



Journal Homepage: -www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/22512
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/22512>



RESEARCH ARTICLE

ANALYSE DES PERFORMANCES OPTIMALES D'UN SECHOIR SOLAIRE A KANKAN (REPUBLIQUE DE GUINEE) : EVALUATION DES PARAMETRES ASTRONOMIQUES ET DES COORDONNEES SOLAIRES POUR UN SECHAGE NATUREL EFFICACE

Sekou Fatoumata Conde^{1,2}, Mamadou Traore², Ansoumane Sakouvogui³, Cheikh Saliou Toure⁴, Saliou Bolarinwa Ogor², Faya Oulare^{1,2} and Drissa Diaby¹

1. Laboratoire D'enseignement Et De Recherche En Energie Appliquee, Universite Gamal Abdel Nasser De Conakry (UGANC), Republique De Guinee.
2. Departement De Physique, Faculte Des Sciences Naturelles, Universite Julius Nyerere, Kankan, Republique De Guinee.
3. Departement Energetique, Institut Supérieur De Technologie De Mamou, Republique De Guinee.
4. Departement D'energie Photovoltaïque, Universite De Labe, Republique De Guinee.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 01 November 2025
Final Accepted: 04 December 2025
Published: January 2026

Key words:-

Kankan, parametres astronomiques, coordonnees solaires, sechoir a convection naturel, evaluation, optimisation.

Abstract

Le present article examine l'optimisation des performances d'un sechoir solaire a convection naturelle situe a Kankan (Republique de Guinee), en evaluant les parametres astronomiques et les coordonnees solaires. L'etude se fonde sur la modelisation de la position apparente du Soleil, incluant la declinaison, la hauteur, l'azimut, l'angle horaire et l'equation du temps, en fonction des caracteristiques geographiques locales et du numero du jour dans l'annee, pour la periode s'étendant du 15 avril au 2 octobre. L'etude comparative de divers modeles mathematiques de l'equation du temps revele que le modele 1 du tableau 3 de l'equation du temps presente la plus grande exactitude, attestee par un coefficient de determination eleve ($R^2 = 0,98$). Les resultats soulignent l'incidence significative de la variation saisonniere de la position solaire sur l'angle d'incidence du rayonnement, et par consequent, sur le potentiel thermique susceptible d'être exploite par le sechoir. L'integration explicite de ces parametres represente un instrument primordial pour l'optimisation de l'orientation, de l'inclinaison et des periodes de fonctionnement des sechoirs solaires dans le contexte climatique specifique de la Haute-Guinee.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction :-

Le sechage solaire represente une technologie de conservation des produits agroalimentaires particulierement appropriee aux regions tropicales et subtropicales, caracterisees par un potentiel solaire eleve. Base sur l'exploitation directe du rayonnement solaire aux fins de l'extraction de l'eau contenue dans les produits, ce procede permet de diminuer l'activite hydrique, d'accroitre la duree de conservation et de reduire les pertes apres recolte. En

Corresponding Author:Sekou Fatoumata Conde

Address:1. Laboratoire Denseignement Et De Recherche En Energie Appliquee, Universite Gamal Abdel Nasser De Conakry (UGANC), Republique De Guinee.2. Departement De Physique, Faculte Des Sciences Naturelles, Universite Julius Nyerere, Kankan, Republique De Guinee.

comparaison avec le sechage conventionnel a l'air libre et les procedes traditionnels tributaires des energies fossiles, le sechage solaire constitue une alternative economiquement viable, energetiquement efficiente et ecologiquement responsable, tout en contribuant au maintien de la qualite nutritionnelle et sanitaire des produits alimentaires [1], [2]. La performance d'un sechoir solaire est intrinseurement correlee aux conditions climatiques locales, notamment l'intensite du rayonnement solaire incident, la temperature ambiante, l'humidite relative de l'air et la dynamique de la circulation de l'air a l'interieur de la chambre de sechage. Ces parametres exercent une influence directe sur la cinetique de sechage, l'efficacite thermique du dispositif et la duree totale du processus. De nombreuses etudes ont demonstre que les variations diurnes et saisonnieres du rayonnement solaire sont susceptibles d'induire des fluctuations notables des performances energetiques des sechoirs, notamment dans les systemes a convection naturelle [3], [4], [5].

Dans les regions d'Afrique de l'Ouest, le potentiel solaire est eleve, mais sa modulation est significative en raison de facteurs climatiques specifiques, tels que la variabilite saisonniere, la couverture nuageuse et la presence recurrente d'aerosols desertiques, en particulier les poussieres sahariennes. Ces phenomenes atmospheriques exercent une influence sur l'irradiation solaire effectivement disponible et sont susceptibles d'affecter de maniere substantielle les performances des systemes solaires thermiques. Des etudes climatologiques recentes ont demonstre l'incidence significative de ces conditions sur l'evaluation du rayonnement solaire incident en Afrique de l'Ouest [6], mettant en exergue l'imperatif de proceder a des analyses locales approfondies pour toute application energetique solaire. Les sechoirs solaires presentent diverses configurations, qu'elles soient directes, indirectes ou mixtes, et fonctionnent par convection naturelle ou forcee. Les systemes a convection naturelle se revelent particulierement pertinents pour les zones rurales, compte tenu de leur conception simple, de leur cout modique et de leur autonomie energetique. Des etudes experimentales conduites en Afrique de l'Ouest ont demonstre leur efficacite dans le cadre du sechage de produits agricoles. Guilavogui et ses collaborateurs (2020) ont ainsi demonstre une augmentation significative de la temperature de l'air de sechage et une diminution notable de la duree de sechage de la mangue, comparativement au sechage a l'air libre [7]. De facon analogue, Ousmane et ses collaborateurs (2018) ont mis en evidence que l'augmentation du transfert thermique, notamment via l'emploi d'absorbeurs a ailettes, concourt a l'accroissement de l'efficacite energetique et a la stabilisation des conditions thermiques du sechoir [8].

Independamment des parametres meteorologiques, le fonctionnement et l'optimisation des sechoirs solaires dependent egalement de parametres astronomiques fondamentaux, notamment la latitude du site, la declinaison solaire, l'angle horaire, l'angle zenithal, la hauteur solaire et l'azimut solaire. Ces parametres exercent une influence determinante sur la trajectoire apparente du soleil et conditionnent l'angle d'incidence du rayonnement sur les surfaces collectrices, affectant par consequent la quantite d'energie effectivement absorbee. L'integration de ces parametres dans l'analyse energetique permet d'optimiser l'orientation, l'inclinaison et les periodes de fonctionnement des dispositifs solaires [9], [10]. Des etudes de simulation ont demonstre, en particulier, que l'optimisation des coordonnees solaires peut entrainer une augmentation significative de la temperature de l'air de sechage et du rendement global du sechoir [11]. La periode matinale exerce une influence determinante sur le fonctionnement des sechoirs solaires, notamment ceux qui operent par convection naturelle. Au cours de cette phase, l'augmentation graduelle du rayonnement solaire contribue a l'elevation de la temperature interne du sechoir ainsi qu'a l'initiation du processus d'evaporation. L'exploitation optimale du rayonnement solaire matinal contribue a ameliorer la stabilité thermique du systeme tout au long de la journee et a diminuer la duree globale du sechage [4]. De surcroit, l'integration de la variation diurne du rayonnement solaire s'avere indispensable pour une evaluation fiable de l'efficacite des sechoirs solaires [5].

Neanmoins, en depit de la profusion d'etudes portant sur les performances des sechoirs solaires, rares sont les recherches ayant analyse en profondeur l'incidence specifique des parametres astronomiques, et notamment des conditions solaires matinales, sur les performances de ces dispositifs dans des contextes climatiques localises en Afrique de l'Ouest. En Republique de Guinee, et plus specifiquement dans la region de Haute-Guinee ou se trouve la ville de Kankan, les recherches existantes demeurent restreintes et s'orientent principalement vers des analyses experimentales globales, sans integrer de maniere explicite l'evaluation des parametres astronomiques et des coordonnees solaires propres au site considere. Compte tenu de cette lacune scientifique, la presente etude se propose de contribuer de maniere originale a l'analyse des performances optimales d'un sechoir solaire a Kankan, en integrant une evaluation explicite des parametres astronomiques et des coordonnees solaires durant la matinee. L'objectif est d'établir une correlation entre les performances thermiques et energetiques du sechoir et les conditions d'ensoleillement locales, en vue de proposer une approche methodologique adaptee au contexte climatique de la

Haute-Guinée et de contribuer à l'optimisation du séchage naturel ainsi qu'à la valorisation du potentiel solaire guinéen.

Methodologie :-

Situation géographique :

Localisée dans la partie orientale du pays, la préfecture de Kankan constitue le chef-lieu de la région administrative homonyme. Son étendue se situe entre $9^{\circ}40'$ et $10^{\circ}45'$ de latitude Nord et entre $8^{\circ}18'$ et $10^{\circ}45'$ de longitude Ouest. Sa délimitation géographique s'effectue comme suit : au nord, par la préfecture de Siguiri et une portion de Mandiana ; au sud, par Kissidougou, Beyla et Kerouane ; à l'est, par la préfecture de Mandiana et la République de Côte d'Ivoire ; et enfin, à l'ouest, par la préfecture de Kouroussa. Sa superficie est d'environ $19\ 750\ km^2$.

D'après les données issues du Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-3, 2014), la population était estimée à 473 359 habitants, ce qui correspond à une densité moyenne de 31 habitants par kilomètre carré, pour une altitude d'environ 337 mètres. La préfecture se compose d'une commune urbaine subdivisée en vingt-sept quartiers, couvrant une superficie de cent cinquante-cinq kilomètres carrés, ainsi que de quinze sous-préfectures [12]. Son altitude moyenne est d'environ quatre cents mètres [13].

La préfecture se caractérise par un climat tropical de savane, défini par une alternance saisonnière binaire. La période de sécheresse s'étend de novembre à avril et se caractérise généralement par la prédominance de l'harmattan, tandis que la saison des pluies se déroule de mai à octobre. Les précipitations annuelles moyennes enregistrées à Kankan s'élèvent à environ 1 691 mm [13]. Ce régime climatique est significativement influencé par la circulation des principaux courants atmosphériques, notamment la mousson, un flux d'air humide d'origine méridionale se dirigeant vers l'ouest. Il est généralement observé que le maximum de nebulosité à Kankan survient au cours du mois d'août, avec une valeur moyenne de 75 %, tandis que le minimum est enregistré en février, atteignant 9 % [14]. Les températures maximales peuvent dépasser $40\ ^{\circ}C$ durant la saison sèche (février–avril), tandis que les températures minimales sont généralement observées en fin d'année (octobre–décembre) [15], [16]. L'humidité relative oscille entre 39 % et 85 % [15], [17].

Modélisation des paramètres astronomiques et des coordonnées solaires :

Les paramètres astronomiques et les coordonnées solaires représentent des éléments essentiels à l'optimisation des performances d'un séchoir solaire, dans la mesure où ils permettent de maximiser l'absorption du rayonnement incident. L'évaluation de la hauteur solaire, de la distance zenithale, de l'azimut, de la déclinaison, du temps solaire vrai, de l'équation du temps et de l'angle horaire permet un ajustement optimal de l'orientation et de l'inclinaison du capteur, ce qui améliore l'efficacité thermique du système [18]. La détermination précise de la position solaire s'appuie sur le concept de la sphère céleste, outil fondamental du repérage astronomique intégrant le pôle et l'équateur célestes. La position du soleil, à un instant et en un lieu spécifique, est déterminée à partir de ses coordonnées célestes, établies dans les référentiels équatorial ou horizontal, ce qui permet de décrire sa trajectoire apparente et de favoriser la conception et l'optimisation des applications solaires thermiques [19], [20].

Hauteur du soleil :

La hauteur du soleil (h), également désignée sous le terme d'altitude solaire, correspond à l'angle mesuré entre la direction du soleil et le plan horizontal en un lieu et à un instant spécifique. Exprimée en degrés, cette grandeur fluctue diurnement et annuellement en fonction de la rotation et de la révolution terrestres. Représentée par l'équation 1, la variable h s'annule au lever et au coucher du soleil et atteint sa valeur maximale (90°) lorsque ce dernier est au zenith.

L'équation 1 s'écrit :

$$\sin h = \cos \delta \cos \varphi \cos \Gamma + \sin \delta \sin \Gamma \quad (1)$$

Où :

φ : latitude de l'observateur

δ : déclinaison solaire (varie selon la date)

Γ : angle horaire annuel (fonction de l'heure locale) ; il correspond à la position occupée par le soleil durant sa rotation au cours de l'année et se calcule par l'équation (2).

$$\Gamma = \frac{2\pi}{365} (N - 1) \quad (2)$$

Angle zenithal:

L'angle zenithal (z) est l'angle formé entre la direction du soleil et le zenith de l'observateur. Il est donné par l'équation 3 : $z = 90^\circ - h$ ou $h + z = 90^\circ$ (3)

Azimut solaire :

L'azimut solaire (a) se définit comme l'angle formé entre la direction du nord géographique et la projection horizontale de la position du soleil. Il est mesuré selon le sens horaire et est déterminé au moyen de l'équation 4.

$$\sin a = \frac{\cos \delta \sin \Gamma}{\cos h} \quad (4)$$

Declinaison :-

La declinaison solaire, désignée par le symbole δ , représente l'angle formé entre la direction des rayons solaires et le plan équatorial terrestre. Elle permet d'interpréter le mouvement apparent du soleil par rapport à l'équateur terrestre au cours de l'année. Cette valeur résulte directement de l'inclinaison de l'axe de rotation terrestre [21].

La declinaison revêt une importance capitale dans de nombreux calculs liés à l'astronomie et à l'énergie solaire.

Elle permet notamment de :

- ❖ déterminer avec précision la position du soleil dans le ciel, notamment en termes d'élévation et d'azimut ;
- ❖ évaluer la durée quotidienne d'insolation en un lieu donné ;
- ❖ optimiser l'orientation et l'inclinaison des équipements solaires, tels que les capteurs thermiques, les panneaux photovoltaïques ou les sechoirs solaires.

Dans le domaine de la modélisation, différentes expressions mathématiques de la declinaison sont proposées.

Formule SPA (Solar Position Algorithm) :-

L'équation 5, issue des travaux de Spencer (1971) et intégrée dans l'algorithme du NREL, permet un calcul très précis de la declinaison solaire [9] :

$$\delta = (0,006918 - 0,399912 \cos \Gamma + 0,070257 \sin \Gamma - 0,006758 \cos(2\Gamma) + 0,000907 \sin(2\Gamma) - 0,002697 \cos(3\Gamma) + 0,00148 \sin(3\Gamma)) \times \frac{180}{\pi} \quad (5)$$

où N désigne le numéro du jour dans l'année.

Formule Simplifiée (Approche Terrain) :

Dans le contexte des travaux pratiques et des évaluations rapides concernant les sechoirs solaires, les équations 6 et 7 sont communément employées pour déterminer la declinaison solaire de manière approximative mais efficace [9] :

$$\delta = 23,45^\circ \times \sin [(360 / 365) \times (N - 81)] \quad (6)$$

ou

$$\delta = 23,45^\circ \times \sin [(360 / 365) \times (N + 284)] \quad (7)$$

Dans une région caractérisée par un fort ensoleillement, telle que Kankan, la maîtrise de l'angle horaire représente un paramètre déterminant pour l'optimisation de l'implantation, de l'orientation et du dimensionnement des installations solaires. Cette maîtrise requiert néanmoins la connaissance de la position solaire au cours de l'année, position qui est généralement exprimée par le numéro du jour (N), lequel correspond à son rang dans le calendrier, le 1er janvier servant de point de départ, comme le montre le tableau 1.

Tableau 1: Calcul du numéro du jour dans l'année.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Ju	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
N° mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N° J/an	0	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334

Angle horaire journalier:

L'angle horaire solaire, désigné par ω , est déterminé par la rotation diurne de la Terre autour de son axe. Il représente l'angle formé entre la position apparente du Soleil et le plan méridien local de l'observateur. Cet angle indique l'avancement solaire dans la sphère céleste par rapport au méridien de référence local et s'exprime en degrés. L'équation 8 permet de calculer la valeur de ω [22] :

$$\omega = 15^\circ \times (T_{SV} - 12) \quad (8)$$

Où T_{SV} est le temps solaire vrai, correspondant à l'heure basée sur la position réelle du soleil dans le ciel et indiquant le moment exact où le soleil atteint son point le plus haut dans le ciel local (midi solaire) [23]. Avant le midi solaire, l'angle horaire ω est négatif, reflétant la position apparente du soleil à l'est du méridien local. Après le midi solaire, la valeur de ω devient positive, correspondant à une position du soleil à l'ouest du méridien. Cette convention de signe est couramment employée dans les études de modélisation énergétique, ainsi que dans la conception et l'optimisation des dispositifs solaires.

Equation du temps :

L'équation du temps (Et) quantifie l'écart entre le temps solaire vrai, déterminé par la position réelle du soleil dans la sphère céleste, et le temps solaire moyen, qui sert de référence uniforme pour les horloges. Cet écart n'est pas constant au cours de l'année et varie principalement sous l'influence de deux facteurs astronomiques :

- ❖ l'excentricité orbitale terrestre : elle induit une variation de la vitesse angulaire de la terre au cours de l'année en raison de sa trajectoire elliptique.
- ❖ l'inclinaison de l'axe terrestre : caractérisée par un angle d'environ $23,45^\circ$ par rapport au plan de l'écliptique, elle entraîne une variation de la vitesse apparente du soleil au cours des saisons.

Ainsi, il est possible d'observer un écart maximal d'environ ± 16 minutes entre le temps solaire vrai et le temps solaire moyen. L'équation du temps constitue par conséquent un outil indispensable pour corriger cet écart et améliorer la précision des calculs liés aux applications solaires et astronomiques [24]. Elle est exprimée par l'équation 9 :

$$E_t = T_{SV} - T_{SM} \quad (9)$$

où :

E_t : équation du temps (en minutes), T_{SV} : temps solaire vrai et T_{SM} : temps solaire moyen

Le tableau 2 présente les formules empiriques et analytiques les plus couramment utilisées pour exprimer l'équation du temps selon différents niveaux de précision.

Tableau 2: récapitulatif des principales formules de l'équation du temps [9].

modèle	Formule mathématique de l'équation du temps	Numeration
1	$E = 9,87 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B)$ avec $B = (360/365)(N - 81)$	(10)
2	$E = 7,5 \sin(B) - 9,87 \sin(2B + 24,99^\circ)$	(11)
3	$E = 229,18 [0,000075 + 0,001868 \cos(g) - 0,032077 \sin(g) - 0,014615 \cos(2g) - 0,040849 \sin(2g)]$ avec $g = (360/365)(N - 1)$	(12)
4	$E = 7,655 \sin(B + 85,9^\circ)$	(13)

Où :

B est un angle correctif saisonnier ; il est utilisé pour ajuster les variations saisonnières (en degrés)

g: anomalie moyenne de la Terre (en degrés)

N: numéro du jour dans l'année ($1 \leq N \leq 365$)

Le temps solaire regroupe le temps solaire vrai (TSV), le temps solaire universel (TU) et le temps solaire légal (TL).

Temps universel (TU) : il s'agit d'une référence horaire globale fondée sur le méridien de Greenwich (0° de longitude). Il reste constant et ne dépend pas de la longitude locale [22].

Temps légal (TL) : il s'agit de l'heure affichée par les horloges dans une zone géographique donnée. Elle est décalée par rapport au temps universel en fonction du fuseau horaire [22].

La relation qui lie (TSV et TL) est donnée par l'équation 14. Celle-ci permet de convertir le temps légal en temps solaire vrai.

$$TSV = TL + \frac{(\lambda_{Standard} - \lambda)}{15} + \frac{Et}{60} \quad (14)$$

Où : TSV: temps solaire vrai (en heures); TL: temps légal (en heures) ; $\lambda_{Standard}$: longitude du méridien central du fuseau horaire (en degrés); λ : longitude locale (en degrés) et E_t : équation du temps (en minutes)

L'équation 15 met en relation le temps universel et le temps solaire vrai. Cette relation tient compte de deux corrections fondamentales : premierement, la différence de longitude entre le site d'observation et le méridien

central du fuseau horaire, convertie en unites horaires ; deuxiemement, l'influence de l'équation du temps, qui compense les variations dues a l'ellipticite de l'orbite Terrestre et a l'inclinaison de son axe de rotation.

$$TU = TSV - \frac{\lambda_{Standar} - \lambda}{15} - \frac{Et}{60} - \Delta H \quad (15)$$

Où ΔH represente le decalage horaire entre le fuseau local et le meridien de Greenwich.

Notre site d'étude est la ville de Kankan avec $\lambda_{Standar} = 0^\circ$ et $\lambda = 9,30^\circ$ ouest.

Resultats :-

Pour mener a bien ce travail, nous avons tenu compte des periodes de disponibilite des fruits tropicaux a forte teneur en eau a Kankan, ainsi que des moments propices pour le sechage solaire. C'est ainsi que les dates du 15 avril, 15 mai, 10 juin et 2 octobre ont ete choisies, correspondant a la transition entre les saisons seche et pluvieuse.

En utilisant le tableau 1, nous determinons le numero du jour dans l'annee pour les dates choisies :

Pour le 15 avril : $N = 15 + 90 = 105$

Pour le 15 mai : $N = 15 + 120 = 135$

Pour le 10 juin : $N = 10 + 151 = 161$

Pour le 2 octobre : $N = 2 + 273 = 275$

La connaissance de ces valeurs nous a permis de determiner l'angle horaire Γ et la declinaison δ du Soleil. Les resultats des calculs sont presentes dans le tableau 3. Ce dernier met en evidence la variation saisonniere de l'angle horaire annuel (Γ) et de la declinaison solaire (δ) a Kankan, deux parametres cles pour l'évaluation du potentiel solaire. Entre le 15 avril et le 10 juin, la declinaison augmente fortement (de $9,41^\circ$ a $22,97^\circ$), traduisant une elevation progressive du Soleil dans le ciel et des conditions favorables a un rayonnement solaire intense. Cette periode correspond aux conditions astronomiques les plus propices au sechage solaire, avec une duree d'ensoleillement elevee et un angle d'incidence optimise. A l'inverse, la declinaison negative observee le 2 octobre ($-4,7^\circ$) indique une diminution de la hauteur solaire et du potentiel energetique disponible, necessitant une adaptation de l'orientation et de l'inclinaison du sechoir. L'évolution de l'angle horaire Γ souligne egalement le decalage des plages horaires optimales de fonctionnement au cours de l'annee. Ces resultats confirment que la prise en compte des variations annuelles de Γ et δ est indispensable pour optimiser le fonctionnement des sechoirs solaires dans le contexte climatique de Kankan.

Tableau 3: Angle horaire annuelle (Γ) et declinaison solaire (δ) pour les dates indiquees.

Date	Angle horaire annuel Γ ($^\circ$)	Declinaison δ ($^\circ$)
15 avril	102,58	9,41
15 mai	132,16	18,78
10 juin	157,81	22,97
2 octobre	270,25	-4,7

Dans les applications de planification solaire, le choix de la formule influence directement le calcul de l'heure solaire. Ainsi, pour faire un bon choix du modele, nous avons calcule le coefficient de determination R^2 , represente par l'équation 16 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_{ref,i} - E_{mod,i})^2}{\sum_{i=1}^n (E_{ref,i} - \bar{E}_{ref})^2} \quad (16)$$

Hypotheses :

-Le modele 3 du tableau 2, correspondant a l'équation 12, est pris comme reference quasi-exacte ;

-Intervalle etudie : N variant de 105 a 275, correspondant a la periode du 15 avril au 2 octobre.

Les resultats des calculs sont illustres dans le tableau 4. Ce tableau montre que, sur l'intervalle N allant de 105 a 275 jours, le modele 1 (equation 10) reproduit fidelement l'équation du temps avec un coefficient de determination $R^2 = 0,98$, tandis que les modeles simplifies (equations 11 et 13) presentent une correlation insuffisante. Ainsi, l'équation 10 sera utilisee pour le calcul du temps solaire vrai.

Tableau 4 : Valeurs de R^2 pour les 4 modeles du tableau 2.

Modele	R^2
1	0,98
2	-8,00
3 (reference)	1,00
4	-0,96

Les resultats du tableau 3 et les numeros du jour des dates utilisees ont ete exploites pour le calcul des parametres astronomiques et des coordonnees solaires du site d'experimentation. Ce site se situe a $10,38^{\circ}$ de latitude Nord et $9,30^{\circ}$ de longitude Ouest, a 10 heures, heure locale. On rappelle que, pour un lieu donne, le temps solaire vrai(TSV)se calcule a partir de l'heure legale, de la correction de longitude et de l'équation du temps. Les valeurs de TSV obtenues sont utilisees pour determiner les angles solaires (ω) a l'aide de l'équation 8, a la latitude $10^{\circ}38' N$, en vue d'optimiser le systeme. La connaissance de ce parametre et celle de la declinaison (δ) nous a permis de determiner, a la latitude consideree, la hauteur solaire (h) via l'équation 1. Par la suite, l'angle zenithal (z) et l'azimut solaire (a) sont determinees a partir des equations 3 et 4, respectivement.

Le tableau 5 presente les resultats des calculs des parametres astronomiques et des coordonnees solaires du site d'étude. Le 15 avril : la matinee est claire avec une radiation solaire intense, rendant le moment autour de 9h30 (temps solaire vrai) ideal pour un processus de sechage. A cette date, l'angle solaire est d'environ $-39,36^{\circ}$, ce qui indique que le Soleil se trouve a environ 2h37 avant son passage au meridien, puisque 1 heure correspond a 15° . En cette periode de transition vers la saison des pluies, le Soleil est deja bien eleve, avec une hauteur solaire de $51,3^{\circ}$. La distance zenithale de $38,7^{\circ}$ confirme que le Soleil est proche du zenith en matinee, expliquant le fort ensoleillement en ce moment. Par ailleurs, l'azimut solaire est presque oriente a l'Est, montrant que la trajectoire apparente du Soleil suit une direction Est-Ouest. Le 15 mai : a l'instar du 15 avril, la matinee est claire avec une radiation solaire intense, rendant le moment autour de 9h30 (temps solaire vrai) particulierement favorable pour un sechage naturel. L'angle solaire, a $-38,33^{\circ}$, reste negatif et proche de celui d'avril, indiquant que le Soleil est toujours en matinee, environ 2h33 avant midi solaire. Cette periode correspond au debut de la saison des pluies a Kankan, où l'humidite commence a monter, mais le Soleil brille encore avec force. La hauteur solaire, qui atteint $52,1^{\circ}$, marque un pic relatif, temoignant d'un ciel encore assez degage malgre la saison humide. La distance zenithale, a $37,9^{\circ}$, est au plus bas parmi les dates observees, soulignant que le Soleil est alors au plus proche du zenith. Enfin, l'azimut du oleil s'oriente vers le Sud-Est, un leger deplacement dû a la progression de la declinaison solaire, qui fait que la trajectoire du soleil se decale doucement vers le Sud au matin.

-Le 10 juin : tout comme les 15 avril et 15 mai, la matinee se revele claire avec une radiation solaire intense, rendant, vers 9h30 (TSV), un moment ideal pour le sechage. L'angle solaire, a $-39,09^{\circ}$, indique que le soleil se trouve encore environ 2h36 avant son passage au meridien (midi solaire). Cette date est proche du 21 juin, le jour où la declinaison solaire atteint son maximum de $+23,45^{\circ}$, ce qui fait que le soleil se trouve presque au zenith a Kankan a midi. Avec une hauteur solaire de $50,6^{\circ}$, on note une legere baisse par rapport a mai, liee a la variation de la declinaison solaire et a la latitude particuliere du site, où le soleil n'atteint jamais exactement le zenith. La distance zenithale, a $39,4^{\circ}$, confirme que le soleil est un peu plus eloigne du zenith qu'en mai. Par ailleurs, l'azimut solaire s'oriente toujours vers le Sud-Est, comme le 15 mai, refletant la rotation progressive de la trajectoire solaire vers le Sud en matinee, due a l'évolution de la declinaison solaire. Le 2 octobre : même si la saison des pluies vient de s'achever, l'humidite de l'air peut encore rester relativement elevee, mais l'ensoleillement demeure intense autour de cette heure matinale. A cette date, l'angle solaire est de $-36,42^{\circ}$, ce qui signifie que le Soleil se trouve environ 2h26 avant midi solaire. A cette periode, la declinaison devient negative, indiquant que le soleil repasse dans l'hemisphere Sud. En Guinee, cela correspond a la transition vers la saison seche, marquee par une legere reduction de la duree du jour. La hauteur solaire, a $50,7^{\circ}$, est proche de celle observee en juin, refletant que le Soleil reste encore assez haut dans le ciel le matin, signe d'une certaine stabilite autour de sa position maximale. La distance zenithale, la plus grande parmi les dates etudiees avec $39,7^{\circ}$, montre que le Soleil est un peu moins proche du zenith, ce qui correspond a la fin de la saison des pluies a Kankan. Enfin, l'azimut solaire s'oriente vers l'Est-Nord-Est, consequence directe de la declinaison negative du Soleil dans l'hemisphere Sud.

Tableau 5 : Valeurs du temps solaire vrai, de l'angle horaire journalier, de la hauteur du soleil, de l'angle zenithal et de l'azimut solaire

Dates	T _{SV}	ω	h	z	a
15 avril	9h22min 34s	$-39,36^{\circ}$	$51,3^{\circ}$	$38,7^{\circ}$	$-88,18^{\circ}$
15 mai	9h 26min42s	$-38,33^{\circ}$	$52,1^{\circ}$	$37,9^{\circ}$	$-73,01^{\circ}$
10 juin	9h 23min37s	$-39,09^{\circ}$	$50,6^{\circ}$	$39,4^{\circ}$	$-66,54^{\circ}$
2 octobre	9h 34min20s	$-36,42^{\circ}$	$50,7^{\circ}$	$39,7^{\circ}$	$-111,13^{\circ}$

Ces mesures effectuees dans le present travail, les 15 avril, 15 mai, 10 juin et 2 octobre, revelent qu'a 9h30, en temps solaire vrai, constituant un moment optimal pour le sechage naturel a Kankan, grâce a une radiation solaire intense et une matinee claire, même en periode de transition entre les deux saisons. Les parametres solaires montrent

une constance remarquable : un angle solaire negatif autour de -38° (soit environ 2h30–2h40 avant midi solaire), une hauteur solaire elevee ($50\text{--}52^\circ$), une distance zenithale moderee ($37\text{--}40^\circ$) et un azimut evoluant de l'Est vers le Sud-Est, puis vers l'Est-Nord-Est selon la declinaison solaire. Cette stabilite positionnelle du soleil, malgre les variations saisonnieres, confirme l'adaptabilite d'un sechoir solaire oriente Est-Ouest pour maximiser l'ensoleillement matinal et optimiser les performances de sechage tout au long de l'annee.

Recommendations pour la conception d'un sechoir solaire a Kankan :

Les resultats astronomiques montrent qu'a Kankan, autour de 9h30 en temps solaire vrai, le soleil presente de maniere stable un angle horaire negatif proche de -38° a -39° , une hauteur solaire elevee (de 50 a 52°) et une distance zenithale moderee (de 37 a 40°), ce qui traduit un rayonnement solaire intense et favorable au sechage naturel en matinee. Cette configuration justifie un fonctionnement prioritaire du sechoir entre 9h00 et 11h00, periode permettant d'exploiter efficacement l'energie solaire tout en evitant les contraintes thermiques de la mi-journee. L'evolution de l'azimut solaire, majoritairement orientee vers l'Est et le Sud-Est selon la saison, confirme la pertinence d'une orientation Est-Ouest du sechoir, avec une surface de captation tournee vers l'Est afin de maximiser l'ensoleillement matinal. Par ailleurs, la proximite du soleil au zenith entre avril et juin, puis son leger eloignement en octobre, conduisent a recommander un angle d'inclinaison du capteur proche de la latitude du site (environ 10 a 15° vers le Sud), garantissant de bonnes performances sur l'ensemble des periodes de transition saisonniere. Ainsi, l'integration des parametres astronomiques et des coordonnees solaires permet d'adapter simultanement l'orientation, l'inclinaison et le programme de fonctionnement du sechoir solaire aux conditions climatiques de Kankan, assurant une performance de sechage stable et optimisee tout au long de l'annee.

Conclusion:-

Cette etude demonstre que l'integration explicite et systematique des parametres astronomiques represente un levier essentiel pour optimiser l'analyse et les performances des sechoirs solaires a Kankan. La contribution novatrice de cette etude se manifeste par la mise en lumiere de la stabilite des conditions solaires matinales, grace a l'analyse conjointe de la declinaison solaire, de l'angle horaire et des coordonnees solaires. De plus, elle permet l'identification d'un modele fiable de l'equation du temps, facilitant une estimation precise du temps solaire vrai, element essentiel a la planification optimale du fonctionnement des sechoirs a convection naturelle. Les resultats obtenus corroborent que la disponibilite du rayonnement solaire est considerablement influencee par les fluctuations saisonnieres de ces parametres, notamment durant la periode matinale, qui se revele etre un creneau strategique pour le sechage naturel dans le contexte climatique de Kankan. Cependant, cette etude reste contrainte par son aspect principalement theorique et par l'absence de mesures experimentales directes des flux radiatifs, des temperatures et des cinetiques de sechage dans un sechoir reel. Dans ce contexte, les perspectives de travaux futurs se concentrent sur la validation experimentale des recommandations formulees, par le biais de la conception et de l'instrumentation d'un sechoir solaire pilote. De plus, une evaluation conjointe des performances thermiques et de la qualite des produits seches sera effectuee, dans le but de renforcer et de generaliser les resultats obtenus a d'autres sites presentant des conditions climatiques analogues en Afrique de l'Ouest.

References:-

- [1]A. Esper et W. Mühlbauer, « Solar drying - an effective means of food preservation », Renew. Energy, vol. 15, n° 1-4, p. 95-100, sept. 1998, doi: 10.1016/S0960-1481(98)00143-8.
- [2]A. A. El-Sebaii et S. M. Shalaby, « Solar drying of agricultural products: A review », Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 16, n° 1, p. 37-43, janv. 2012, doi: 10.1016/j.rser.2011.07.134.
- [3]V. Belessiotis et E. Delyannis, « Solar drying », Sol. Energy, vol. 85, n° 8, p. 1665-1691, aout 2011, doi: 10.1016/j.solener.2009.10.001.
- [4]K. Kamenan Blaise, E. P. Magloire, et G. Prosper, « Thermal performance evaluation of an indirect solar dryer », Instrum. Mes. Metrologie, vol. 18, n° 1, p. 131-151, mars 2018, doi: 10.3166/i2m.17.131-151.
- [5]Q. Zhu, I. Farkas, et J. Buzas, « Influencing Factors Used for Performance Evaluation of Solar Dryers », Eur. J. Energy Res., vol. 4, n° 3, p. 8-14, juill. 2024, doi: 10.24018/ejenergy.2024.4.3.145.
- [6]L. Clauzel et al., « Solar radiation estimation in West Africa: impact of dust conditions during the 2021 dry season », Atmospheric Chem. Phys., vol. 25, n° 2, p. 997-1021, janv. 2025, doi: 10.5194/acp-25-997-2025.
- [7]Z. Guilavogui, A. Sakouogui, F. Oulare, et B. Zeghmati, « Experimentation with a Solar Dryer with Natural Convection. Mango Drying Case in the Town of Faranah, Guinea », vol. 4, n° 12, 2020.
- [8]University of Agadez, PO BOX 199, Niger. et al., « ETUDE DES PERFORMANCES THERMIQUES DUN SECHOIR SOLAIRE », Int. J. Adv. Res., vol. 12, n° 01, p. 1062-1072, janv. 2024, doi: 10.21474/IJAR01/18224.

- [9]J. A. Duffie et W. A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 1^{re} ed. Wiley, 2013. doi: 10.1002/9781118671603.
- [10]I. Reda et A. Andreas, « Solar position algorithm for solar radiation applications », Sol. Energy, vol. 76, n° 5, p. 577-589, 2004, doi: 10.1016/j.solener.2003.12.003.
- [11]M. Y. Nasri et A. Belhamri, « SIMULATION D'UN SECHOIR SOLAIRE INDIRECT A CONVECTION FORCEE POUR LES PRODUITS AGROALIMENTAIRES. ».
- [12]« INS_RGPH_2014 ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://www.stat-guinee.org/images/Documents/Publications/INS/rapports_enquetes/RGPH3/INS_RGPH_2014_decret.pdf
- [13]« Salifou ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-02339014/>
- [14]« Average-Weather-in-Kankan-Guinea-Year-Round ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://weatherspark.com/y/31953/Average-Weather-in-Kankan-Guinea-Year-Round>
- [15]R. T. Loua et al., « Surface Temperature Trend Estimation over 12 Sites in Guinea Using 57 Years of Ground-Based Data », Climate, vol. 8, n° 6, p. 68, mai 2020, doi: 10.3390/cli8060068.
- [16]W. Souto Ribeiro et al., « Handmade solar dryer: an environmentally and economically viable alternative for small and medium producers », Sci. Rep., vol. 11, n° 1, p. 17177, août 2021, doi: 10.1038/s41598-021-94353-8.
- [17]« Nations unies ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/CDN%20GUINEE%202021_REVISION_VF.pdf
- [18]A. Zziwa et al., « Optimizing Solar Drying: A Critical Review of Shapes, Orientation, and Future Prospects for Hybrid Solar Dryers », J. Power Energy Eng., vol. 11, n° 12, p. 44-63, 2023, doi: 10.4236/jpee.2023.1112004.
- [19]« Ephemerides astronomiques 2017 ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.imcce.fr/content/medias/publications/publications-institutionnelles/connaissance-temps/2017.pdf>
- [20]« Ephemerides astronomiques 2022 ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.imcce.fr/content/medias/publications/publications-institutionnelles/connaissance-temps/2022.pdf>
- [21]J. A. Rueda, S. Ramírez, M. A. Sánchez, et J. D. D. Guerrero, « Sun Declination and Distribution of Natural Beam Irradiance on Earth », 8 juillet 2024, Physical Sciences. doi: 10.20944/preprints202407.0613.v1.
- [22]« Daniel I. Onwude ». Consulte le: 5 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196>
- [23]M. Sengar et al., « Drying kinetics, thermal and morphological analysis of starchy food material: Experimental investigation through an induced type solar dryer », Environ. Technol. Innov., vol. 31, p. 103221, août 2023, doi: 10.1016/j.eti.2023.103221.
- [24]I. Reda et A. Andreas, « Solar Position Algorithm for Solar Radiation Applications (Revised) », NREL/TP-560-34302, 15003974, janv. 2008. doi: 10.2172/15003974.