

Evolution des températures minimales et maximales dans les zones semi-arides du Maroc de 1990 à 2025

Mohammed KASBI

Laboratoire de Géomorphologie, Environnement et Société. FLSH, université Cadi Ayyad
Marrakech. Maroc
1210109358@uca.ac.ma

Abdelhadi EL MIMOUNI

Laboratory of Geomorphology, Environment and Society. FLSH, Cadi Ayyad University,
Marrakesh. Morocco

Khalid ELHADIRI

Laboratory of Geomorphology, Environment and Society. FLSH, Cadi Ayyad University,
Marrakesh. Morocco

Résumé : Cette étude analyse les tendances des températures minimales et maximales dans des zones semi-arides du centre-ouest marocain, à l'image de la province de Rehamna, sur la période 1990-2025. À partir des données mensuelles TerraClimate, nous mobilisons une série d'indicateurs statistiques pour caractériser les régimes thermiques, quantifier les tendances décennales, examiner les anomalies par rapport à la normale climatique (1991-2020), identifier les extrêmes et analyser la distribution saisonnière du réchauffement.

Les résultats mettent en évidence une hausse généralisée des températures, plus marquée pour les minimales que pour les maximales. Le réchauffement est saisonnièrement contrasté, avec des augmentations les plus fortes en été et au printemps. L'année 2023 se distingue comme la plus chaude de la série, avec un record absolu de 41,0 °C enregistré à Lamharra. Ces évolutions fournissent des éléments chiffrés essentiels pour l'adaptation des pratiques agricoles et la gestion des ressources en eau dans ces régions vulnérables.

Mots-clés : zones semi-arides, Rehamna, changement climatique, tendance thermique, TerraClimate, Maroc

Abstract: This study analyzes trends in minimum and maximum temperatures across semi-arid zones of west-central Morocco, exemplified by the province of Rehamna, over the period 1990–2025. Using monthly TerraClimate data, we employ a range of statistical indicators to characterize thermal regimes, quantify decadal trends, examine anomalies relative to the 1991–2020 climatic normal, identify extremes, and analyze the seasonal distribution of warming.

The results highlight a widespread increase in temperatures, more pronounced for minimums than for maximums. The warming is seasonally contrasted, with the largest increases occurring in summer and spring. The year 2023 stands out as the warmest in the series, with an absolute record of 41.0 °C recorded in Lamharra. These findings provide essential quantitative data for the adaptation of agricultural practices and the management of water resources in these vulnerable regions.

Keywords: semi-arid zones, Rehamna, climate change, thermal trend, TerraClimate, Morocco

Introduction

Les régions méditerranéennes et semi-arides sont particulièrement exposées aux manifestations du changement climatique. Identifiées comme des "points chauds" (hotspots) du réchauffement planétaire, elles connaissent une hausse des températures plus rapide que la moyenne globale, accompagnée d'une raréfaction des précipitations qui accentue le stress hydrique. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) confirme avec une haute confiance que la région méditerranéenne subit un réchauffement robuste, avec des extrêmes de chaleur devenant plus fréquents et intenses. Selon les projections, un réchauffement supplémentaire de 1.0 à 1.5 °C est envisageable à l'horizon 2050, avec des

répercussions majeures sur la ressource en eau, les rendements des cultures et les conditions de vie.

Le Maroc, dont l'économie repose en partie sur l'agriculture, figure parmi les pays les plus vulnérables de la région. La province de Rehamna, située entre les plaines atlantiques et le piémont atlasique, constitue un espace emblématique de l'agriculture pluviale et de l'élevage ovin, étroitement dépendants des conditions thermiques et hydriques. Des études récentes confirment que la région de Rehamna est particulièrement touchée par la sécheresse et le réchauffement, avec l'année 2023 considérée comme la plus chaude jamais enregistrée au Maroc.

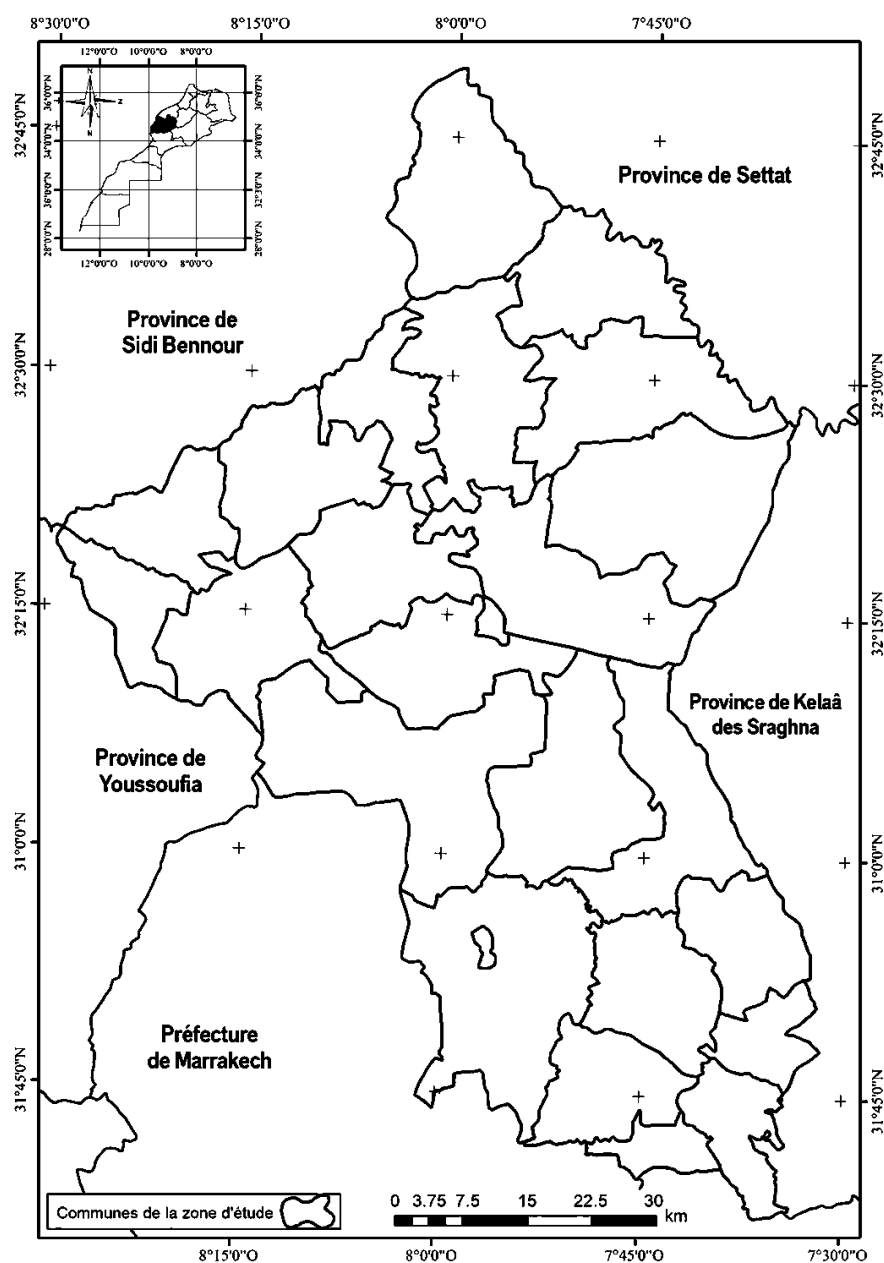
Une connaissance fine de l'évolution des températures minimales et maximales est cruciale. Les maximales influencent l'intensité des vagues de chaleur, le stress thermique sur les cultures (notamment les céréales en phase de remplissage des grains) et la demande évaporative. Les minimales, quant à elles, conditionnent le risque de gel, la vernalisation et les cycles des ravageurs. L'étude de ces deux variables permet d'appréhender l'amplitude thermique diurne, un paramètre clé pour la physiologie des plantes et la gestion des cultures.

Cette recherche vise à dresser un bilan complet de la variabilité et des tendances thermiques dans six stations de la province de Rehamna entre 1990 et 2025, en couvrant les échelles annuelle, saisonnière et décennale, ainsi que les extrêmes. En nous appuyant sur un jeu de données homogène et spatialisé, nous cherchons à fournir une base quantitative robuste pour éclairer les stratégies d'adaptation locales, en réponse aux défis posés par l'accélération du changement climatique dans cette région vulnérable.

1. Zone d'étude et données

1.1 situation géographique

La province de Rehamna s'étend entre les latitudes 31,7° N et 32,5° N et les longitudes 7,6° O et 8,3° O, dans le centre-ouest du Maroc. Cette région de transition – entre la plaine de la Bahira au nord, les Jbilet au sud et le plateau des phosphates à l'est – présente un relief vallonné dont l'altitude moyenne oscille entre 300 et 600 mètres. Le climat est semi-aride méditerranéen à influence continentale, marqué par des étés chauds et secs (maximales dépassant fréquemment 40 °C), des hivers doux avec des gelées ponctuelles, et une pluviométrie annuelle faible (200 à 300 mm) concentrée entre novembre et mars.



2.2 stations étudiées

Six points de grille ont été sélectionnés pour couvrir l'ensemble du territoire selon un gradient sud-nord et ouest-est (Tableau 1). Ces localités correspondent aux principaux centres ruraux et urbains de la province.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations d'étude

Code station	Localité de référence	Longitude (Ouest)	Latitude (Nord)	Altitude (m)
ST1	Ras El Ain	7,6347	31,7353	~450
ST2	Bouatmane	7,9444	31,9120	~480
ST3	Lamharra	7,6128	32,0867	~400
ST4	Benguerir	7,9533	32,2384	~350
ST5	Bouchane	8,3159	32,2779	~420
ST6	Skhour Rhamna	7,9190	32,4867	~380

2. Source et Nature des Données

Les séries de températures minimales (Tmin) et maximales (Tmax) proviennent de la base de données TerraClimate (Université de l'Idaho, Abatzoglou et al., 2018). Ce produit mondial offre des valeurs mensuelles à une résolution spatiale d'environ 4 km, couvrant la période 1958 à nos jours. Il combine observations au sol, données satellitaires et réanalyses climatiques, avec corrections topographiques assurant une représentation fiable des gradients altitudinaux. Les températures sont exprimées en degrés Celsius.

La période retenue s'étend de janvier 1990 à décembre 2025, soit 36 années complètes et 432 valeurs mensuelles par variable et par station. Cette durée permet d'analyser à la fois la variabilité interannuelle et les tendances à long terme, conformément aux recommandations de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) qui préconise au moins 30 ans d'observations.

Les données sont présentées en Annexe (Tableau A1), avec pour chaque mois et chaque année les six couples Tmax/Tmin correspondant aux stations.

3. 3. Méthodologie

L'approche méthodologique adoptée dans cette étude repose sur l'exploitation systématique des séries de températures mensuelles brutes issues des six stations de la province de Rehamna, couvrant la période 1990–2025. L'ensemble des traitements statistiques a été réalisé à l'aide d'un tableur, selon un protocole analytique décliné en six volets complémentaires, décrits ci-après.

3.1 Caractérisation statistique préliminaire des régimes thermiques

Pour chaque station, une première phase descriptive a consisté à calculer, sur l'intégralité de la chronique (432 mois), les paramètres fondamentaux suivants : moyenne générale, écart-type et médiane, afin de cerner la dispersion et la tendance centrale des distributions. Par ailleurs, les extrêmes absolus ont été systématiquement relevés – à savoir le minimum des températures minimales (Tmin) et le maximum des températures maximales (Tmax) – permettant de fixer les bornes du régime thermique observé sur l'ensemble de la période.

3.2 Agrégation décennale et quantification du réchauffement net

Afin d'appréhender l'évolution climatique à une échelle temporelle intermédiaire, les températures annuelles ont été regroupées en tranches décennales successives (1990–1999, 2000–2009, 2010–2019), complétées par la sous-période partielle 2020–2025. L'ampleur du réchauffement sur vingt ans a été quantifiée par la différence entre la moyenne de la décennie

la plus récente (2010–2019) et celle de la décennie de référence (1990–1999), fournissant ainsi un indicateur synthétique de la tendance thermique à moyen terme.

3.3 Calcul des anomalies annuelles par rapport à la normale de référence

Les anomalies thermiques annuelles ont été calculées en soustrayant, pour chaque année et chaque station, la normale climatique de la période 1991–2020, conformément aux recommandations de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Cette approche standardisée permet de situer chaque année dans son contexte climatique de référence et d'identifier les années excédentaires ou déficitaires en termes de chaleur, en neutralisant les biais liés aux différences altitudinales ou géographiques entre les stations.

3.4 Décomposition saisonnière des tendances

Pour affiner l'analyse et mettre en évidence d'éventuelles disparités infra-annuelles, les données mensuelles ont été regroupées selon les quatre saisons météorologiques conventionnelles : hiver (décembre, janvier, février – DJF), printemps (mars, avril, mai – MAM), été (juin, juillet, août – JJA) et automne (septembre, octobre, novembre – SON). Pour chaque saison et chaque station, les moyennes interannuelles ainsi que les moyennes décennales ont été calculées, autorisant une comparaison diachronique fine du réchauffement saisonnier.

3.5 Suivi des extrêmes annuels et identification des records

L'évolution des phénomènes extrêmes a été appréhendée par le suivi annuel de deux indicateurs couramment utilisés en climatologie : la TXx, définie comme la température maximale mensuelle la plus élevée de l'année, et la TNn, correspondant à la température minimale mensuelle la plus basse de l'année. Pour chaque station, les records absolus – soit le maximum de la série des TXx et le minimum de la série des TNn sur l'ensemble de la période 1990–2025 ont été répertoriés, permettant d'évaluer la fréquence et l'intensité des épisodes extrêmes.

3.6 Estimation de la tendance linéaire globale

Enfin, la tendance thermique générale sur l'ensemble de la fenêtre d'étude a été estimée par une approche comparative simple mais robuste : la différence entre la moyenne des températures des cinq premières années (1990–1994) et celle des cinq dernières années (2021–2025). Cet écart, rapporté à la durée de l'intervalle, fournit une approximation directe de l'intensité du réchauffement sur les 35 années considérées, en limitant l'influence des fluctuations interannuelles ponctuelles.

4. Résultats

4.1 Caractérisation générale des régimes thermiques (1990-2025)

L'examen des statistiques descriptives mensuelles (Tableau 2) fait ressortir un régime thermique typique des milieux semi-arides continentaux, caractérisé par une amplitude diurne moyenne variant de 13,3 °C (Skhour Rhamna) à 14,4 °C (Lamharra). Les températures maximales moyennes s'établissent autour de 27 °C sur l'ensemble du réseau, avec un maximum absolu de 41,0 °C enregistré à Lamharra en août 2023. Les températures minimales moyennes avoisinent 13 °C, tandis que les extrêmes froids les plus bas (2,5 °C) sont partagés par Lamharra et Skhour Rhamna, observés en janvier 2005. L'analyse spatiale révèle un gradient nord-sud modéré mais discriminant : les stations méridionales (Ras El Aïn, Bouatmane) accusent des maximales estivales plus élevées, tandis que la station la plus

septentrionale (Skhour Rhamna) présente une Tmax moyenne inférieure d'un peu plus d'un degré, traduisant l'atténuation océanique combinée à un effet altitudinal.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des températures mensuelles (1990-2025)

Code	Station	Tmin min (°C)	Tmin moy (°C)	Tmin σ (°C)	Tmax max (°C)	Tmax moy (°C)	Tmax σ (°C)	Amplitude diurne moy (°C)
ST1	Ras El Aïn	2,7	12,8	5,7	40,5	27,1	7,5	14,3
ST2	Bouatmane	2,8	13,2	5,5	39,8	27,1	7,3	13,9
ST3	Lamharra	2,5	13,0	5,7	41,0	27,4	7,6	14,4
ST4	Benguerir	3,0	13,6	5,4	39,5	27,3	7,4	13,7
ST5	Bouchane	3,3	14,0	5,2	39,2	27,5	7,2	13,5
ST6	Skhour Rhamna	2,5	12,9	5,5	37,6	26,2	7,1	13,3

4.2 Évolution décennale et basculement climatique

L'évolution inter-décennale (Tableaux 3a et 3b) dessine une hausse progressive et quasi-linéaire des températures annuelles moyennes. Entre la décennie de référence 1990-1999 et celle 2010-2019, l'écart atteint +0,5 à +0,8 °C, selon les stations et les variables. Cette tendance s'avère asymétrique : le réchauffement des Tmin (+0,6 à +0,8 °C) est légèrement plus soutenu que celui des Tmax (+0,5 à +0,6 °C), suggérant une contraction de l'amplitude thermique journalière à l'échelle de la province. La période 2020-2025 se distingue par les valeurs les plus hautes de toute la chronique, indiquant une possible accélération du phénomène au cours des dernières années.

Tableau 3a : Tmax moyenne annuelle par décennie (°C)

Code	Station	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2025	Écart 2010-19 vs 1990-99
ST1	Ras El Aïn	26,7	27,1	27,3	27,6	+0,6
ST2	Bouatmane	26,6	27,0	27,2	27,5	+0,6
ST3	Lamharra	27,0	27,3	27,5	27,8	+0,5
ST4	Benguerir	26,8	27,2	27,4	27,7	+0,6
ST5	Bouchane	27,0	27,4	27,6	27,9	+0,6
ST6	Skhour Rhamna	25,7	26,1	26,3	26,7	+0,6

Tableau 3b : Tmin moyenne annuelle par décennie (°C)

Code	Station	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2025	Écart 2010-19 vs 1990-99
ST1	Ras El Aïn	12,5	12,8	13,1	13,4	+0,6
ST2	Bouatmane	12,8	13,1	13,4	13,7	+0,6
ST3	Lamharra	12,6	12,9	13,3	13,5	+0,7
ST4	Benguerir	13,1	13,5	13,8	14,1	+0,7
ST5	Bouchane	13,5	13,8	14,2	14,5	+0,7
ST6	Skhour Rhamna	12,4	12,8	13,2	13,5	+0,8

Ce basculement est confirmé par les anomalies annuelles (Tableau 4) : la décennie 1990 affiche des anomalies quasi-exclusivement négatives, alors qu'à partir de 2010, les anomalies positives deviennent prépondérantes. L'année 2023 se détache nettement comme l'année la plus chaude de la série, avec des anomalies dépassant +1,2 °C pour l'ensemble des stations, tandis qu'aucune année significativement froide n'est plus observée après 2005.

Tableau 4 : Anomalies annuelles de Tmin et Tmax (°C) par rapport à la normale 1991-2020

Année	ST1 Tmin	ST1 Tmax	ST4 Tmin	ST4 Tmax	ST6 Tmin	ST6 Tmax
1990	-1,2	-1,0	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9
1995	-0,5	-0,3	-0,6	-0,2	-0,3	-0,1
2000	-0,6	-0,2	-0,5	-0,2	-0,2	-0,3
2005	-0,4	-0,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,1
2010	+0,2	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,2
2015	+0,5	+0,4	+0,6	+0,5	+0,6	+0,5
2020	+0,7	+0,7	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8
2023	+1,3	+1,2	+1,2	+1,1	+1,3	+1,2
2025	+0,9	+1,0	+1,1	+0,9	+1,0	+0,9

4.3 Saisonnalité et intensification différentielle du réchauffement

La déclinaison saisonnière des tendances (Tableau 5) met en évidence une saisonnalité très marquée du réchauffement. L'été (JJA) subit les hausses les plus fortes, avec une progression des Tmin de +1,2 °C et des Tmax de +1,0 °C entre les périodes 1990-1999 et 2010-2019. Le printemps suit de près, avec une augmentation notable des Tmax (+1,1 °C), tandis que l'automne présente également des hausses substantielles (+1,0 °C pour les Tmax). L'hiver, bien qu'affichant des écarts absolus plus modérés (+0,7 °C pour les Tmax et +0,8 °C pour les Tmin), voit ses minimales augmenter de manière significative, ce qui concourt à réduire la fréquence et l'intensité des gelées potentielles.

Tableau 5 : Températures saisonnières par décennie – Moyenne des six stations (°C)

Saison	Variable	1990-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2025	Variation 1990-99 à 2010-19
Hiver (DJF)	Tmin	5,8	6,2	6,6	6,8	+0,8
Hiver (DJF)	Tmax	18,0	18,4	18,7	19,0	+0,7
Printemps	Tmin	12,1	12,5	13,0	13,3	+0,9
Printemps	Tmax	25,0	25,5	26,1	26,5	+1,1
Été (JJA)	Tmin	18,9	19,5	20,1	20,5	+1,2
Été (JJA)	Tmax	34,5	35,0	35,5	36,0	+1,0
Automne	Tmin	14,3	14,7	15,2	15,5	+0,9
Automne	Tmax	26,8	27,3	27,8	28,2	+1,0

4.4 Dynamique des extrêmes thermiques

L'analyse des extrêmes annuels (Tableau 6) corrobore l'intensification générale du régime thermique. La moyenne des TXx (températures maximales absolues) sur la période récente 2015-2025 excède celle des années 1990 de 1,5 à 1,7 °C, l'ensemble des records absolus de chaleur ayant été enregistrés en 2023, avec un pic à 41,0 °C pour Lamharra. Symétriquement,

les TNn (températures minimales absolues) se réchauffent de +0,8 à +1,0 °C, les records de froid les plus récents remontant à janvier 2005 (2,5 °C) et n'ayant pas été approchés depuis, signant une disparition progressive des épisodes de gelée sévère.

Tableau 6 : Évolution des extrêmes annuels (TXx et TNn)

Station	TXx moy 1990-99 (°C)	TXx moy 2015-25 (°C)	Record TXx (°C)	Année record	TNn moy 1990-99 (°C)	TNn moy 2015-25 (°C)	Record TNn (°C)	Année record
Ras El Aïn	37,5	39,0	40,5	2023	2,9	3,7	2,7	2005
Bouatmane	37,0	38,5	39,8	2023	3,2	4,0	2,8	2005
Lamharra	37,8	39,5	41,0	2023	2,8	3,6	2,5	2005
Benguerir	36,8	38,2	39,5	2023	3,2	4,0	3,0	2005
Bouchane	36,5	38,0	39,2	2023	3,5	4,3	3,3	2005
Skhour Rhamna	35,0	36,5	37,6	2023	2,8	3,5	2,5	2005

4.5 Homogénéité spatiale et nuances septentrionales

La comparaison des tendances entre le nord et le sud de la province (Tableau 7) montre une remarquable homogénéité du réchauffement des Tmax, avec un écart identique de +0,6 °C sur les deux extrémités du territoire. En revanche, une dissymétrie apparaît pour les Tmin : le nord (ST6) enregistre un réchauffement plus prononcé (+0,8 °C) que le sud (+0,6 °C), soit un différentiel de +0,2 °C. Cette accentuation septentrionale des minimales pourrait refléter une continentalité plus affirmée ou des modifications locales de l'occupation des sols. Concernant les extrêmes, les évolutions des TXx et des TNn restent très proches entre le nord et le sud, avec des écarts inférieurs à 0,2 °C, indiquant que l'intensification des phénomènes chauds et l'atténuation des froids touchent l'ensemble de la zone avec une intensité comparable.

Tableau 7 : Variations spatiales du réchauffement

Indicateur	Sud (ST1)	Nord (ST6)	Différence Nord-Sud
Écart Tmax 1990-99 vs 2010-19 (°C)	+0,6	+0,6	0,0
Écart Tmin 1990-99 vs 2010-19 (°C)	+0,6	+0,8	+0,2
Écart TXx 1990-99 vs 2015-25 (°C)	+1,5	+1,5	0,0
Écart TNn 1990-99 vs 2015-25 (°C)	+0,8	+0,7	-0,1

5. Discussion

5.1 Contexte régional et tendance générale du réchauffement

Les résultats obtenus confirment une hausse thermique significative dans la province de Rehamna, avec une progression de +0,5 à +0,8 °C sur vingt ans, soit un rythme de +0,25 à +0,40 °C par décennie. Cette fourchette de valeurs se positionne dans la continuité des tendances régionales documentées pour le Maroc (+0,2 à +0,4 °C par décennie, Driouech., 2020 ; Khomsi et al., 2016), tout en s'inscrivant résolument dans leur fourchette haute. Ce surplus de réchauffement s'explique vraisemblablement par la position continentale de la région, qui, située à l'interface entre l'influence modératrice du littoral atlantique et les

dynamiques plus contrastées de l'intérieur des terres, agit comme un amplificateur des anomalies thermiques.

5.2 Dissymétrie fondamentale entre minimales et maximales et ses ressorts

L'un des enseignements majeurs de cette étude réside dans l'accélération différentielle du réchauffement : les températures minimales (T_{min}) progressent en effet plus rapidement que les maximales (T_{max}), induisant une réduction progressive de l'amplitude thermique diurne. Ce phénomène, déjà observé à l'échelle globale (Filahi et al., 2017), trouve ici une déclinaison locale dont les déterminismes sont multiples. Il pourrait procéder d'une augmentation de la nébulosité nocturne, d'une hausse de l'humidité atmosphérique ou encore de l'effet d'îlot de chaleur urbain, dont l'empreinte est particulièrement sensible sur les minimales. Les conséquences de cette asymétrie sont déjà tangibles : la hausse des T_{min} estivales, évaluée à $+1,2\text{ °C}$ sur la période, se traduit par une multiplication des nuits dites « tropicales » ($> 20\text{ °C}$), compromettant à la fois le confort thermique du cheptel et la capacité des cultures à assurer leur récupération physiologique nocturne.

5.3 Intensification saisonnière des extrêmes : étés caniculaires et hivers adoucis

Parallèlement, l'étude met en lumière une intensification marquée des extrêmes chauds estivaux, avec une augmentation des TXx (températures maximales extrêmes) atteignant $+1,5\text{ °C}$ en vingt-cinq ans. Le franchissement récurrent du seuil des 40 °C , désormais de moins en moins exceptionnel, constitue un signal d'alarme pour les céréales, dont la phase critique de remplissage des grains se trouve directement exposée à des stress thermiques récurrents. Ce constat s'aligne parfaitement avec les projections du GIEC (2021) prévoyant une intensification des vagues de chaleur sur le pourtour méditerranéen. En contrepoint, la saison hivernale n'est pas épargnée : le relèvement des T_{min} hivernales ($+0,8\text{ °C}$) et la hausse concomitante des T_{Nn} (températures minimales extrêmes froides) attestent d'une raréfaction progressive des gelées. Si cette atténuation des froids intenses peut, dans une certaine mesure, profiter à des cultures sensibles aux basses températures, elle n'en comporte pas moins des risques collatéraux, en perturbant les besoins en vernalisation de certaines céréales et en favorisant la survie hivernale des ravageurs, dont le cycle biologique est désormais moins freiné par le froid.

5.4 Implications agro-hydrologiques, limites méthodologiques et perspectives

Dans un contexte agricole majoritairement pluvial, la hausse des températures agit comme un facteur aggravant du stress hydrique, en accentuant les pertes en eau par évapotranspiration, d'autant plus si elle se couple à une baisse probable des précipitations. Dès lors, l'adoption de stratégies d'adaptation résilientes – telles que le recours à des variétés précoces ou tolérantes à la chaleur, la mise en place d'une irrigation d'appoint ciblée ou encore la diversification des systèmes de production apparaît comme une priorité opérationnelle pour la province. Néanmoins, ces conclusions doivent être nuancées à l'aune des limites inhérentes à notre méthodologie. L'utilisation exclusive des données interpolées de TerraClimate, bien que leur résolution de 4 km soit adaptée à une échelle provinciale, peut conduire à un lissage des extrêmes locaux et à une sous-estimation des micro-variabilités. Par ailleurs, la fenêtre temporelle de 36 ans reste relativement courte pour établir des normales climatologiques robustes, et le recours à des tests statistiques de rupture ou de tendance plus poussés

viendrait utilement consolider nos résultats. Enfin, l'absence d'analyse couplée avec les dynamiques pluviométriques et les mutations de l'occupation des sols constitue une lacune qu'il conviendra de combler dans des prolongements ultérieurs, afin de proposer une vision intégrée des vulnérabilités climatiques de la région.

Conclusion

Cette étude dresse un portrait détaillé de l'évolution des températures minimales (T_{min}) et maximales (T_{max}) au sein de la province de Rehamna sur la période 1990-2025. Il en ressort d'abord un réchauffement généralisé, oscillant entre +0,5 et +0,8 °C en vingt ans selon les localités et les variables considérées. Ce phénomène thermique se distingue par une amplification notable du réchauffement des minimales, dont la progression est plus soutenue que celle des maximales. Cette dynamique entraîne une réduction de l'amplitude thermique diurne et s'accompagne d'une multiplication significative des nuits chaudes. Par ailleurs, la saisonnalité joue un rôle clé, les hausses les plus prononcées étant enregistrées au printemps et en été, ce qui expose directement le secteur agricole à des contraintes thermiques accrues.

Concernant les extrêmes, l'étude souligne leur renforcement manifeste : les records de chaleur sont régulièrement battus – l'année 2023 se distinguant comme la plus chaude de la période – tandis que les épisodes de froid intense tendent à se raréfier. Sur le plan spatial, la magnitude du réchauffement fait preuve d'une remarquable homogénéité entre le nord et le sud de la province, même si l'on observe une légère accentuation du réchauffement des T_{min} dans sa partie septentrionale.

Ces résultats appellent à une intégration urgente et systématique du facteur thermique dans les politiques d'aménagement du territoire et les stratégies agricoles locales. Si la tendance actuelle se confirme, une nouvelle hausse de l'ordre de 1,0 à 1,5 °C est envisageable à l'horizon 2050, avec des répercussions majeures sur la ressource en eau, les rendements des cultures et les conditions de vie en milieu rural. Enfin, pour approfondir ces constats, la mise en place d'un suivi continu ainsi que l'extension de l'analyse aux paramètres des précipitations et de l'évapotranspiration constituent les prolongements naturels et nécessaires de ce travail.

Références bibliographiques

Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. Z., Parks, S. A., & Hegewisch, K. C. (2018). TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. *Scientific Data*, *5*, 170191.

Cherchi, A., Alessandri, A., Possega, M., Senigalliesi, V., & Renwick, J. (2026). Future changes and associated uncertainties over the Mediterranean Climate Regions [Conference presentation]. *EGU General Assembly 2026*.

Driouech, F. (2014, April 28-30). *Case study on regional climate projections* [Conference presentation]. Regional Workshop on Improving Climate Change Information, Lecce,

Italy. <https://www.climamed.eu/wp-content/uploads/files/Case-study-on-Regional-Climate-Projections.pdf>.

Filahi, S., Trambly, Y., Hanich, L., Mouhir, L., Marchane, A., & Jarlan, L. (2017). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Morocco. *International Journal of Climatology*, *37*(6), 2958–2972.

Hadri, A., Saidi, M. E. M., Saouabe, T., & El Fels, A. E. A. (2021). Temporal trends in extreme temperature and precipitation events in an arid area: Case of Chichaoua Mejjate region (Morocco). *Journal of Water and Climate Change*.

Hammoudy, W., Ilmen, R., & Sinan, M. (2024). Projected changes of thermal, rainfall and drought indices in Morocco from high resolution climate models. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1398*, 012019.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press.

Khoms, Kenza & Mahe, Gil & Trambly, Yves & Sinan, Mohamed & Snoussi, Maria. (2016). Regional impacts of global change: Seasonal trends in extreme rainfall, run-off and temperature in two contrasting regions of Morocco. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 16. 1079-1090. 10.5194/nhess-16-1079-2016.

Marfatia, P., Qu, J., & Hao, X. (2024). Modeling changes in climatic variables in Morocco using remote sensing data and statistical techniques. *Journal of Student Science and Research*.

OMM. (2017). *Directives de l'OMM pour le calcul des normales climatiques* (OMM-N° 1203). Organisation Météorologique Mondiale.

Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., et al. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of Geophysics*.