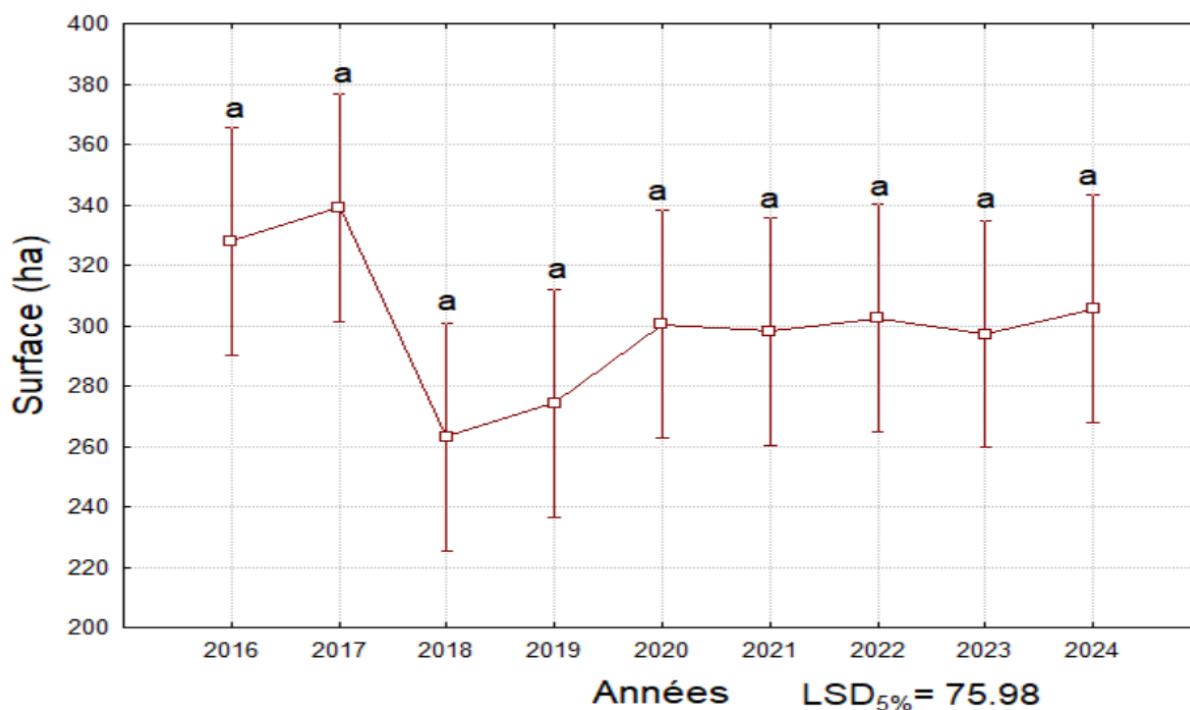


Figure 17 : Effet de l'année sur la surface en hectares du pommier dans la wilaya de Khenchela

C) Productivité

La **figure (18)** révèle une augmentation régulière du rendement entre 2013 et 2018, atteignant un maximum (36 t/ha), puis une stabilisation autour de 32–35 t/ha.

L'effet année est donc marqué, confirmant l'amélioration technique suivie d'un plateau correspondant à l'atteinte d'un optimum local.

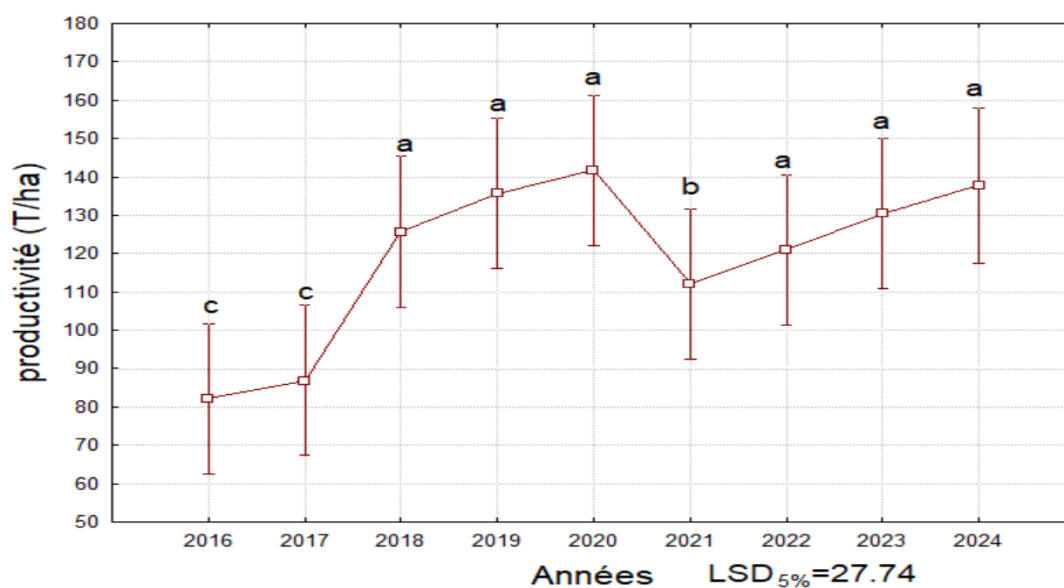


Figure 18 : Effet de l'année sur la productivité en Tonnes.ha⁻¹ du pommier dans la wilaya de Khenchela

3.1.3.6 Analyse de la composante principale

L'analyse en composantes principales a montré que le cercle de corrélation (**Figure 19**) sur les deux premiers axes factoriels F1 et F2 exprime 99,56 % de la variabilité totale, dont l'axe F1 explique à lui seul 89,85 % de la variance et l'axe F2 seulement 9,71 %. La distribution des paramètres mesurés sur ce plan factoriel a permis de révéler deux grandes tendances. La surface et la production sont fortement et positivement corrélées entre elles et avec l'axe F1, ce qui traduit que les communes disposant des superficies les plus importantes sont également celles qui enregistrent les productions les plus élevées. En revanche, la productivité est corrélée négativement à l'axe F1 et faiblement à l'axe F2, traduisant une opposition nette entre le volume global de production (lié à la superficie) et l'efficacité productive (rendement à l'hectare). Ainsi, les grandes zones productrices ne sont pas nécessairement les plus performantes en termes de rendement.

La répartition des individus sur le plan factoriel a permis de distinguer trois groupes de communes. Le premier groupe est représenté par Bouhmama, qui se trouve isolée et corrélée négativement à l'axe F1, traduisant sa forte spécialisation avec des superficies très étendues et une production largement supérieure à la moyenne. Le second groupe regroupe M'Sara, Chellia et Yabous, situés également du côté négatif de F1 mais moins extrêmes, ce qui indique des superficies et des productions importantes, mais moindres par rapport à Bouhmama. Le troisième groupe est constitué de l'ensemble des autres communes, regroupées du côté positif de F1, qui se caractérisent par des superficies et des productions modestes. Certaines de ces communes présentent cependant de meilleures productivités relatives, confirmant que les faibles superficies ne signifient pas toujours de faibles rendements.

La projection des paramètres (**Figure 20**) sur les individus confirme cette différenciation : Bouhmama est caractérisée par une production et une surface très élevée, Chellia et M'Sara par des performances intermédiaires mais stables, et la majorité des autres communes par des niveaux faibles de production malgré parfois des rendements corrects. L'ACP met donc en évidence une forte polarisation de la filière autour de quelques communes dominantes, ainsi qu'une opposition entre l'extension des superficies et l'optimisation de la productivité, ce qui traduit la nécessité d'orienter les politiques agricoles vers une meilleure valorisation des rendements dans les zones à potentiel.

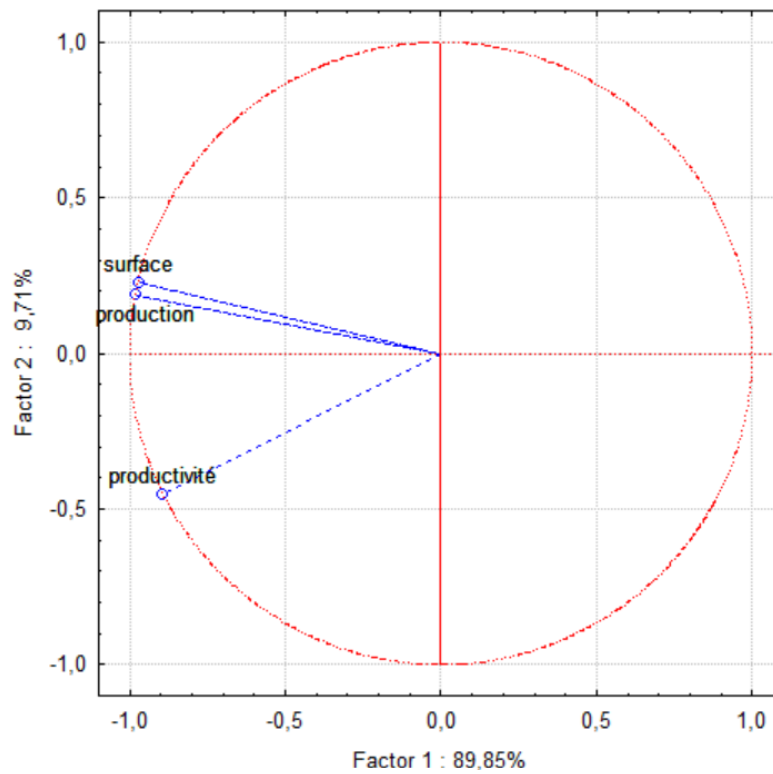


Figure 19 : Cercle de corrélation des paramètres (surface, production et productivité) du pommier sur le plan factoriel F1–F2.

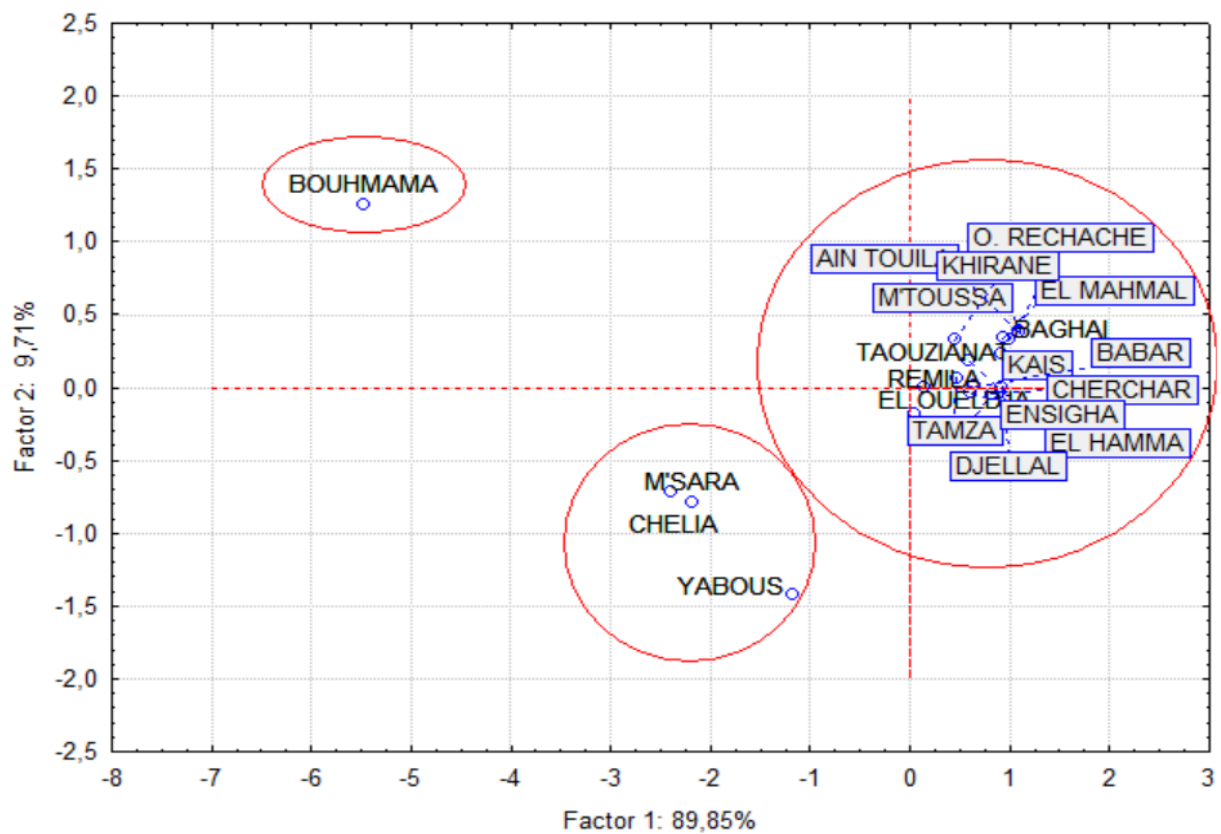


Figure 20 : Projection des communes de la wilaya de Khenchela sur le plan factoriel F1–F2 (ACP des paramètres du pommier).

3.1.3.7 Dendrogramme de la classification hiérarchique des communes productrices de pomme dans la wilaya de Khenchela.

L'analyse de classification hiérarchique réalisée sur les communes productrices de pomme dans la wilaya de Khenchela (**Figure 21**), basée sur la distance euclidienne et la méthode de Ward, a permis de distinguer trois grands groupes présentant des niveaux de similarité variables.

Le premier groupe est formé exclusivement par la commune de Bouhmama, qui se trouve isolée du reste des communes en raison de ses superficies et de sa production très élevées. Cette commune constitue à elle seule un pôle de production majeur, différent de toutes les autres.

Le deuxième groupe regroupe les communes de M'Sara, Chellia et Yabous, qui se rapprochent par leurs niveaux relativement élevés de production et de superficies. Ce sous-ensemble traduit l'existence de pôles secondaires de production présentant des caractéristiques intermédiaires par rapport à Bouhmama et aux autres communes.

Enfin, le troisième groupe rassemble l'ensemble des autres communes (Remila, Taouzianat, Khirane, Tamza, Babar, El Hamma, Ensigna, Kais, El Mahmal, O. Rechache, Cherchar, Baghai, Ain Touila, Djellal et Mtoussa), qui se caractérisent par des niveaux de production plus faibles et des superficies limitées. À l'intérieur de ce groupe, une certaine structuration interne apparaît, distinguant de petits sous-groupes de communes présentant des profils proches.

Ces résultats confirment la polarisation géographique de la filière pomme dans la wilaya de Khenchela : d'un côté Bouhmama, véritable commune locomotive, ensuite un noyau de communes intermédiaires (M'Sara, Chellia, Yabous), et enfin la majorité des autres communes faiblement productives. Cette classification hiérarchique illustre clairement les disparités spatiales déjà mises en évidence par l'ANOVA et l'ACP, et met en évidence que seules quelques communes assurent la majeure partie de la production régionale.

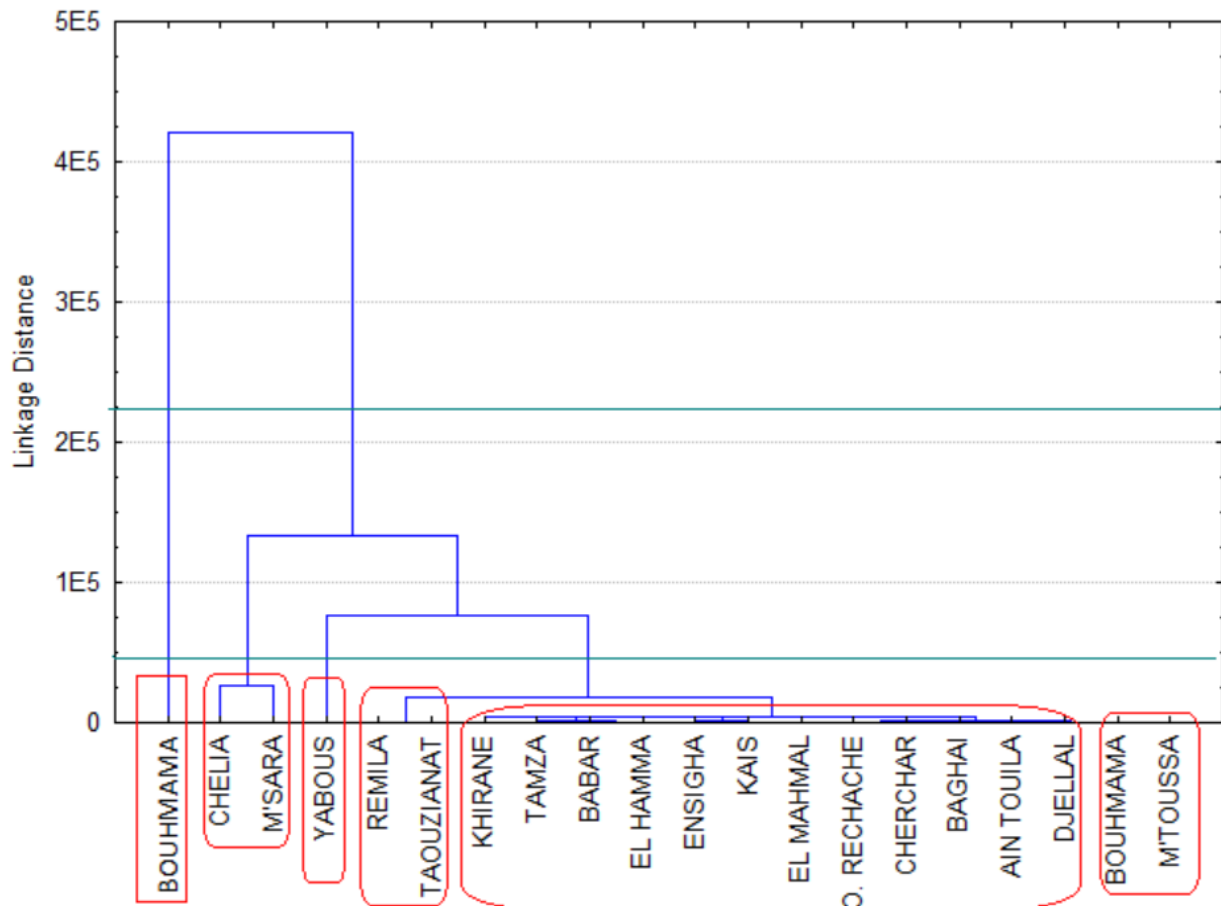


Figure 21 : L'analyse de classification hiérarchique réalisée sur les communes productrices de pomme dans la wilaya de Khenchela

3.2. Discussions

L'analyse globale de l'évolution de la culture du pommier dans la wilaya de Khenchela révèle une dynamique spatio-temporelle marquée par des fluctuations importantes liées à la fois à des facteurs climatiques, techniques et socio-économiques. Sur le plan temporel, la chute brutale de la superficie cultivée observée durant la campagne 2017-2018, suivie d'une reprise progressive, traduit un déséquilibre conjoncturel plutôt qu'un désintérêt structurel pour la filière. Cette rupture s'apparente à l'effet d'un choc externe ayant temporairement perturbé l'équilibre productif de la région.

Bien que les références bibliographiques sur ce sujet soient rares, notre travail présente un caractère original puisqu'il constitue la première étude de suivi spatio-temporel de la filière

pommicole dans la wilaya de Khenchela. De ce fait, aucune comparaison directe avec des travaux antérieurs n'a pu être effectuée, ce qui renforce la valeur exploratoire et descriptive de cette recherche.

Plusieurs éléments peuvent expliquer ce recul ponctuel. Les conditions climatiques défavorables, notamment la sécheresse sévère enregistrée entre 2016 et 2017, ont provoqué un déficit hydrique important, entraînant l'abaissement du niveau des nappes phréatiques et affaiblissant les vergers. Les jeunes arbres, particulièrement vulnérables, ont subi un taux de mortalité élevé en raison de leur enracinement superficiel, rendant difficile la résistance au stress hydrique. À cela s'ajoutent les gelées tardives exceptionnelles du printemps 2017, survenues en pleine période de floraison et de nouaison, ayant causé la destruction d'une grande partie des fleurs et des jeunes fruits. Ces phénomènes ont fortement compromis la production annuelle, tandis que certaines superficies ont pu être temporairement reclassées comme non productives.

L'hypothèse de crises sanitaires ne peut également être écartée. Des infestations parasitaires ou des maladies fongiques peuvent avoir contribué à l'effondrement ponctuel de la productivité avant la mise en œuvre de programmes de lutte et de contrôle phytosanitaire. Par ailleurs, la modernisation progressive des vergers, avec l'arrachage des arbres âgés et peu productifs en vue de les remplacer par des variétés à haut rendement, pourrait avoir réduit temporairement la superficie cultivée avant de générer, à moyen terme, une remontée des surfaces et des rendements. Enfin, certaines anomalies statistiques dans la collecte des données, notamment durant les années de transition administrative, peuvent expliquer une partie de la baisse apparente enregistrée.

La reprise observée après 2018 témoigne d'une phase de redynamisation de la filière pommicole. Elle est probablement liée à l'amélioration des conditions climatiques, à la généralisation de l'irrigation localisée, ainsi qu'à la réactivité des agriculteurs et des services

techniques qui ont procédé à la replantation des vergers sinistrés. Les programmes de soutien public, les subventions pour la modernisation des exploitations et la diffusion des techniques d'irrigation au goutte-à-goutte ont joué un rôle déterminant dans ce redressement. Ces efforts conjugués ont permis de stabiliser la production à un niveau plus soutenu, traduisant une phase de consolidation technique et structurelle du secteur.

Sur le plan de la productivité, la dynamique observée dans la wilaya de Khenchela correspond à un cycle typique de développement agricole. La première phase, caractérisée par une croissance rapide, reflète l'efficacité de l'adoption de pratiques modernes telles que la fertilisation raisonnée, la taille d'entretien, ou encore la maîtrise de l'irrigation localisée. Ces innovations ont permis d'améliorer la vigueur des arbres, la qualité des fruits et le rendement moyen à l'hectare. Cependant, la stabilisation observée à partir de 2018 semble indiquer l'atteinte d'un plafond technique local, où les gains supplémentaires deviennent limités par les conditions pédoclimatiques spécifiques de la région. Les sols calcaires, la faible pluviométrie et les amplitudes thermiques élevées constituent autant de facteurs contraignants qui restreignent le potentiel maximal de production, malgré la mise en œuvre des meilleures pratiques disponibles.

L'analyse spatiale met en évidence une forte hétérogénéité territoriale dans la répartition de la production. Les communes de Bouhmama, M'Sara et Chellia représentent les pôles de production majeurs de la wilaya. Leur altitude élevée, souvent comprise entre 1000 et 1500 mètres, crée un microclimat favorable au pommier. Ce contexte climatique, marqué par des hivers froids permettant la satisfaction du besoin en froid physiologique, des précipitations plus abondantes et des nuits estivales fraîches, contribue à une fructification optimale et à une qualité organoleptique supérieure des fruits. Ces zones bénéficient également d'une longue tradition arboricole et d'un encadrement technique plus structuré, ce qui renforce leur position dominante.

À l'inverse, les communes situées dans les zones de basse altitude, telles que les vallées intermontagnardes et les plaines périphériques, présentent une production plus limitée. Les températures hivernales y sont insuffisamment basses pour induire une bonne vernalisation, tandis que les étés chauds et secs imposent un stress hydrique sévère. Ces conditions climatiques défavorables, associées à une spécialisation agricole tournée vers d'autres cultures (céréales, oliviers, fourrages), expliquent la faible contribution de ces zones à la production pommicole régionale. La ville de Khenchela, à vocation essentiellement urbaine, se distingue également par une absence notable d'activité agricole. Ce contraste illustre parfaitement le rôle déterminant du relief et des microclimats dans la structuration spatiale de l'activité arboricole au sein d'un même territoire.

Enfin, l'analyse descriptive des variétés cultivées dans la wilaya montre une nette prédominance de la variété *Golden Delicious*, qui occupe près des deux tiers des superficies plantées. Cette variété, d'origine américaine, s'est imposée par sa remarquable adaptabilité aux conditions climatiques de l'Est algérien, sa productivité élevée, sa bonne aptitude à la conservation et sa forte demande sur le marché. Les variétés *Gala* et *Starkrimson Delicious* complètent la filière, apportant une diversification commerciale appréciable. Toutefois, cette homogénéité variétale comporte un risque agronomique important, en particulier face aux aléas climatiques et aux maladies spécifiques à certaines lignées génétiques. Une diversification variétale plus équilibrée, intégrant des cultivars résistants et adaptés aux microclimats locaux, représenterait une voie stratégique pour renforcer la résilience de la filière pommicole de Khenchela.

Conclusion

Conclusion

Cette étude, réalisée au sein du Service des Statistiques de la Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya de Khenchela, a permis de suivre et d'analyser l'évolution spatio-temporelle de la culture du pommier sur une période de dix ans. Elle s'est appuyée sur les données statistiques collectées auprès des différentes antennes locales de la DSA, couvrant l'ensemble du territoire de la wilaya. Les zones concernées, bien que soumises à un climat semi-aride marqué par des hivers rigoureux, des printemps pluvieux et des étés chauds et secs, se distinguent par un potentiel arboricole important, notamment pour la production pommicole.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des disparités notables entre les communes de la wilaya, tant en termes de superficies plantées que de niveaux de productivité. Ces différences s'expliquent principalement par les contrastes pédoclimatiques, l'altitude, la disponibilité en eau d'irrigation, ainsi que par le degré d'encadrement technique et l'expérience des producteurs. Les communes de Bouhmama, M'Sara et Chellia se sont révélées les plus performantes, tandis que d'autres zones demeurent marginales, soit en raison de conditions écologiques moins favorables, soit à cause d'une orientation agricole différente.

L'analyse temporelle a également montré des fluctuations importantes dans la superficie et le rendement des vergers, marquées notamment par une baisse significative durant la campagne 2017-2018, suivie d'une phase de redressement. Cette évolution traduit la sensibilité de la filière pommicole aux aléas climatiques (sécheresse, gelées tardives) mais aussi la capacité de résilience du secteur, soutenue par les efforts de replantation, la modernisation des vergers et l'adoption de techniques agricoles améliorées.

Malgré l'absence de références bibliographiques locales, due au caractère original et inédit de cette étude, ce travail constitue une première tentative de suivi statistique structuré de la filière pommicole dans la wilaya de Khenchela. Il offre ainsi une base de données précieuse pouvant

servir de référence pour des études futures et pour l'élaboration de stratégies de développement adaptées aux spécificités agroclimatiques de la région.

L'évolution globalement positive observée ces dernières années témoigne d'une meilleure prise de conscience des producteurs, d'une diffusion progressive des techniques modernes et d'un accompagnement institutionnel plus efficace. Toutefois, pour renforcer la durabilité et la compétitivité de la filière, il apparaît nécessaire de poursuivre les efforts de diversification variétale, d'amélioration de la gestion de l'eau et de valorisation économique des productions locales.

Enfin, il serait souhaitable de mettre en place un système de suivi continu et documenté des facteurs influençant la production (climat, maladies, pratiques culturales, politiques de soutien), afin d'offrir aux chercheurs, aux décideurs et aux agriculteurs une base de connaissances fiable pour anticiper les fluctuations, améliorer les performances et consolider la place du pommier comme culture stratégique dans la wilaya de Khenchela et plus largement en Algérie.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

A

Anonyme. (2002). Statistique agro. Ministère d'agriculture, 3p Disponible sur <http://locust.cirad.fr>.

Anonyme. (2002). Guide technique à l'usage des techniciens et des vulgarisateurs, Création et conduite d'un verger de pommier. Institut technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne Tessala El - Merdja Birtouta -Alger, 120p.

B

Boré J et Fleckinger J. (1997). Pommier à cidre, variétés de France. INTRA : p11-12, 771.

Bretaudeau J. (1975). Atlas d'arboriculture fruitière, Vol 1, Lavoisier : p 245.

Bretaudeau J. (1978). Atlas d'arboriculture fruitière. Vol 2, Baillière. Paris : p 173

C

Chaouia C, Mimouni N, Trabelsi S, Benrebiha F, Boutekrabt er Coutanceau M. (1962). Arboriculture fruitière, Technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuse : Ed.

F

F.A.O. (2013). Importance de la culture du pommier par zone de production.

D.S.A. (2024). Service statistique.

G

Gallais A et Hubert B. (1995). Amélioration des espèces végétales cultivées.

Gautier M. (1993). La culture fruitière, vol 1 : p 594.

Gautier M. (1987). La culture fruitière, Les productions fruitières, Vol 2 : p 452.

Gautier M. (2001). La culture fruitière, Les productions fruitières, Vol 2 : p 665.

Guetta F. (2009). Entomofaune, Impact Economique et Bio- Ecologie des principaux.

Google earth. (2025).

K

Khaled M. (2017). Index des produits phytosanitaires à usage agricole, Ministère de l'Agriculture, du développement rural et de pêche, Alger : p 230.

L

Lugeon A. (1963). Arboriculture fruitière moderne, 5eme édition : p25.

M

Massonnet C. (2004). Variabilité architecturale et fonctionnelle du système aérien chez le pommier (*Malus domestica* Borkh.), Comparaison de quatre cultivars par une approche de modélisation structure U fonction, Thèse Doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France : p184.

S

Safir N et Daoudi K. (2015). L'étude de comportement d'une variété de pommier (Golden delicious) vis à vis des paramètres climatique dans la zone montagneuse de Benchicao (Médéa), Mémoire master, Université Khemis Meliana : p6.

T

Trillot M, Masseron A, Mathieu V, Bergougnoux Y, Hutin C et Lespinasse Y. (2001). Le Pommier Ctifel : p283.

O

Oukabli A et al. (2012). Mémoire Online.

Suivi de l'évolution spatiotemporelle du pommier dans la région de Khenchela

Nom et prénom : BENZAIM Khaled

Encadrant : MEKERSI Nawal

Résumé

Ce travail propose une analyse statistique approfondie de l'évolution spatio-temporelle de la culture du pommier (*Malus domestica*) dans la wilaya de Khenchela, l'une des principales régions productrices de pommes en Algérie. Cette réussite s'explique par des conditions climatiques et pédologiques particulièrement favorables, combinées à un savoir-faire agricole local consolidé par l'introduction progressive de techniques modernes de production.

Les résultats obtenus mettent en évidence une répartition géographique inégale de la production, étroitement liée à la diversité des milieux physiques et climatiques de la wilaya, qui s'étendent des zones forestières des Aurès aux plaines semi-arides et steppiques. La production se concentre principalement dans les communes de Bouhmama et M'Sara, tandis que de nouvelles zones à fort potentiel, telles que Hella à Khiran, commencent à émerger.

Malgré les fluctuations observées au fil des années, la tendance générale demeure positive, portée par l'expansion des superficies cultivées et l'amélioration des rendements. Ces progrès résultent notamment de la modernisation des vergers, de l'adoption de l'arboriculture intensive et de l'appui technique fourni aux agriculteurs en matière d'irrigation et de fertilisation. L'ensemble de ces efforts s'inscrit dans une stratégie de développement agricole durable soutenue par les pouvoirs publics.

Mots-clés : Pommier (*Malus domestica*), évolution spatio-temporelle, production fruitière, Khenchela, analyse statistique, développement agricole.

المتابعة الزمكانية لتطور زراعة شجرة التفاح في ولاية خنشلة

الطالب: بن زعيم خالد

المؤطر: مكرسي نوال

المخلص

يتناول هذا العمل دراسة إحصائية معمقة للتطور الزمني والمكاني لزراعة شجرة التفاح في ولاية خنشلة، التي تُعدّ من أبرز الولايات المنتجة للتفاح في الجزائر. ويُعزى هذا النجاح إلى العوامل المناخية والطبيعية الملائمة التي تتميز بها المنطقة، إضافةً إلى الخبرة الزراعية المحلية التي تعززت تدريجياً من خلال إدخال التقنيات الحديثة في الإنتاج. أظهرت النتائج وجود تباين جغرافي واضح في توزيع الإنتاج، يرتبط ارتباطاً وثيقاً بتنوّع الظروف الطبيعية والمناخية في الولاية، التي تمتد من المناطق الغابية في جبال الأوراس إلى السهول شبه الجافة والمناطق السهبية. وتتركز زراعة التفاح أساساً في بلديات بوحمامة ومسارة، في حين بدأت مناطق واعدة جديدة بالظهور، مثل منطقة حلة بخيران. ورغم بعض التقلبات المسجلة عبر السنوات، فإن الاتجاه العام للإنتاج يبقى إيجابياً، مدفوعاً بتوسيع المساحات المزروعة وتحسين المردودية. ويُعزى هذا التطور إلى تحديث البساتين، واعتماد الزراعة المكثفة، والدعم التقني المقدم للفلاحين في مجالي الريّ والتسميد. وتندرج هذه الجهود ضمن استراتيجية وطنية تهدف إلى تحقيق تنمية زراعية مستدامة بدعم من السياسات العمومية.

الكلمات المفتاحية: شجرة التفاح، التطور الزمني والمكاني، الإنتاج الفلاحي، خنشلة، التحليل الإحصائي، التنمية الزراعية

Spatiotemporal Monitoring of Apple Tree (*Malus domestica*) Evolution in the Khenchela Region

Full name: BENZAIM Khaled

Supervisor: MEKERSI Nawal

Abstract

This study presents a comprehensive statistical analysis of the spatiotemporal evolution of apple tree (*Malus domestica*) cultivation in the Khenchela region, one of Algeria's leading apple-producing areas. This success is primarily attributed to favorable climatic and pedological conditions, combined with local agricultural expertise strengthened by the gradual adoption of modern production techniques.

The results highlight a geographically uneven distribution of production, closely linked to the diversity of the region's physical and climatic environments, ranging from the forested areas of the Aurès Mountains to the semi-arid and steppe plains. Apple production is mainly concentrated in the communes of Bouhmama and M'Sara, while new promising areas, such as Hella in Khiran, are beginning to emerge.

Despite some fluctuations over the years, the overall trend remains positive, driven by the expansion of cultivated areas and the improvement of yields. These advances are largely due to orchard modernization, the adoption of intensive arboriculture, and technical support provided to farmers in irrigation and fertilization management. All these efforts are part of a broader strategy for sustainable agricultural development supported by public policies.

Keywords: Apple tree (*Malus domestica*), spatiotemporal evolution, fruit production, Khenchela, statistical analysis, agricultural development.