

## Analyse des variations des conditions météorologiques favorisant la durée d'humectation des feuilles d'anacardier dans les zones nord et centre-ouest de la Côte d'Ivoire

### [ Analysis of the variations in meteorological conditions favoring the leaf wetness duration of cashew trees in the northern and central-western zones of Côte d'Ivoire ]

*Kignielman Riflard Luc Coulibaly<sup>1-2</sup>, Alex Zilé Kouadio<sup>1</sup>, Kouassi Amani<sup>2</sup>, Nicaise Kassi Ette<sup>3</sup>, Guillaume Koffi Kouassi<sup>2</sup>, Wawogninlin Brice Coulibaly<sup>1</sup>, and Christophe Kouamé<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Water Sciences and Technologies, Jean Lorougnon Guédé University, Daloa BP 150, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Center for International Forestry Research and World Agroforestry (CIFOR-ICRAF), Côte d'Ivoire Country Programme, Cocody, Avenue Mermoz, Abidjan 08 BP 2823, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SOXEAM), Département Agrométéorologie, 15 BP 990 ABIDJAN 15, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Leaf wetness duration is a key parameter in agricultural meteorology as it is linked to the epidemiology of many important crops, and to the control of infection rates and pathogen development. This study analyzed the variations in meteorological conditions favoring the leaf wetness duration of cashew trees in two zones of Côte d'Ivoire: Lataha (north) and Vavoua (central-west). Climatic variables such as temperature, relative humidity, solar radiation, wind speed, and precipitation were measured over a three-year period. The study reveals that in the northern zone, prolonged leaf wetness periods coincide with high relative humidity, low temperatures, and moderate solar radiation. In Vavoua, relative humidity remains high throughout the year, leading to a longer leaf wetness duration. An inverse correlation between relative humidity and variables such as temperature and solar radiation was observed in both zones, indicating that lower temperatures extend leaf wetness. The results highlight the importance of monitoring meteorological variables to anticipate the risks of foliar diseases and recommend an integrated crop management approach based on rigorous meteorological monitoring to mitigate the climatic impacts on leaf wetness duration.

**KEYWORDS:** leaf wetness duration, weather conditions, cashew, relative humidity, leaf diseases.

**RESUME:** La durée d'humidité des feuilles est un paramètre clé en météorologie agricole car elle est liée à l'épidémiologie de nombreuses cultures importantes, au contrôle des taux d'infection et de développement des agents pathogènes. Cette étude a analysé les variations des conditions météorologiques favorisant la durée d'humectation des feuilles de l'anacardier dans deux zones de la Côte d'Ivoire: Lataha (nord) et Vavoua (centre-ouest). Les variables climatiques telles que la température, l'humidité relative, la radiation solaire, la vitesse du vent et les précipitations ont été mesurées sur une période de trois ans. L'étude révèle que dans la zone nord, les périodes d'humectation prolongée des feuilles coïncident avec une humidité relative élevée, de faibles températures et une radiation solaire modérée. À Vavoua, l'humidité relative reste élevée tout au long de l'année, favorisant une durée d'humectation plus longue. Une corrélation inverse entre l'humidité relative et des variables telles que la température et la radiation solaire a été observée dans les deux zones, indiquant que des températures plus basses prolongent l'humidité des feuilles. Les résultats mettent en lumière l'importance de surveiller les variables météorologiques

pour anticiper les risques de maladies foliaires et recommande une gestion intégrée des cultures basée sur une surveillance météorologique rigoureuse, afin de limiter les impacts des conditions climatiques sur la durée d'humectation des feuilles.

**MOTS-CLEFS:** durée d'humectation des feuilles, conditions météorologiques, anacardier, humidité relative, maladies foliaires.

## 1 INTRODUCTION

La durée d'humectation des feuilles (DHF) est un paramètre crucial dans divers processus biophysiques, notamment la propagation des maladies fongiques et bactériennes, le dépôt de polluants atmosphériques, les échanges gazeux foliaires et la survie de certains insectes [1], [2], [3], [4]. Elle revêt une importance particulière pour les cultures, notamment pour l'anacardier. En Côte d'Ivoire, cette culture est devenue le deuxième produit agricole d'exportation, après le cacao, et le pays est le premier producteur mondial de noix brutes depuis 2021 [5]. La noix de cajou joue un rôle économique essentiel tant pour le pays que pour les consommateurs internationaux. Cependant, malgré cet engouement, l'anacardier fait face à des épidémies sévères, principalement causées par des agents pathogènes fongiques et bactériens [6], [7], [8], ce qui entraîne des pertes considérables en termes de rendement et de qualité.

L'humectation des feuilles est fortement influencée par des paramètres météorologiques tels que l'humidité relative, la température et les précipitations, qui créent un microclimat favorable à la prolifération des champignons [9], [10]. Des études ont montré que la durée d'humectation des feuilles est directement corrélée à ces facteurs environnementaux [11], [12]. Dans les systèmes agroécologiques, ces variables climatiques varient à la fois dans l'espace et dans le temps, ce qui affecte la dynamique de l'humectation et, par conséquent, la propagation des maladies [13], [14]. Comprendre les conditions météorologiques favorables à l'humectation est essentiel pour développer des stratégies de gestion des maladies intégrée [10], [15].

Des modèles prédictifs basés sur les données météorologiques peuvent également être utilisés pour anticiper les périodes de risque élevé pour les cultures d'anacardiers et recommander des interventions agronomiques adaptées afin de limiter les pertes dues aux maladies foliaires [16], [17]. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'analyser les variations des conditions météorologiques favorisant l'humectation des feuilles d'anacardier en Côte d'Ivoire, dans le but de mieux comprendre les facteurs climatiques influençant ce phénomène.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 DESCRIPTION DES SITES D'ÉTUDE

Dans le cadre de notre étude sur la relation entre les paramètres météorologiques et l'humectation des feuilles, des collectes de données ont été réalisées dans deux zones: Lataha (nord) et Vavoua (centre-ouest) (Figure 1). À Lataha, les données ont été recueillies à la station de recherche fruitière du Centre National de Recherche en Agronomie (CNRA), située à 22 km au nord de la Côte d'Ivoire. Cette station couvre une superficie de 40 hectares et se situe aux coordonnées 9°34' de latitude Nord et 5°34' de longitude Ouest, à une altitude de 350 mètres. Le climat y est de type tropical de transition, avec une saison sèche de novembre à avril et une saison pluvieuse de mai à octobre [18].

À Vavoua, les observations ont été effectuées sur une parcelle de 8 hectares exploitée par un paysan. Cette zone est située aux coordonnées 7°23' de latitude Nord et 6°29' de longitude Ouest. Le climat de Vavoua est de type équatorial, avec deux saisons humides, d'avril à juin et d'août à octobre, ainsi que deux saisons sèches de novembre à mars, la petite saison sèche se situant au mois de juillet [19].

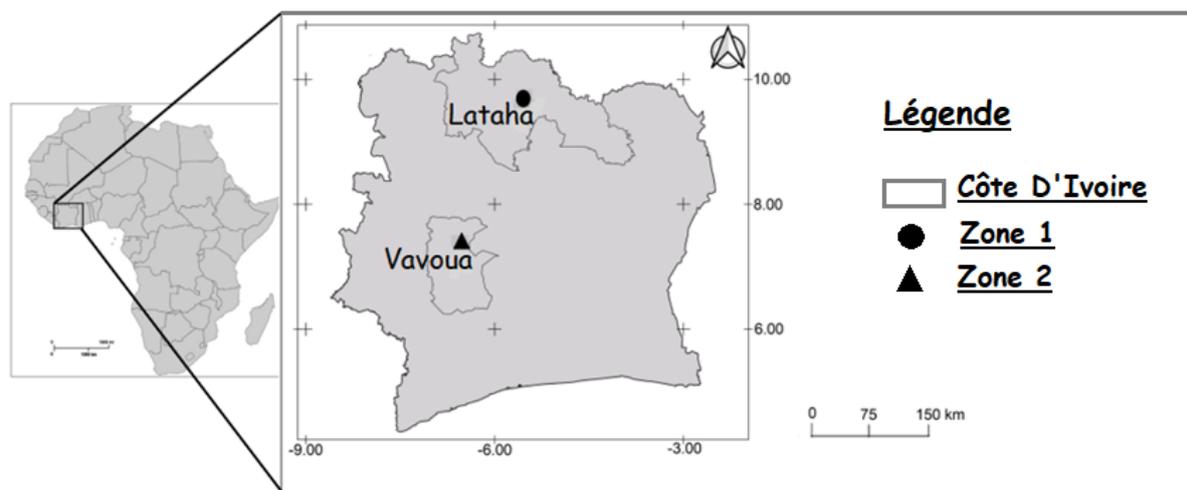


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

## 2.2 COLLECTE DE DONNÉES

### 2.2.1 DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

Les variables météorologiques, notamment la température de l'air (TAir), l'humidité relative (RH), la radiation solaire (SRad), la vitesse du vent (WS) et les précipitations (P), ont été mesurées à un pas de temps horaire dans les deux zones étudiées au cours des années 2020, 2021 et 2022. Dans la première zone, les données ont été collectées à l'aide d'une station agrométéorologique de type HOBO, située aux coordonnées 9,34° de latitude Nord et 5,34° de longitude Ouest. Les capteurs de température, d'humidité relative et de pluviométrie étaient installés à une hauteur de 1,5 mètre au-dessus du sol, tandis que ceux mesurant la radiation solaire et la vitesse du vent étaient positionnés à 2,0 mètres au-dessus du sol.

Dans la deuxième zone, les observations ont été réalisées à l'aide d'une station agrométéorologique de type Campbell, située aux coordonnées 7,366° de latitude Nord et 6,466° de longitude Ouest. Les capteurs étaient installés à la même hauteur que ceux utilisés dans la première zone.

### 2.2.2 DONNÉES D'HUMECTATION FOLIAIRE

La collecte des données d'humectation foliaire a débuté sur le premier site, dans un parc à bois situé à 100 mètres de la station agrométéorologique. Ce parc, d'une superficie de 0,80 hectare, abrite 63 plants d'anacardiers. Les données ont été collectées du 13 au 22 août 2022, sur une période de 10 jours. La notation des heures d'humectation foliaire a été effectuée selon la diagonale du parc, couvrant ainsi 8 plants d'anacardiers [20].

Sur le deuxième site, les relevés ont été effectués sur une parcelle paysanne située à 1,98 kilomètre de la station agrométéorologique. Cette parcelle de 8 hectares a été délimitée pour la collecte des données sur une superficie d'un hectare, comprenant 100 pieds d'anacardiers, espacés de 10 mètres. Les mesures ont été réalisées du 30 mai au 8 juin 2023, également sur une période de 10 jours. La méthode de collecte suivait la diagonale de l'espace, couvrant 8 plants [20]. Les périodes de collecte pour les deux sites correspondent à la saison pluvieuse, propice au développement des agents pathogènes.

Sur les deux sites, des rubans ont été utilisés pour identifier les côtés nord, sud, est et ouest des arbres, ainsi que les bourgeons en surface et à l'intérieur de chaque côté. Chaque bourgeon a été examiné pour déterminer la présence d'eau sur les feuilles. Si une goutte d'eau, même infime, était observée sur au moins une feuille, une valeur de 1 était attribuée, sinon la valeur était 0. L'observation globale pour chaque arbre était notée 1 si au moins un côté montrait la présence d'eau, et 0 si tous les côtés étaient secs. Si au moins un arbre affichait la valeur 1 durant une heure d'observation, alors l'état d'humectation des feuilles de la parcelle entière recevait la valeur 1, sinon 0.

En parallèle des observations des feuilles, des notations ont été réalisées concernant les conditions météorologiques, telles que l'aspect du ciel, la présence de vents violents, les pluies soudaines et l'intensité des radiations solaires, aussi bien de jour que de nuit.

## **2.3 ANALYSE DES TENDANCES TEMPORELLES**

### **2.3.1 VARIATION HORAIRE JOURNALIÈRE**

L'analyse des variations horaires journalières des variables a été réalisée en traçant graphiquement l'évolution des valeurs minimales, moyennes et maximales pour chaque journée. Les périodes de pics et de creux, ainsi que les variations significatives, ont été identifiées afin de dégager les tendances générales.

### **2.3.2 ANALYSE DES RELATIONS ENTRE LES VARIABLES**

Pour mieux comprendre les tendances temporelles entre les variables, des schémas de corrélation ou d'inversion entre différentes heures ont été recherchés au fil des années. Une corrélation proche de 1 indique une forte corrélation positive, tandis qu'une valeur proche de -1 suggère une forte corrélation négative [21].

## **2.4 ANALYSES DESCRIPTIVES DES DONNÉES COLLECTÉES**

### **2.4.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES**

#### **2.4.1.1 DISTRIBUTION DES VARIABLES MÉTÉOROLOGIQUES**

Les observations correspondant aux moments où il y avait de l'eau sur les feuilles ont été extraites pour examiner la tendance des variables. Ainsi les tendances ont été déterminées pour évaluer l'évolution des valeurs autour desquelles les différentes variables s'articulent lorsque de l'eau est présente.

#### **2.4.1.2 MESURES DE TENDANCE CENTRALE ET DE DISPERSION**

L'étude a été faite pour examiner les variables météorologiques afin d'obtenir des mesures de tendance centrale et de dispersion pour chaque variable. Les moyennes ont été calculées pour évaluer la valeur centrale de chaque variable, tandis que les écart-types ont été utilisés pour quantifier la dispersion ou la variabilité des données par rapport à la moyenne.

#### **2.4.2 DYNAMIQUE DE L'HUMECTATION DES FEUILLES**

L'analyse de l'évolution de l'humectation des feuilles a été effectuée en examinant sa variation au fil du temps en relation avec les variables météorologiques impliquées. Des marqueurs ont été positionnés lors des périodes humides afin de les superposer aux variations des variables météorologiques. Cette méthode permet de détecter les différentes séquences de durée pendant lesquelles les feuilles restent humides, ainsi que les valeurs des variables qui favorisent l'apparition et la dissipation de l'eau sur le feuillage.

## **3 RÉSULTATS**

### **3.1 VARIATION DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES HORAIRES DANS LES ZONES D'ÉTUDE**

Dans la première zone, l'évolution des variables météorologiques observées au cours des années 2020 à 2022, met en évidence différentes tendances générales pour chaque variable (Figure 2). Pour la variable vitesse du vent, les périodes de pics sont concentrées au cours des mois de janvier, février et mars. Les périodes creuses sont très souvent marquées entre les mois d'août et septembre. Concernant la température, des variations très marquées atteignant souvent un maximum horaire journalier de 40°C ont été observées dans les mois de février, mars, avril et mai. Les températures horaires sont décroissantes dans les mois de juillet, août, septembre, octobre et novembre. Contrairement à la température, l'humidité relative horaire journalière est croissante sur la période mai, juin, juillet et se stabilise ensuite sur la période d'août, septembre et octobre. Également, les précipitations sont beaucoup marquées sur la période couvrant les mois d'avril à novembre avec des périodes creuses observées à certains moments de l'année. Pour la radiation solaire, la variation horaire journalière, laisse voir une variation stable au cours de l'année avec une réduction d'amplitude dans les mois de juillet et août.

Dans la seconde zone, les vents sont marqués tout le long de l'année avec des pics horaires significatives dans les périodes des mois d'avril, mai, juin, juillet (Figure 3). Concernant les températures, elles sont moyennement élevées comparativement

à la première zone avec une tendance à rester stable tout le long de l'année. L'humidité relative, quant à elle, reste au-dessus de la moyenne pratiquement toute l'année avec des décroissances au cours des mois de décembre, janvier et février. Les précipitations sont présentes sur toute l'année également avec des pauses pluviométriques dans les mois de décembre, janvier et février. Quant à la radiation solaire, elle reste pratiquement stable sur toute l'année avec des pics horaires journaliers allant au-dessus de 500 W/m<sup>2</sup>.

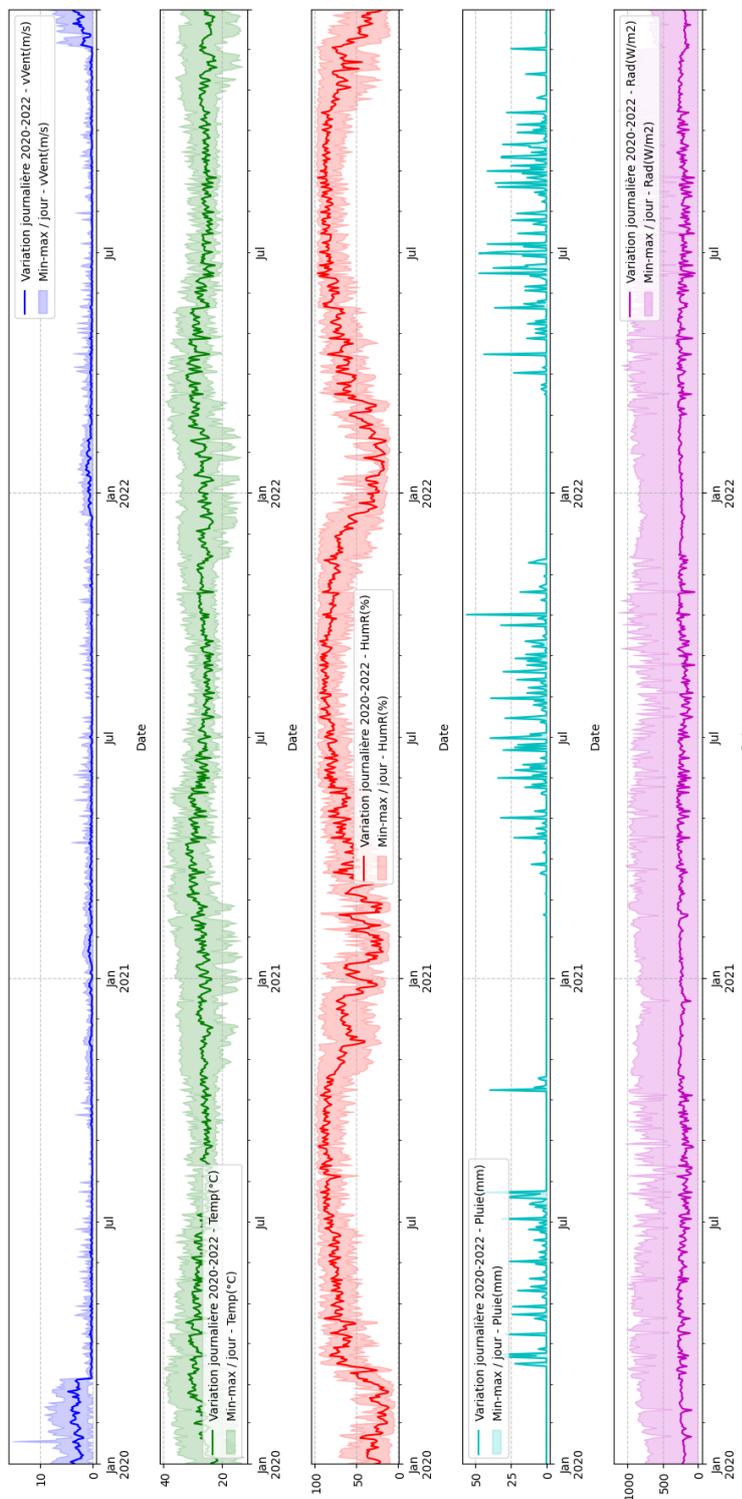


Fig. 2. Evolution horaire journalière des paramètres météorologiques sur la période (2020-2022) en zone 1

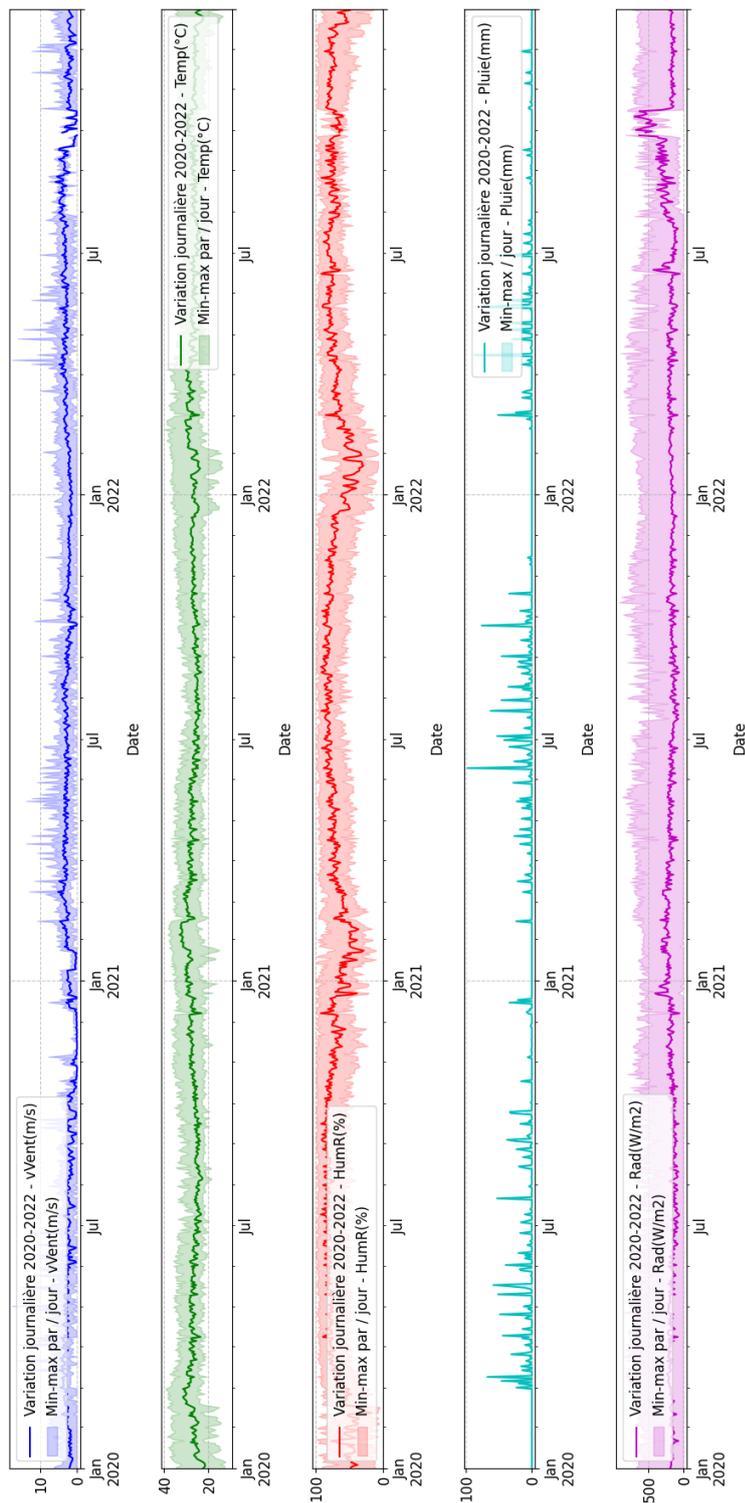


Fig. 3. Evolution horaire journalière des paramètres météorologiques sur la période (2020-2022) en zone 2

### 3.2 SCHEMA DE CORRELATION OU D'INVERSION ENTRE LES VARIABLES

L'examen des relations entre toutes les paires de variables a permis de montrer les liens statistiques qui existent entre les différentes variables. Ainsi pour la zone 1 (Figure 4), la variable humidité relative présente une corrélation inverse allant de -

0.68 à -0.44 avec la vitesse du vent, de -0.60 à -0.52 avec la température et de -0.44 à -0.39 avec la radiation solaire. La variable température quant à elle, à une corrélation élevée allant 0.71 à 0.72 avec la radiation solaire.

Dans la deuxième zone (Figure 5), il ressort une corrélation inverse assez marquée entre l’humidité relative et la température allant de -0.90 à -0.73. Également une corrélation élevée allant de 0.64 à 0.70 entre la température et la radiation solaire.

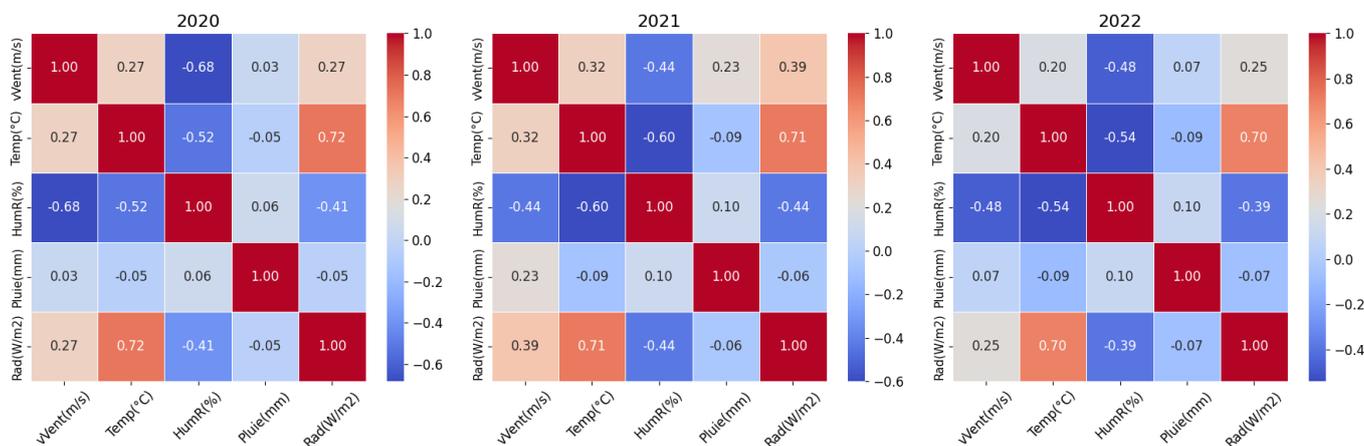


Fig. 4. Relation entre les variables dans la zone 1

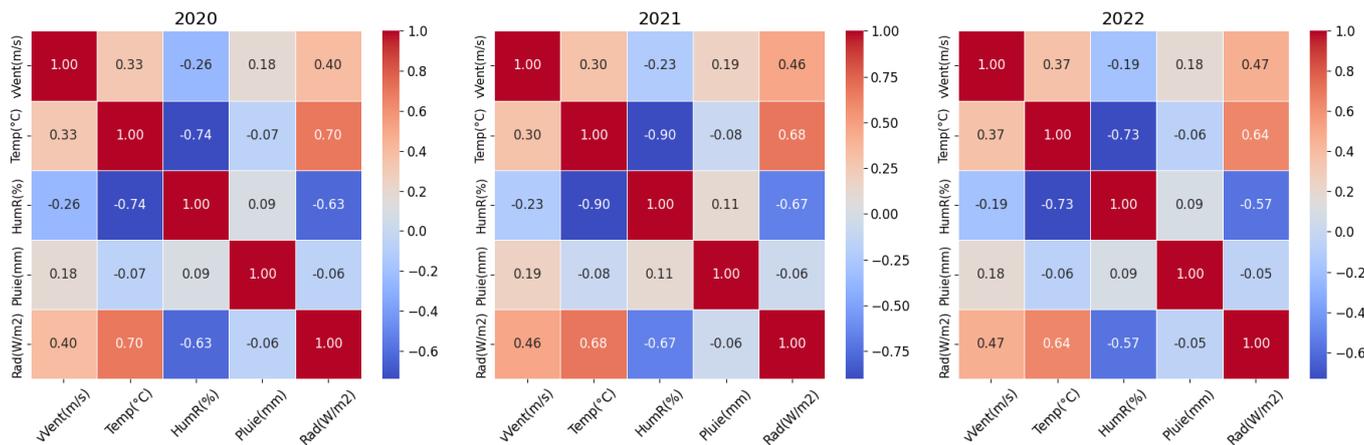


Fig. 5. Relation entre les variables dans la zone 2

### 3.3 EVOLUTION DE L’HUMECTATION DES FEUILLES

L’évolution de l’humectation des feuilles sur les sites 1 et 2, dévoile des tendances intéressantes concernant la durée pendant laquelle les feuilles restent humides. Dans la première zone, la présence d’eau sur les feuilles est constatée en périodes d’humidité relative élevée, accompagnée de conditions météorologiques favorables marquées par de faibles niveaux de température, de rayonnement solaire et de vent (Figure 6). Ces mêmes observations sont faites dans la seconde zone (Figure 7), où il a été observé beaucoup plus de périodes de durée d’humectation foliaire (DHF). De plus, dans ces deux zones, lorsque des événements pluvieux coïncident avec les conditions météorologiques propices aux autres variables, cela engendre une persistance accrue de la présence d’eau à la surface des feuilles (début: 82 – fin: 106; Figure 6) et (début: 59 – fin: 77; Figure 7).

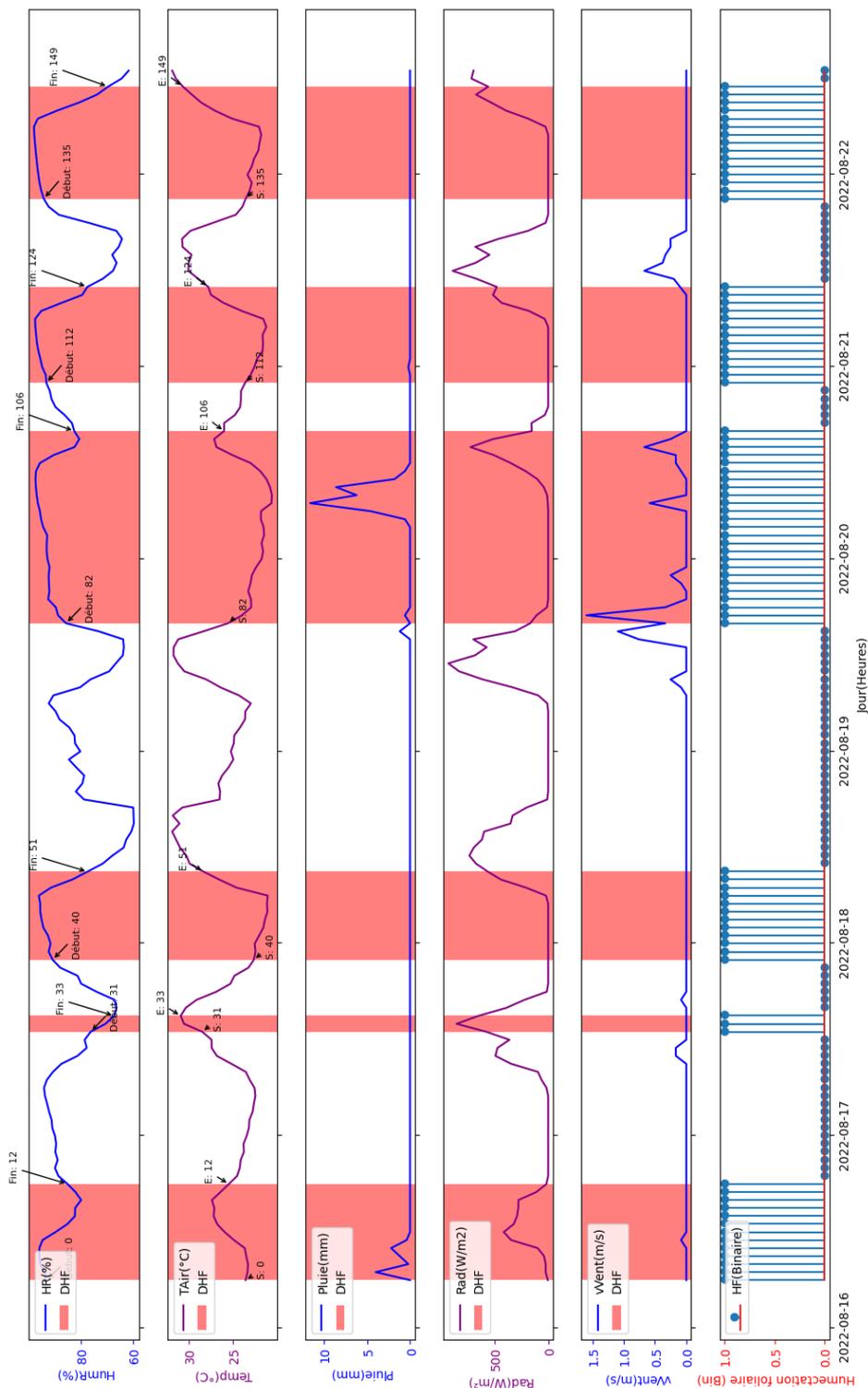


Fig. 6. Evolution des variables météorologiques en relation avec l'humidité des feuilles dans la zone 1

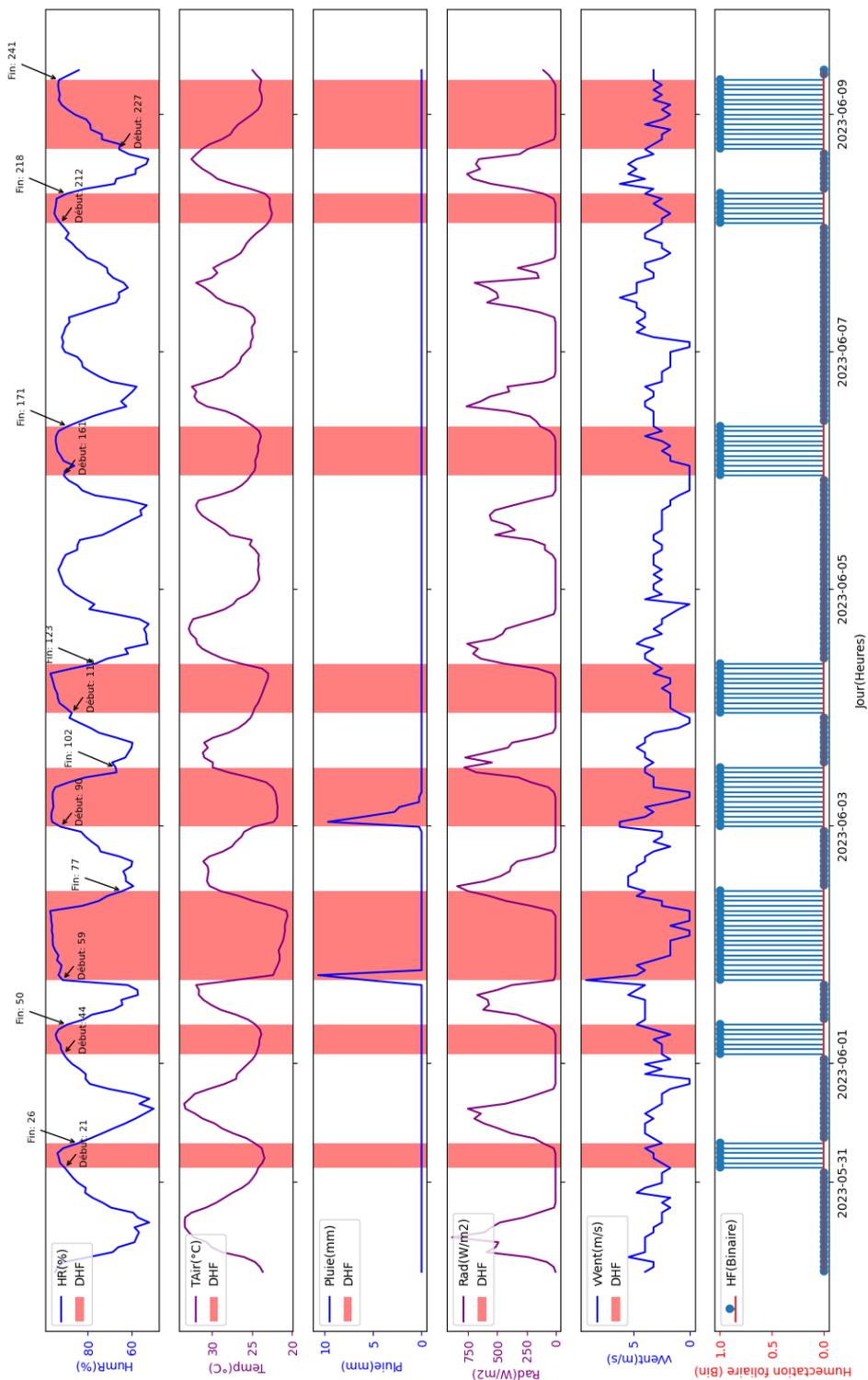


Fig. 7. Evolution des variables météorologiques en relation avec l'humidité des feuilles dans la zone 2

### 3.4 TENDANCE DES VARIABLES MÉTÉOROLOGIQUES

La distribution des variables météorologiques en présence d'eau met en exergue les différentes fréquences des valeurs présent par les variables météorologiques en présence d'eau sur le feuillage. Ainsi dans la première zone, la courbe décroissante de l'humectation pour la variable température, montre une baisse des fréquences d'apparition d'eau sur le feuillage lorsque

les valeurs de température sont croissantes (Figure 8-a). De même que pour la radiation solaire et la vitesse du vent (Figure 8-b et Figure 8-c). Contrairement à ces variables, l'humidité relative enregistre des fréquences d'apparition d'eau élevée sur le feuillage, lorsque ces valeurs sont également élevées (Figure 8-d). En ce qui concerne les précipitations, il a été observé une concentration des fréquences autour de la valeur zéro (Figure 8-e).

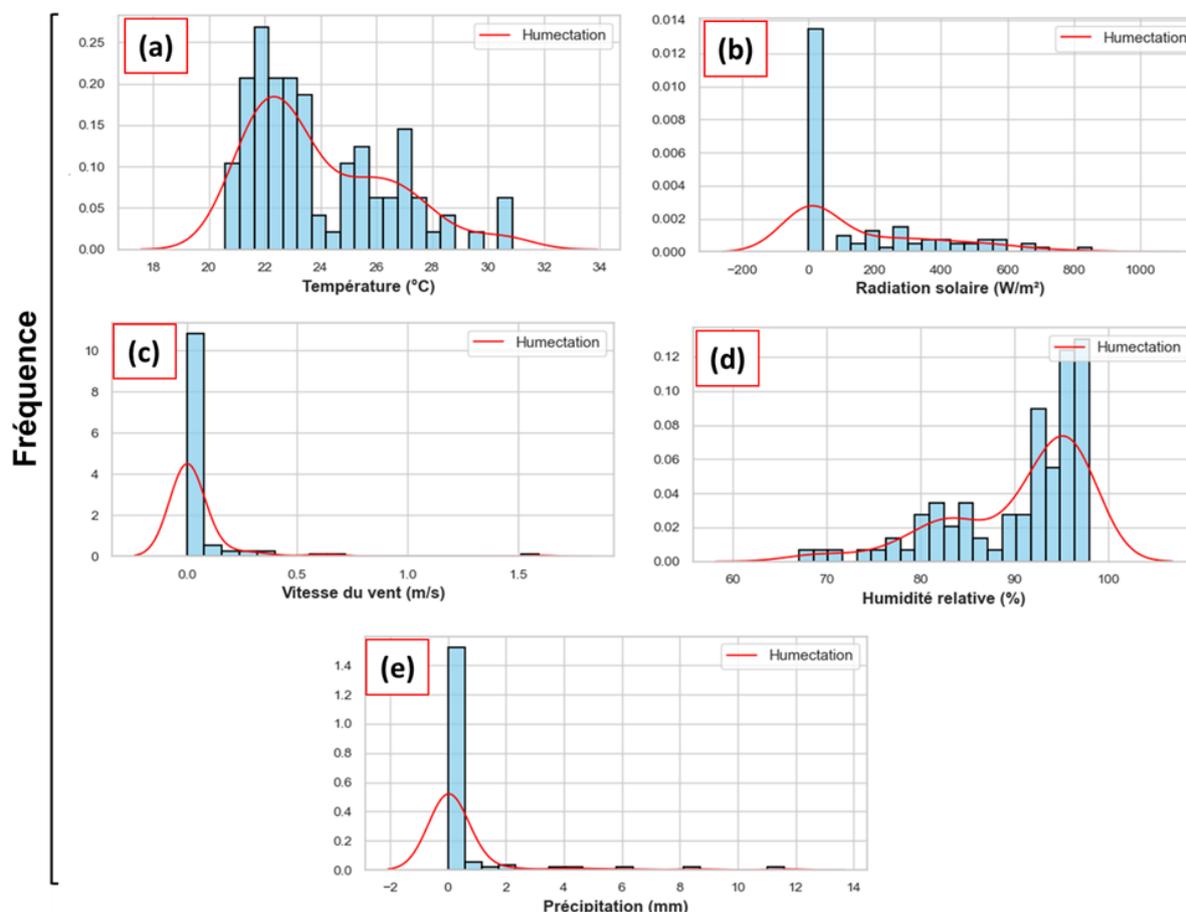


Fig. 8. Distribution des variables météorologiques en présence d'eau dans la zone 1

Au niveau de la seconde zone, il a été également observé des fréquences élevées d'humectation des feuilles pour les variables températures, radiation solaire et vitesse du vent lorsque les valeurs sont baissantes (Figure 9-a, 9-b et 9-c). Contrairement à l'humidité relative qui enregistre des fréquences élevées d'humectation foliaire lorsque les valeurs sont croissantes (Figure 9-d). Les précipitations se concentrent majoritairement autour de la valeur zéro lorsque nous sommes en présence d'eau sur les feuilles (Figure 9-e).

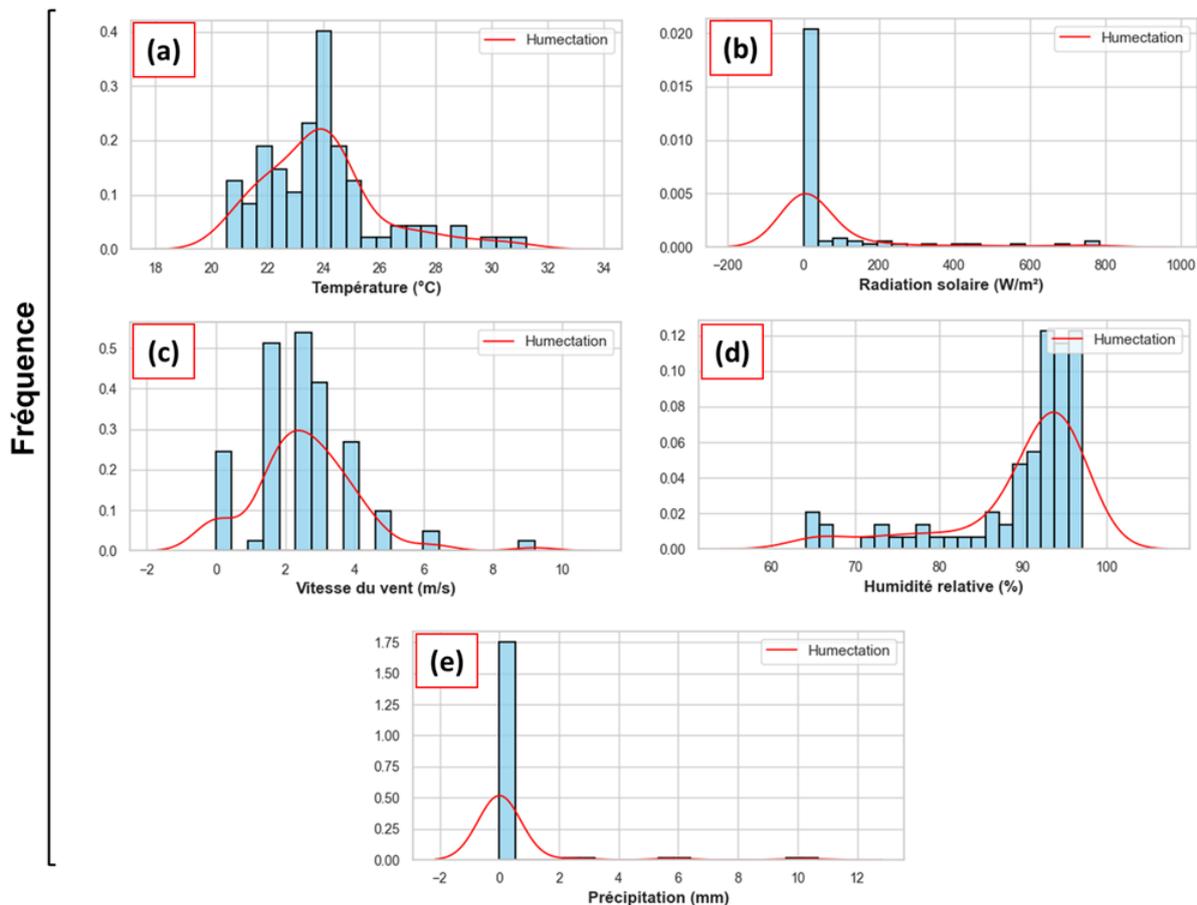


Fig. 9. Distribution des variables météorologiques en présence d'eau dans la zone 2

Les mesures de tendance centrale enregistrées sur la période de collecte des données ne varient pas grandement à quelques exceptions près. Les tendances observées au niveau des variables température, humidité relative et précipitation présentent des moyennes et écarts-types relativement stables entre les deux zones (Tableau I). Par ailleurs, la radiation solaire et la vitesse du vent montrent des variations significatives entre les deux zones.

Tableau 1. Différences significatives des variables météorologiques pendant l'humectation des feuilles dans les deux zones

Variables	Moyenne		Ecart-type		Niveau de significativité (p-value)
	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	
Température (°C)	23,99	23,95	2,51	2,15	
Humidité relative (%)	90,49	89,72	7,32	8,30	
Radiation solaire (W/m <sup>2</sup> )	158,02	63,47	215,39	168,89	**
Vitesse du vent (m/s)	0,05	2,57	0,19	1,51	***
Précipitations (mm)	0,46	0,43	1,72	1,76	

## 4 DISCUSSION

### 4.1 VARIATION DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES HORAIRES DANS LES ZONES D'ETUDES

L'étude a révélé des différences significatives dans les conditions météorologiques entre les deux zones étudiées, impactant directement l'humectation des feuilles d'anacardier et la gestion des cultures. Dans la première zone, les données de 2020 à 2022 montrent des variations saisonnières marquées. La vitesse du vent est élevée de janvier à mars, avant de diminuer entre

août et septembre. Ces fluctuations peuvent favoriser la propagation des spores fongiques et augmenter le risque de maladies foliaires, notamment durant les périodes de vents forts et d'humidité élevée [22]. De plus, les températures atteignent fréquemment 40°C de février à mai, provoquant un stress hydrique chez les plantes, ce qui les rend plus vulnérables aux infections fongiques [23]. L'humidité relative augmente de mai à juillet, coïncidant avec la saison des pluies, ce qui favorise l'humectation des feuilles et justifie un ajustement des traitements fongicides [24].

En revanche, dans la seconde zone, les vents sont réguliers tout au long de l'année, avec des pics entre avril et juillet. Ce microclimat favorise l'évaporation et réduit l'humectation prolongée des feuilles [25]. Les températures y sont plus stables, limitant ainsi le stress thermique et facilitant une meilleure gestion de l'eau pour les cultures d'anacardiers [26]. Bien que l'humidité relative soit généralement élevée, elle diminue en décembre, janvier et février, périodes cruciales pour la gestion des maladies. Ces variations soulignent l'importance d'une surveillance météorologique continue pour une gestion optimale des cultures.

#### **4.2 SCHEMA DE CORRELATION OU D'INVERSION ENTRE LES VARIABLES METEOROLOGIQUES**

Dans la première zone, une corrélation inverse a été observée entre l'humidité relative et des facteurs tels que la température, la vitesse du vent et la radiation solaire. Lorsque la température et la vitesse du vent augmentent, l'humidité relative diminue, ce qui entraîne un séchage plus rapide des feuilles et réduit la durée d'humectation. Cependant, entre mai et octobre, l'augmentation de l'humidité relative, couplée à des précipitations fréquentes, favorise la persistance de l'humidité sur les feuilles [27].

Dans la seconde zone, la relation inverse entre l'humidité relative et la température est encore plus marquée, avec des corrélations allant de -0,90 à -0,73. Cela signifie que les feuilles restent humides plus longtemps lorsque la température est plus basse. Une humidité élevée associée à des températures plus fraîches favorise la condensation de l'eau sur les feuilles, prolongeant ainsi leur humidification. Cette situation, courante en période de fortes précipitations, augmente le risque de maladies foliaires [28].

Dans les deux zones, une corrélation positive entre la température et la radiation solaire a été observée, montrant que des niveaux élevés de radiation entraînent une évaporation plus rapide de l'eau sur les feuilles, réduisant ainsi l'humectation durant les périodes ensoleillées. Cependant, en juillet et août, une légère baisse de la radiation solaire, combinée à une humidité élevée, prolonge la présence d'eau sur les feuilles, créant des conditions propices au développement des maladies fongiques [29].

#### **4.3 DYNAMIQUE DE LA DUREE D'HUMECTATION DES FEUILLES**

L'évolution de la durée d'humectation des feuilles (DHF) dans les deux zones étudiées met en évidence des dynamiques spécifiques liées aux conditions météorologiques. L'humectation des feuilles, un facteur clé dans le développement des maladies foliaires, dépend de plusieurs paramètres tels que l'humidité relative, la température, le rayonnement solaire et la vitesse du vent.

Dans la première zone, les feuilles restent humides principalement pendant les périodes d'humidité relative élevée. Ces périodes coïncident avec des températures plus basses, une faible intensité solaire et des vents légers, ce qui limite l'évaporation et prolonge l'humidité sur les feuilles [10]. Un environnement frais et humide accroît ainsi le risque d'infections fongiques [16].

Dans la seconde zone, la durée d'humectation est plus longue en raison d'une humidité relative plus élevée et de températures modérées. Ces conditions favorisent la formation de rosée et la persistance de l'eau après les précipitations. Lorsque les précipitations coïncident avec des températures basses, un faible rayonnement solaire et des vents calmes, la DHF augmente de manière significative [14].

Ces observations sont cruciales pour la gestion des cultures d'anacardiers. Dans la seconde zone, où l'humidité persiste plus longtemps, des mesures préventives, telles que l'application de fongicides et l'ajustement des pratiques culturales, sont nécessaires pour limiter les risques de maladies [28]. Une gestion intégrée basée sur une surveillance météorologique rigoureuse est essentielle pour minimiser ces risques.

#### 4.4 IMPACT DES VARIABLES METEOROLOGIQUES SUR L'HUMECTATION DES FEUILLES

Les tendances des variables météorologiques, telles que la température, l'humidité relative, la radiation solaire et la vitesse du vent, ont démontré leur influence sur l'humectation des feuilles dans les deux zones étudiées. Dans la première zone, la fréquence d'humectation diminue à mesure que la température augmente, ce qui s'explique par une évaporation plus rapide de l'eau sur les feuilles en période de chaleur. De plus, une radiation solaire intense et des vents plus forts accélèrent ce processus en augmentant la température des feuilles et le flux d'air [30]. À l'inverse, une humidité relative élevée favorise la persistance de l'eau, car elle réduit la pression de vapeur et ralentit l'évaporation.

Dans la seconde zone, des tendances similaires sont observées. Des températures plus basses, une faible radiation solaire et des vents calmes prolongent l'humectation, créant des conditions favorables au développement des maladies [31]. Malgré les variations climatiques régionales, les mêmes processus influencent l'humectation des feuilles dans les deux zones.

Les données soulignent l'importance de surveiller l'humidité relative et la température pour anticiper les périodes critiques de risque fongique, même en l'absence de précipitations directes. Cela montre qu'une gestion efficace des maladies foliaires doit s'adapter aux conditions climatiques locales et aux variables influençant la persistance de l'humidité [11].

Les valeurs moyennes des variables météorologiques dans les deux zones révèlent des différences significatives qui affectent l'humectation des feuilles d'anacardier. Les températures, l'humidité relative et les précipitations montrent des moyennes et des écarts-types relativement stables entre les zones, indiquant des conditions climatiques globalement similaires sur une base horaire. Cette stabilité permet de prévoir avec fiabilité les périodes de risque d'humectation prolongée et, par conséquent, de maladies fongiques.

Cependant, des variations significatives ont été observées pour la radiation solaire et la vitesse du vent. Une radiation solaire plus intense dans l'une des zones favorise une évaporation plus rapide de l'eau sur les feuilles, réduisant ainsi la durée d'humectation. De même, une vitesse de vent plus élevée accentue le séchage des feuilles. Ces deux facteurs sont essentiels à prendre en compte dans la gestion de l'humectation foliaire et doivent être surveillés dans les stratégies phytosanitaires.

Ces variations climatiques régionales mettent en évidence l'importance d'adapter les pratiques agricoles en fonction des conditions locales afin de minimiser les risques de maladies.

## 5 CONCLUSION

L'étude met en évidence le rôle déterminant des conditions météorologiques sur la durée d'humectation des feuilles (DHF) d'anacardier, influençant ainsi la propagation des maladies foliaires. Les résultats montrent que des périodes prolongées d'humidité relative élevée et de faibles températures prolongent l'humectation des feuilles, augmentant le risque de maladies. Les différences entre les deux zones étudiées soulignent l'importance d'une approche régionale dans la gestion des cultures. À Lataha, les températures élevées et les vents forts réduisent l'humidité des feuilles, tandis qu'à Vavoua, des conditions plus stables et une humidité relative persistante favorisent une DHF plus longue. Ces variations montrent que la gestion des maladies doit être adaptée aux particularités climatiques locales. Les corrélations observées entre les variables météorologiques et la DHF justifient la nécessité de stratégies de gestion intégrée, incluant une surveillance régulière des conditions météorologiques. En conséquence, l'étude souligne que l'anticipation des périodes critiques pour les cultures d'anacardier est essentielle pour prévenir les maladies, ce qui permettrait d'améliorer les rendements et de réduire les pertes liées aux conditions climatiques adverses.

## REFERENCES

- [1] A. Weiss, «Leaf wetness: measurements and models,» *Remote Sensing Reviews*, vol. 5, pp. 215–224, 1990.
- [2] L. Huber and T. J. Gillespie, «Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology,» *Annual Review of Phytopathology*, vol. 30, pp. 553–577, 1992.
- [3] C. A. Brewer and W. K. Smith, «Patterns of leaf surface wetness for montane and subalpine plants,» *Plant, Cell and Environment*, vol. 20, pp. 1–11, 1997.
- [4] O. Klemm, C. Milford, M. A. Sutton, G. Spindler, and E. van Putten, «A climatology of leaf surface wetness,» *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 71, pp. 107–117, 2002.
- [5] E. Maussion, «La Côte d'Ivoire double l'Inde sur la cajou, mais peine à plus transformer,» *Jeune Afrique*, 2024. [Online]. Available: <https://www.jeuneafrique.com/1539281/economie-entreprises/la-cote-divoire-double-linde-sur-la-cajou/#:~:text=Devenu>.

- [6] S. Nakpalo, S. Sibirina, K. Tchoa, A. Kouabenan, K. Mongomake, and K. Daouda, «Parasitical Fungi in Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Orchard of Côte d'Ivoire,» *Plant Pathology Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 82–88, 2017.
- [7] S. Soro, S. Sanogo, G. M. Ouattara, N. Silue, D. Kone, and Y. J. Kouadi, «Analyse descriptive et facteurs agronomiques d'avant-garde de l'état sanitaire des vergers anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) en Côte d'Ivoire,» *European Scientific Journal (ESJ)*, vol. 16, no. 30, 2020.
- [8] A. N. Soro, S. Soro, G. Yeo, A. M. N. Kouman, A. A. Tehua, N. Silue, K. Abo, and E. D. Kone, «Severity and distribution updated of anthracnose on cashew trees (*Anacardium occidentale* L.) in Côte d'Ivoire,» *Agronomie Africaine Sp*, vol. 34, no. 1, 2022.
- [9] S. Zito, T. Castel, Y. Richard, M. Rega, and B. Bois, «Optimization of a leaf wetness duration model,» *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 291, 2020.
- [10] K. Amani, K. R. L. Coulibaly, E. J. Tondoh, Z. A. Ouattara, S. Soro, Y. M. Minhibo, C. K. Kouakou, E. Aynekulu, and C. Kouamé, «Weather-informed recommendations for pest and disease management in the cashew production zone of Côte d'Ivoire,» *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 15, 2023.
- [11] P. C. Sentelhas, A. Dalla Marta, S. Orlandini, E. A. Santos, T. J. Gillespie, and M. L. Gleason, «Suitability of relative humidity as an estimator of leaf wetness duration,» *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 148, no. 3, pp. 392–400, 2008.
- [12] O. Carisse, A. Lévassieur, and C. Provost, «Influence of leaf wetness duration and temperature on infection of grape leaves by *Elsinoe ampelina* under controlled and vineyard conditions,» *Plant Disease*, vol. 104, no. 11, pp. 2817–2822, 2020.
- [13] Z. Gao and X. Wang, «Spatial variability of leaf wetness under different soil water conditions in rainfed jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) in the loess hilly region, China,» *Journal of Arid Land*, vol. 14, pp. 70–81, 2022.
- [14] R. A. Makale, S. K. Mourice, and F. A. Kapinga, «Spatial-temporal variability in under-canopy soil fertility and nutritional contents of cashew trees in Makonde Plateau of southeastern Tanzania,» *Heliyon*, vol. 9, no. 11, e22321, 2023.
- [15] T. Rowlandson, M. Gleason, P. Sentelhas, T. Gillespie, C. Thomas, and B. Hornbuckle, «Reconsidering leaf wetness duration determination for plant disease management,» *Plant Disease*, vol. 99, no. 3, pp. 310–319, 2015.
- [16] M. Solís and V. Rojas-Herrera, «Approaches for the prediction of leaf wetness duration with machine learning,» *Biomimetics*, vol. 6, no. 2, 2021.
- [17] A. Makale, S. Mourice, and F. Kapinga, «Assessment of farmers' knowledge on the foliar fertilizer use for improved cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in south-eastern Tanzania,» *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 101092, 2024.
- [18] A. J. B. Djaha, H. A. N'da, K. E. Koffi, N. A. Adopo, and S. Ake, «Diversité morphologique des accessions d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) introduits en Côte d'Ivoire,» *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, vol. 23, pp. 244–258, 2014.
- [19] A. A. Giscard, N. K. Christophe, and A. A. Romaric Rodolphe, «Impact de la variabilité climatique sur les calendriers agricoles dans la sous-préfecture de Vavoua (Centre-Ouest Ivoirien),» *European Scientific Journal (ESJ)*, vol. 18, no. 27, p. 255, 2022.
- [20] A. Banito, E. K. Kpemoua, R. K. Dayiwo, E. Tedihou, and R. Sikirou, «Inventaire des maladies de l'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) dans la préfecture de Tchamba au Togo,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 15, no. 6, pp. 2514–2525, 2022.
- [21] J. Huang and Q. Li, *Statistical Methods for Meteorological Data Analysis*, 2015.
- [22] R. Lahlali, M. Taoussi, S.-E. Laasli, G. Gachara, R. Ezzougari, Z. Belabess, K. Aberkani, A. Assouguem, A. Meddich, M. El Jarroudi, and E. Ait Barka, «Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions,» *Crop and Environment*, vol. 3, no. 3, pp. 159–170, 2024.
- [23] I. Balogoun, L. Ahoton, A. Saidou, B. Daouda, V. Ezin, G. Amadji, B. Ahojuendo, S. Babatounde, D. Chougourou, and A. Ahanchede, «Effect of climatic factors on cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa),» *Journal of Earth Science & Climatic Change*, vol. 7, 2015.
- [24] M. Abdulai, K. Santo, P. Norshie, S. Larbi-Koranteng, F. Ackah, D. Afreh, and A. Mohamed, «Diseases and insect pests associated with cashew (*Anacardium occidentale* L.) orchards in Ghana,» *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, vol. 3, pp. 23–32, 2021.
- [25] M. Carr, «The water relations and irrigation requirements of cashew (*Anacardium occidentale* L.): A review,» *Experimental Agriculture*, vol. 50, 2014.
- [26] D. O. Bello, L. E. Ahoton, A. Saidou, I. P. B. Akponikpe, V. A. Ezin, I. Balogoun, and N. Aho, «Climate change and cashew (*Anacardium occidentale* L.) productivity in Benin (West Africa): perceptions and endogenous measures of adaptation,» *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 11, no. 3, p. 924, 2017.
- [27] P. Asadi and D. Tian, «Estimating leaf wetness duration with machine learning and climate reanalysis data,» *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 307, 2021.

- [28] C. Alcarde Alvares, I. Cegatta, E. Zauza, E. Soliman, A. Garcia, M. Zonete, and J. Stape, «Modeling the leaf wetness duration measured in tropical and subtropical environments,» 2024.
- [29] A. Dalla Marta, R. Magarey, and S. Orlandini, «Modelling leaf wetness duration and downy mildew simulation on grapevine in Italy,» *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 132, pp. 84–95, 2005.
- [30] K. S. Kim, S. E. Taylor, and M. L. Gleason, «Development of a leaf wetness model using a fuzzy logic system,» *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 127, pp. 53–64, 2004.