



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

SEMINAIRE SCIENTIFIQUE RESCIF

RECUEIL DES COMMUNICATIONS

*Numérique, Santé et Territoires : Vers une IA frugale
au service d'une médecine inclusive et responsable*

22 avril 2026

Organisé par le RESCIF en collaboration avec l'École Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat | En hybride



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie



Comité scientifique

- Prof. Ndeye Awa SENE, ESP – Sénégal
- Dr. Yohan RICHARDSON, 2iE – Burkina Faso
- Prof. Sandra SOARES-FRAZAO, UCLouvain – Belgique
- Dr. Abdourahim SYLLA, Grenoble INP-UGA – France

Président.e de session

- Dr. Abdourahim SYLLA, Grenoble INP-UGA – France
- Prof. Bi Tra GOORE, INP-HB – Côte d'Ivoire
- Prof. Nicolas AYEISSOU, ESP – Sénégal
- Prof. Ndeye Awa SENE, ESP – Sénégal
- Dr. HO Tuan Duc, IP-HCMV – Vietnam
- Dr. Anie BRAS, UniQ – Haïti
- Dr. Nyankona GONOMY, UEH – Haïti
- Dr. Raïssa ONANENA, ENSPY – Cameroun
- Dr. Yohan RICHARDSON, 2iE – Burkina Faso

Comité d'organisation

- Dr. Abdourahim SYLLA, Grenoble INP-UGA – France
- Solène MONTALBANO, Grenoble INP-UGA – France
- Ambrine SAIDI, Grenoble INP-UGA – France
- Prof. Slimane BAH, EMI – Maroc

Comité d'organisation – Doctorant.es

- Chaima BENJAAFAR, doctorante, EMI – Maroc
- Walid AADI, doctorant, EMI – Maroc
- Zohair ELMOURABIT, doctorant, EMI – Maroc
- Hiba ECHCHAIA, doctorant, EMI – Maroc



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

PROGRAMME



SESSION 1 – SCIENCE DES DONNÉES ET IA

Titre	Présenté par	Page
Numérique, Santé et Territoires : Vers une IA frugale au service d'une médecine inclusive et responsable	DARHA Rayhana	8
Vers une intelligence artificielle frugale pour une médecine inclusive et territorialisée : apports de la science des données dans les systèmes de santé numériques	BROU Pacôme	9
Une approche hybride et frugale d'indexation des données vocales pour une médecine inclusive : état de l'art et expérimentation	KOUA N'dri Hortense	10
Bounded Autonomy in Healthcare Multi-agents for Multidisciplinary Decision-Making	EL MIAYAR Oumaima	12
Towards an Adaptive and Explainable Framework for Longitudinal Survival Modelling in Clinical Decision Support	CHIATAOUY Ismail	13
Estimation du volume du liquide contenu dans les flacons par Yolo et MobilNetV3	DIOUF Assane	14
Repenser l'intégration de l'IA dans les systèmes éducatifs africains : le curriculum comme levier stratégique	HAMBALLY YACOUBA Yazid	15
An Empirical Benchmark of Decision Tree Induction: Accuracy, Interpretability, and Efficiency Analysis	MODNI Ilyas	16
Identification des variables clés pour la discrimination des mécanismes de recharge des eaux souterraines en contexte semi-aride : cas du Burkina Faso	GAMSORE Younoussa	17
An Integrated DEA-AI Framework for Supply Chain Performance Evaluation and Improvement	ABOUARA - BELGHITI Soukayna	18
REBDetX01 : un détecteur basé sur CenterNet avec raffinement de la heatmap pour la détection de petits oiseaux dans des images acquises en milieu rizicole	YAO Kassi Benoît	19

SESSION 2 – SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET NUTRITION

Titre	Présenté par	Page
Contribution des plantes alimentaires sauvages à une alimentation humaine équilibrée dans le monde rural au Sénégal	SAMBOU Antoine	20
Évaluation de la teneur en cadmium, plomb et mercure avant et après fumage chez trois espèces de poisson à forte consommation dans la zone d'Abidja, Côte d'Ivoire	MONNEY Yapo Urbain	21
Surveillance des espaces maraîchers et détection de <i>Ralstonia solanacearum</i> et <i>Fusarium oxysporum</i> par l'intelligence artificielle	ANOMAN Tchimonbié Messikely	22
Elaboration de couscous de mil (<i>Pennisetum glaucum</i>) enrichi au niébé (<i>Vigna unguiculata</i>) : évaluation des caractéristiques technologiques et nutritionnelles	DIOUF Abdou	23
RT-digital PCR Detection and quantification of hepatitis E virus (HEV) RNA in sachet drinking water in Dakar	TENE Sophie Déli	24



SESSION 3 – EAU, ENVIRONNEMENT, URBANISME ET VILLE INTELLIGENTE

Titre	Présenté par	Page
Évaluation des mesures préventives de protection contre les inondations mises en œuvre par les ménages urbains à Ouagadougou (Burkina Faso)	TRAORE Karim	25
Système de feux de circulation adaptatifs pour la réduction de la congestion routière	COULIBALY Adama	26
Gestion durable des Ressources en Eau et de l'environnement dans un contexte d'Urbanisation rapide	LE Thi Minh Tam, HA Quang Khai	27
Monitoring de la qualité de l'eau basé sur les IoTs et l'apprentissage profond	DIOP Damien	28

SESSION 4 – ÉNERGIE, ÉNERGIE RENOUVELABLE, EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Titre	Présenté par	Page
Impact des adjuvants sur la caractérisation thermomécanique de la formulation F200 du béton ciment-Sésame	DIENG Elhadji	29
Conception d'un séchoir solaire innovant intégrant stockage thermique et déshumidification par matériaux de sorption : modélisation et validation expérimentale	NTSOUKPOE Kokouvi Edem	30
Production solaire d'eau chaude en Afrique de l'Ouest : enseignements de données de terrain et enjeux de déploiement	NTSOUKPOE Kokouvi Edem	31
Prévision de la Puissance Photovoltaïque par une Approche Hybride Deep Learning et Modèles Physiques : Cas d'Étude Marocain (Ouarzazate)	ABOUSAID Samira	32
Optimal Control Strategies for Battery Energy Storage in Photovoltaic Systems: Performance Enhancement and Efficiency Analysis	CHAFIQ Meryam	33
Prédiction de l'évolution de la consommation en énergie des centres de santé au Cameroun : Cas de l'hôpital de district d'Obala	NYONGA Jules Stéphane	34



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

COMMUNICATIONS



SESSION 1 – SCIENCE DES DONNÉES ET IA

Numérique, Santé et Territoires : Vers une IA frugale au service d'une médecine inclusive et responsable

DARHA Rayhana

École Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc

rayhana.darha@e-polytechnique.ma

Résumé

Dans le cadre de ma thèse doctorale (1ère année, École Mohammadia d'Ingénieurs), ce travail présente une Revue Systématique de Littérature (SLR) suivant Kitchenham (2004) sur un framework DEA-IA intégré pour la durabilité des chaînes d'approvisionnement (SCM). Aligné sur le thème RESCIF 2026 – IA frugale pour médecine inclusive – nous appliquons science des données (DEA benchmarking) et IA prédictive à la logistique santé territoriale (médicaments, vaccins en zones rurales francophones).

Mots-clés : DEA-IA hybride, Science données SCM, IA frugale, Durabilité chaînes approvisionnement, Santé territoriale.



Vers une intelligence artificielle frugale pour une médecine inclusive et territorialisée : apports de la science des données dans les systèmes de santé numériques

BROU Pacôme

orcid.org/0000-0002-2584-3325

<https://www.researchgate.net/profile/Brou-Pacome/research>

*Ecole Supérieure Africaine des Technologies de l'Information et de la Communication (ESATIC),
Laboratoire des Sciences, des Technologiques de l'Information et de la Communication (LASTIC),*

Equipe de recherche : Mathématique Algorithmique et Complexité (MAC).

Abidjan-Côte d'Ivoire

Résumé

L'essor de la médecine numérique, soutenu par la science des données et l'intelligence artificielle (IA), constitue un levier majeur pour améliorer l'accès aux soins et la qualité des services de santé. Cependant, les approches actuelles reposent majoritairement sur des modèles complexes, énergivores et fortement dépendants de grandes quantités de données, ce qui limite leur déploiement dans des contextes territoriaux contraints, notamment en Afrique subsaharienne. Cette communication propose une approche innovante fondée sur le concept d'IA frugale, visant à concilier performance algorithmique, sobriété computationnelle et équité territoriale. L'objectif est de développer des modèles intelligents capables de s'adapter aux environnements à ressources limitées tout en garantissant une prise de décision médicale fiable et inclusive. La méthodologie repose sur l'intégration de techniques de réduction de complexité (quantification, factorisation basse-rang), de modèles hybrides combinant apprentissage statistique et intelligence artificielle (régression logistique, modèles bayésiens, réseaux neuronaux légers), ainsi que sur l'exploitation de données locales contextualisées. Une attention particulière est accordée à la prise en compte des déterminants socio-territoriaux afin d'améliorer la pertinence et l'équité des prédictions. Les résultats expérimentaux obtenus sur un jeu de données simulé représentatif montrent que l'approche proposée permet une réduction du coût computationnel de 45 % à 60 %, ainsi qu'une diminution de la consommation énergétique estimée entre 35 % et 50 %, tout en maintenant un niveau de performance prédictive élevé avec une précision moyenne comprise entre 87 % et 92 %. Par ailleurs, l'intégration des variables territoriales permet une réduction des biais interterritoriaux d'environ 20 %, améliorant significativement l'équité des décisions médicales. En termes d'impact opérationnel, le modèle permet une augmentation de l'accessibilité aux outils d'aide à la décision de plus de 30 % dans les zones sous-équipées, notamment grâce à sa capacité de déploiement sur des dispositifs à faibles ressources.

Mots-clés : Intelligence artificielle frugale, Médecine numérique, Équité territoriale en santé, Science des données, Optimisation sous contraintes



Une approche hybride et frugale d'indexation des données vocales pour une médecine inclusive : état de l'art et expérimentation

KOUA N'Dri Hortense^{1*}, BROU Konan Marcellin¹, GOORE Bi Tra¹, ASSIELOU Kouame¹.

¹STI-MSN, Laboratoire des Science de Données et de l'Intelligence Artificielle (LASDIA)

¹STI-MSN, Laboratoire de Recherche en Informatique et Télécommunication (LARIT)

*hortensekouame72@gmail.com

Résumé

Dans un contexte de transformation numérique accélérée, la production de données vocales issues de la télémédecine, des consultations à distance, des systèmes de formation médicale et des archives cliniques connaît une croissance exponentielle. Ces données constituent une ressource stratégique pour améliorer la prise en charge des patients, en particulier dans les territoires à ressources limitées où les infrastructures numériques et médicales demeurent inégalement réparties. Toutefois, leur valorisation reste encore limitée en raison de l'absence de mécanismes efficaces permettant leur structuration, leur indexation et leur exploitation à grande échelle.

L'exploitation des données vocales pose en effet plusieurs défis majeurs. D'une part, les approches traditionnelles d'indexation ne sont pas adaptées à la nature non structurée et temporelle des signaux de parole. D'autre part, la variabilité intrinsèque de ces signaux — liée aux accents, aux langues, aux conditions d'enregistrement et au bruit environnemental — limite la robustesse des systèmes existants. Enfin, l'hétérogénéité des sources et des contextes d'acquisition complexifie davantage le traitement à grande échelle. Dans ce cadre, la problématique centrale de cette recherche consiste à concevoir une méthode capable d'indexer et de rechercher efficacement des données vocales massives, tout en garantissant un haut niveau de précision et un coût computationnel maîtrisé, conformément aux principes de l'intelligence artificielle frugale.

Pour répondre à ces enjeux, cet article propose une approche hybride et frugale d'indexation des données vocales au sein d'un entrepôt de données multimédias, dans une perspective de médecine inclusive et responsable. L'objectif est de développer un système capable d'extraire automatiquement des représentations acoustiques robustes, de modéliser la dynamique temporelle de la parole et de permettre une recherche rapide et précise des contenus vocaux. Cette approche s'inscrit dans la continuité des travaux récents sur l'extraction de caractéristiques audio et l'apprentissage profond appliqué à la parole [1] – [3].

La méthodologie proposée repose sur une architecture hybride combinant des techniques de traitement du signal, d'apprentissage profond et d'indexation vectorielle. Dans un premier temps, les signaux audios sont transformés en représentations temps–fréquence, notamment les coefficients MFCC et les spectrogrammes log-Mel, qui capturent les propriétés essentielles de la parole. Ces représentations sont ensuite exploitées par un modèle de type CNN–LSTM. Le réseau convolutif (CNN) permet d'extraire des motifs spectraux locaux robustes, tandis que le réseau récurrent (LSTM) modélise les dépendances temporelles à long terme, essentielles pour la compréhension des structures vocales. Cette combinaison permet de générer des vecteurs d'embedding vocaux compacts, discriminants et adaptés aux contraintes de l'IA frugale.

Dans un second temps, les vecteurs de caractéristiques sont indexés à l'aide d'une structure de graphe multiniveaux de type HNSW, reconnue pour son efficacité dans les tâches de recherche par similarité à grande échelle [4].



Cette approche permet de réduire significativement le temps de recherche tout en maintenant un niveau élevé de précision. Afin d'améliorer la finesse de la recherche, notamment dans le cadre de la détection de mots-clés parlés, une version améliorée de l'algorithme Dynamic Time Warping (DTW) est intégrée. Ce mécanisme permet une comparaison fine des séquences temporelles et renforce la précision des résultats dans des environnements multilingues et bruités. Des travaux récents confirment l'intérêt de combiner indexation hiérarchique et détection de termes parlés pour améliorer les performances globales des systèmes de recherche vocale [5].

L'évaluation expérimentale a été réalisée sur des corpus de référence largement utilisés dans la littérature, notamment TIMIT, LibriSpeech et Hey-Snips. Les résultats obtenus montrent des performances significatives, avec des scores de précision moyenne (MAP) atteignant 0,700 sur TIMIT et 0,850 sur LibriSpeech. Ces résultats surpassent les performances des approches de référence telles que H-QuEST [5], démontrant ainsi la pertinence de la combinaison des techniques proposées. Par ailleurs, l'approche présente un bon compromis entre performance et coût computationnel, en cohérence avec les travaux récents sur les architectures efficaces et hybrides [6], [7].

Au-delà des performances techniques, cette contribution présente des impacts significatifs sur plusieurs plans. Sur le plan scientifique, elle valide l'intérêt des approches hybrides combinant apprentissage profond et indexation vectorielle pour le traitement des données vocales. Sur le plan de la santé numérique, elle ouvre des perspectives concrètes pour l'indexation des consultations médicales, l'aide à la décision clinique et la capitalisation des connaissances issues des interactions patient-médecin. Sur le plan sociétal, elle favorise un accès équitable à l'information vocale, notamment dans des contextes multilingues et à faibles ressources, contribuant ainsi à l'inclusion numérique. Enfin, cette recherche s'inscrit pleinement dans les objectifs du développement durable, en particulier ceux relatifs à l'éducation de qualité, à la réduction des inégalités et au renforcement des institutions.

En conclusion, l'approche proposée constitue une contribution significative à l'indexation des données vocales dans une perspective d'intelligence artificielle frugale et de médecine inclusive. Elle ouvre la voie à de futures recherches portant sur l'adaptation multilingue, l'intégration en temps réel et le déploiement à grande échelle dans des environnements contraints.

Mots-clés : IA frugale, indexation des données vocales, santé numérique, apprentissage profond (CNN-LSTM), recherche par similarité



Bounded Autonomy in Healthcare Multi-agents for Multidisciplinary Decision-Making

Oumaima El Miayar, Abdelaziz Berrado

Research Team AMIPS, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Mohammed V University in Rabat

o.elmiayar@research.emi.ac.ma

Abstract

Multi-agent systems (MAS) are increasingly adopted to support clinical decision-making in healthcare, offering powerful capabilities for distributed reasoning and coordination. However, their growing computational autonomy often overlooks a fundamental constraint: clinical decision authority remains inherently human-centered. This paper introduces a conceptual reframing of autonomy in healthcare MAS as a dual-layer construct combining computational autonomy and clinical authority. We propose that autonomy in such systems is inherently bounded and must be designed through integrated human oversight. Focusing on multidisciplinary team (MDT) settings, we highlight the limitations of current approaches and emphasize the need for coordination-aware architectures that reflect the collaborative and distributed nature of real clinical decision-making.



Towards an Adaptive and Explainable Framework for Longitudinal Survival Modelling in Clinical Decision Support

Ismail Chitaouy, Maïssae Haddouchi, Abdelaziz Berrado

AMIPS Research Team

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs (EMI), Mohammed V University in Rabat

Rabat, Morocco

ismail.chitaouy@research.emi.ac.ma; maïssaehaddouchi@research.emi.ac.ma; berrado@emi.ac.ma

Abstract

Multi-agent systems (MAS) are increasingly adopted to support clinical decision-making in healthcare, offering powerful capabilities for distributed reasoning and coordination. However, their growing computational autonomy often overlooks a fundamental constraint: clinical decision authority remains inherently human-centered. This paper introduces a conceptual reframing of autonomy in healthcare MAS as a dual-layer construct combining computational autonomy and clinical authority. We propose that autonomy in such systems is inherently bounded and must be designed through integrated human oversight. Focusing on multidisciplinary team (MDT) settings, we highlight the limitations of current approaches and emphasize the need for coordination-aware architectures that reflect the collaborative and distributed nature of real clinical decision-making.



Estimation du volume du liquide contenu dans les flacons par Yoloet MobilNetV3

Assane DIOUF, Abdallah Malick DIOUARA, Pape Aboudlaye FAM, Idy DIOP

École Supérieure Polytechnique de Dakar, Sénégal

Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Informatique et Télécommunication

assane9.diouf@ucad.edu.sn

Résumé

Mesurer volume de liquide dans les récipients de laboratoire est un défi majeur dans de nombreux secteurs scientifiques. Dans le domaine de la santé, en particulier dans la gestion des biobanques, la mesure précise des volumes de fluides biologiques est cruciale pour optimiser la gestion des bioressources et garantir la reproductibilité des analyses expérimentales. Cependant, les méthodes traditionnelles reposent sur des mesures manuelles avec des contenueurs gradués, ce qui limite leur automatisation et leur intégration dans les systèmes intelligents. Dans ce contexte, la question de recherche consiste à exploiter efficacement les capacités de détection en temps réel des modèles YOLO, combinées à la légèreté de MobileNetV3, afin de proposer une méthode fiable et automatique d'estimation du volume de liquide dans les contenants d'échantillons de laboratoire à partir d'images. Cette question met en lumière la nécessité de concevoir une approche capable de relier automatiquement les informations visuelles extraites à une estimation quantitative précise. Notre objectif est de développer une méthode basée sur une architecture hybride permettant une estimation précise et rapide du volume liquide, tout en restant compatible avec des environnements à ressources limitées. Plus précisément, nous tirons parti des capacités de la vision par ordinateur pour la localisation des tubes et de l'apprentissage profonde pour extraire les caractéristiques pertinentes pour la régression linéaire du volume des contenueurs d'échantillons. Nous proposons une approche basée sur la vision par ordinateur notamment la méthode YOLO pour la localisation et la segmentation des tubes en deux classes. Ensuite l'apprentissage profonde tel que le modèle MobileNetV3 pour estimer automatiquement le volume de liquide contenu dans les récipients.



Repenser l'intégration de l'IA dans les systèmes éducatifs africains : le curriculum comme levier stratégique

Yazid HAMBALLY YACOUBA

Université de Bondoukou, Côte d'Ivoire

Laboratoire de Recherche en Informatique et Télécommunication - LARIT

yazid.hambally@gmail.com

Résumé

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans les systèmes éducatifs africains constitue un enjeu stratégique majeur pour répondre aux défis contemporains liés à la qualité de l'éducation, à l'équité et à la transformation des compétences. Toutefois, malgré de nombreuses initiatives axées sur les infrastructures technologiques, la formation des enseignants ou les politiques publiques, les résultats observés restent limités et fragmentés. Ce travail propose de repenser cette intégration en mettant en évidence le rôle central du curriculum, considéré comme le maillon stratégique permettant d'articuler gouvernance, pratiques pédagogiques et accès équitable aux technologies.

En s'appuyant sur le cadre analytique TCGE (Teacher Competence, Curriculum, Governance, Equity), l'étude développe une approche systémique et multiniveau de l'intégration de l'IA en éducation. Elle montre que le curriculum joue un rôle médiateur déterminant, en structurant à la fois les contenus d'apprentissage, les compétences attendues et les modalités d'appropriation pédagogique de l'IA. À partir d'une revue de littérature critique et de l'analyse de données secondaires (notamment TALIS, UNESCO ICT-CFT et indices de préparation à l'IA), cette étude met en évidence les lacunes curriculaires existantes dans plusieurs contextes africains.

Les résultats suggèrent que l'intégration effective de l'IA nécessite une transformation curriculaire profonde incluant l'introduction de compétences en IA, l'alignement avec les cadres internationaux ainsi qu'une meilleure articulation entre formation initiale et continue des enseignants. L'étude souligne également l'importance des dimensions de gouvernance et d'équité qui conditionnent l'impact réel des réformes éducatives.

Mots-clés : Intelligence artificielle ; Curriculum ; Éducation en Afrique ; TCGE ; Gouvernance éducative ; Équité ; Formation des enseignants



An Empirical Benchmark of Decision Tree Induction: Accuracy, Interpretability, and Efficiency Analysis

Ilyas Modni¹, Maissae Haddouchi¹, and Abdelaziz Berrado¹

¹*AMIPS Research Team, EMI, Mohammed V University in Rabat, Morocco*

i.modni@research.emi.ac.ma

Abstract

The induction of decision trees has historically relied on greedy heuristics like CART, which suffer from myopic split selection. Recently, exact global optimization methods using Mixed-Integer Programming (MIP) and Dynamic Programming (DP) have emerged. This extended abstract presents an empirical benchmark of seven state-of-the-art algorithms across 30 datasets. Our statistical analysis reveals no significant difference in predictive accuracy between greedy and exact methods. Instead, we identify a distinct Pareto frontier where Dynamic Programming (StreeD) emerges as the optimal paradigm, matching the sparsity of exact MIP solvers while rivaling the speed of heuristics. This study demonstrates that the historical compromise of accepting suboptimal trees is no longer computationally necessary.



Identification des variables clés pour la discrimination des mécanismes de recharge des eaux souterraines en contexte semi-aride : cas du Burkina Faso

Younoussa GAMSORE^{1*}, Mahamadou KOITA¹, Jean-Michel VOUILLAMOZ², Roland YONABA¹, Babacar DIENG³, Nestor Y. Fiacre COMPAORE⁴, Elie Serge Gaetan SAURET⁵, Fabrice LAWSON⁶, Moussa Diagne FAYE¹, Japhet OUEDRAOGO³

¹Laboratoire Eaux Hydrosystèmes et Agriculture (LEHSA), Institut 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso

²IRD/CNRS, Université Grenoble Alpes, Grenoble, France

³Programme D'Approvisionnement en Eau et Assainissement (PAEA), Ouagadougou, Burkina Faso

⁴Laboratoire Géosciences et Environnement (LaGE), Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

⁵INERA/CNRST, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

⁶IRD, Cotonou, Benin

*Corresponding author: younoussa.gamsore@2ie-edu.org

Abstract

En région semi-aride d'Afrique subsaharienne, et particulièrement au Burkina Faso, les eaux souterraines jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau potable et le développement socio-économique. Leur durabilité est toutefois menacée par les risques de surexploitation, de pollution, ainsi que par des conditions hydrogéologiques souvent défavorables. Dans ce contexte, une gestion durable de cette ressource nécessite une meilleure compréhension de la recharge des nappes, en particulier de ses mécanismes. Or, l'indice d'aridité, couramment mobilisé pour discriminer ces mécanismes à grande échelle, ne rend pas suffisamment compte de la variabilité des facteurs environnementaux qui contrôlent la recharge. Cette étude vise ainsi à identifier les covariables environnementales clés impliquées dans la discrimination des mécanismes de recharge en contexte semi-aride. Pour cela, un jeu de données a été constitué à partir de sites documentés, en compilant les mécanismes de recharge identifiés et un ensemble de variables environnementales susceptibles de les influencer obtenus à partir d'une revue de littérature : précipitations moyennes annuelles (P_{moy}), évapotranspiration réelle (ETR) et potentielle (ETP), indice d'aridité (Ind_{Ar}), occupation du sol (LULC), réserve facilement utilisable par les plantes (RFU), conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}), pente, altitude, distance au cours d'eau, HAND, TWI, Aspect, TPI, lithologie, profondeur d'altération et niveau statique. Une sélection parcimonieuse des variables a d'abord été réalisée à l'aide d'une sélection séquentielle ascendante (Sequential Forward Selection), suivie d'une validation croisée imbriquée consensuelle (consensus nested cross-validation, cnCV) dans un pipeline Random Forest à validation spatiale. Le noyau de variables ainsi retenu a ensuite été utilisé pour la modélisation finale par Random Forest sous validation croisée spatiale répétée. L'évaluation du modèle s'est appuyée sur la balanced accuracy (Bacc) et l'AUC-ROC, tandis que son interprétation a mobilisé l'importance par permutation, les valeurs SHAP, ainsi que l'utilisation conjointe des graphiques de dépendance partielle (PDP) et des courbes d'espérance conditionnelle individuelle (ICE). Le noyau final de variables comprend P_{moy} , K_{sat} , RFU, LULC et Aspect. Malgré la taille limitée du jeu de données ($n = 238$), le modèle a atteint des performances satisfaisantes, avec une Bacc de $0,64 \pm 0,06$ et une AUC-ROC de $0,67 \pm 0,08$. L'importance par permutation et les valeurs SHAP ont fourni des résultats convergents, identifiant P_{moy} comme variable dominante, suivie de K_{sat} et d'Aspect. RFU et LULC présentent des contributions plus modérées, mais néanmoins significatives pour la prédiction. Les PDP mettent en évidence des relations non linéaires entre la cible et les variables retenues, tandis que les ICE indiquent que les réponses du modèle résultent d'effets combinés et d'interactions entre covariables. Dans l'ensemble, ces résultats montrent que le modèle capture des dimensions physiquement cohérentes de la recharge des eaux souterraines et soulignent le rôle majeur de la pluviométrie, des propriétés physiques du sol et de l'orientation des pentes dans la discrimination des mécanismes de recharge à grande échelle. Cette étude confirme ainsi le potentiel des approches d'apprentissage automatique pour appréhender la complexité des processus environnementaux en contexte de données rares, et ouvre la voie à une spatialisation plus fiable des mécanismes de recharge ainsi qu'à leur meilleure intégration dans les modèles hydrogéologiques régionaux.

Keywords: Groundwater recharge mechanisms; semi-arid environment; Random Forest; spatial cross-validation; Burkina Faso.



An Integrated DEA–AI Framework for Supply Chain Performance Evaluation and Improvement

Aboutara-Belghiti Soukayna¹, Zoubida Chorfi¹, Fadoua Oudouar¹

*¹Mohammadia School of Engineers, Department of Industrial Engineering
Engineering for smart & sustainable systems research center (ENGINEERING.3S),
Analyse, Modelisation et Integration des Process et Systemes (AMIPS)*

saboutarabelghiti@gmail.com

Abstract

The increasing digitalization of supply chains, combined with growing pressures related to uncertainty, resilience, sustainability, and performance, has intensified scholarly interest in artificial intelligence (AI) and data-driven decision support in supply chain management. At the same time, data envelopment analysis (DEA) remains a rigorous and interpretable approach for multidimensional performance evaluation. Current research is mainly structured around distinct streams related to forecasting, risk, resilience, sustainability, and benchmarking. This paper introduces a conceptual and research-oriented perspective centered on the development of an integrated DEA–AI framework for evaluating and improving supply chain performance. It argues that AI and DEA should be viewed as complementary rather than competing logics: AI supports learning, adaptation, and prediction, whereas DEA supports structured benchmarking and efficiency evaluation. Its contribution lies in clarifying the main research streams, identifying recurring methodological limitations, and proposing a layered framework for a more integrated, dynamic, and sustainability-sensitive supply chain performance architecture.

Keywords: supply chain management; artificial intelligence; data envelopment analysis; resilience; sustainability; performance evaluation



REBDetX01 : un détecteur basé sur CenterNet avec raffinement de la heatmap pour la détection de petits oiseaux dans des images acquises en milieu rizicole

Kassi Benoît YAO¹ and Georges Laussane LOUM²

¹*École Doctorale Polytechnique des Sciences et Techniques de l'Ingénieur (EDP-STI), UMRI Mathématiques et Sciences du Numérique, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire*
Email: kassi.yao22@inphb.ci (K.B.Y.); georges.loum@inphb.ci (G.L.L.)

Correspondant : kassi.yao22@inphb.ci (K.B.Y.); yaolemaitre@gmail.com (K.B.Y.); yaolemaitre@yahoo.fr (K.B.Y.)

Résumé

La détection automatique des oiseaux granivores en milieu rizicole constitue une tâche difficile en raison de la petite taille des oiseaux, des variations d'échelle, des occlusions partielles et de la complexité des arrière-plans naturels. Nous proposons REBDetX01, un modèle de détection d'objets basé sur le modèle CenterNet, dans lequel seul le branchement de prédiction de la heatmap est enrichi par un module de raffinement léger, FRM-hm. Ce module combine un rééquilibrage par canal inspiré du mécanisme d'attention SE-Block et une attention spatiale dilatée fondée sur l'agrégation de contexte multi-échelle. L'évaluation est menée sur le jeu de données FBD-SV-2024. Les résultats montrent que REBDetX01 améliore le modèle CenterNet de référence, avec AP = 65.52 %, AP50 = 87.90 % et APS = 63.03 %, contre 63.36 %, 86.07 % et 61.84 % pour le modèle de base, au prix d'une baisse modérée de la vitesse d'inférence (997.95 FPS contre 1225.68 FPS). Ces résultats suggèrent qu'un raffinement ciblé de la heatmap constitue un levier pertinent pour la détection des petits objets dans des scènes agricoles naturelles.

Mots-clés : milieu rizicole, détection d'objets, petits objets, CenterNet, mécanisme d'attention.



SESSION 2 – SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET NUTRITION

Contribution des plantes alimentaires sauvages à une alimentation humaine équilibrée dans le monde rural au Senegal

Antoine Sambou^{1*}

¹Département d'Agroforesterie, UFR Sciences et Technologies, Université Assane Seck de Ziguinchor, Senegal

*Auteur correspondant : tonysambouegos@yahoo.fr; antoine.sambou@univ-zig.sn

Résumé

La qualité nutritionnelle et la diversité des fruits, légumes fruits et feuilles consommées au Sénégal sont très mal connues. Il est donc nécessaire de mieux caractériser la qualité nutritionnelle, la diversité et la contribution de plantes alimentaires sauvages consommées pour une meilleure valorisation. L'objectif de cette recherche est d'évaluer la valeur nutritionnelle et la contribution des plantes alimentaires sauvages à la sécurité alimentaire. Pour les caractériser l'importance et la diversité des plantes alimentaires sauvages, une enquête ethnobotanique et une évaluation de contenu nutritionnel et phytochimique ont été réalisées. Les valeurs nutritionnelles et phytochimiques des fruits et légumes sauvages, incluant l'énergie, les protéines, les glucides, les vitamines, les minéraux, les cendres, les sucres, les polyphénols, les flavonoïdes et les tannins. La consommation d'aliments plantes sauvages issus d'arbres et de palmiers dans les repas était fréquente, mentionnée par 93 à 99 % des ménages selon la période de l'année. Divers produits alimentaires sauvages sont utilisés dans les repas, les feuilles d'*Adansonia digitata* (baobab) étant les plus fréquemment citées. L'apport énergétique des aliments sauvages est faible, mais leur contribution en certains micronutriments est élevée, représentant 56 % de la consommation alimentaire quotidienne des ménages en vitamine A, 45 % en vitamine C, 17 % en vitamine B6 et 21 % en fer (Fe). *Cucumis metuliferus* sont reconnus comme des fruits et légumes présentant de multiples valeurs phytochimiques nutritionnelles. Résultats des analyses physico-chimiques révèlent que les feuilles crues et cuites de *Sesuvium portulacastrum* contenaient une bonne concentration en polyphénols (155,58 mg ± 14,98 et 53,45 mg ± 10,97), en tanins (107,62 mg ± 9,8 et 59,59 mg ± 4,17), d'azote (0,41 % ± 0,02 et 0,38 % ± 0,02) et de protéines (2,59 % ± 0,12 et 2,38 % ± 0,14). Les plantes alimentaires sauvages constituent une bonne source nutritionnelle et phytochimique et contribuent à améliorer la sécurité alimentaire.

Mots-clés : Diversité, fruits, légumes, sauvage, nutrition; phytochimie



Évaluation de la teneur en cadmium, plomb et mercure avant et après fumage chez trois espèces de poisson à forte consommation dans la zone D'Abidjan, Côte d'Ivoire

Urbain Yapo MONNEY^{1*}, Vandjiguiba DIABY², Yolande Assi AKE³, Isiaka SANOGO², Adou Francis YAPO³, Joseph Allico DJAMAN³

¹Laboratoire des Sciences de l'environnement, UFR Gouvernance et développement durable, Université de Bondoukou, BP V 81 Bondoukou, Côte d'Ivoire

²Laboratoire Central pour l'Hygiène Alimentaire et l'Agro-Industrie, 04 BP 612 Abidjan 04, Côte d'Ivoire

³Université Félix Houphouët BOIGNY, UFR Biosciences, Laboratoire de Pharmacodynamie-Biochimique, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Correspondance, e-mail : urbainyapo1993@gmail.com

Résumé

Les méthodes de transformations pour la conservation du poisson sont nombreuses. Parmi celles-ci se trouve le fumage qui est généralement effectué avant l'acheminement des poissons vers les zones de consommation. Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la teneur en cadmium, plomb et mercure avant et après fumage chez le maquereau, la sardine et le thon consommés dans la zone d'Abidjan. Pour ce faire, 180 échantillons de chair ont été prélevés au niveau de la tête, du milieu et de la queue sur chacune des espèces avant et après fumage. Ces échantillons ont ensuite été analysés au moyen d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique. Les résultats obtenus montrent des augmentations significatives ($p < 0,05$) au niveau des teneurs en Cd et en Pb après fumage des espèces étudiées. Quant au mercure des diminutions significatives ont été observées chez la sardine et le maquereau après fumage, dues à une baisse du taux d'humidité. Il ressort donc de cette étude que le thon, la sardine et le maquereau contiennent des éléments traces métalliques (ETM) à l'état frais et fumé. Toutefois la comparaison des teneurs avant et après fumage permet de conclure que le maquereau fumé est plus intoxiqué en Cd et en Pb. Cette étude montre que la technique utilisée pour le fumage des poissons amplifie significativement le taux en Cd et Pb, et diminue celui du Hg.



Surveillance des espaces maraîchers et détection de *Ralstonia solanacearum* et *Fusarium oxysporum* par l'intelligence artificielle

ANOMAN Tchimonbié Messikely¹, AYEISSOU Nicolas², Idy DIOP³, DEMBA FAYE³,
VOKO bi Rosin¹; ZEZE Adolphe⁴

¹Unité de Formation et de Recherche en Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre d'Etudes sur la Sécurité Alimentaire et les Molécules Fonctionnelles, Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

³Laboratoire d'imagerie médicale et de bioinformatique (LIMBI), Département de Génie Informatique Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

⁴Département Agriculture et Ressources Animales, Institut National Polytechnique Felix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Auteur correspondant : messikelyanoman@gmail.com

Résumé

La production annuelle de tomates est estimée à 44 078T en Côte d'Ivoire et 75 000T au Sénégal. Ces rendements sont insuffisants pour les besoins des populations locales. De plus, les pertes dues aux maladies sont estimées à 30-40% de la production dans ces pays. La présente étude vise à mettre en place une approche de surveillance basée sur l'intelligence artificielle pour détecter la présence de *Ralstonia solanacearum* et *Fusarium oxysporum*, pathogènes responsables du flétrissement de la tomate. À cette fin, des enquêtes ont été menées auprès des producteurs de tomates de la ville de Daloa et des villages environnants. Des questionnaires basés sur l'identité des agriculteurs, leurs pratiques culturales et les problèmes rencontrés dans la culture de la tomate, ont été soumis aux producteurs. Les résultats de l'enquête ont montré que la culture de la tomate est concentrée en milieu rural et pratiquée par des hommes et femmes pas ou peu instruits. Les variétés de tomates les plus cultivées sont Petromech et Cobra, des variétés hybrides améliorées. Malgré l'utilisation de ces variétés, plusieurs maladies ont été identifiées. Les plus importantes sont le flétrissement (*Fusarium oxysporum* et *Ralstonia solanacearum*), la fonte des semis (*Pythium sp.*, *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani*), l'anthracnose des fruits (*Colletotrichum sp.*), la nécrose apicale et les nématodes à galles (*Meloidogyne sp.*). Cette étude ouvre la voie à des recherches ultérieures, à court terme, sur le suivi et la protection de la culture contre le flétrissement, et à long terme, sur la mise en place d'inocula bio à partir de microorganismes antagonistes à ces pathogènes pour une lutte biologique.

Mots-clés : Flétrissement vasculaire, Tomate, Agriculture durable



Elaboration de couscous de mil (*Pennisetum glaucum*) enrichi au niébé (*Vigna unguiculata*) : évaluation des caractéristiques technologiques et nutritionnelles

Abdou DIOUF^{1*}, Mamadou Salif SOW¹, Adjaratou BASSE¹, Maty DIOP¹, Fallou SARR¹, Maurice JFS LOPY¹ et
Nicolas Cyrille AYEISSOU²

¹*Institut de Technologie Alimentaire (ITA), Route des Pères Maristes, BP 2756 Hann, Dakar, Sénégal.*

²*Centre d'Etude sur la Sécurité Alimentaire et les Molécules Fonctionnelles (CESAM), Université Cheikh Anta DIOP, BP 5005 Dakar-Fann, Sénégal.*

Résumé

Les céréales et légumineuses occupent une place essentielle dans l'alimentation humaine, en particulier dans les pays en développement où les carences en protéines et en micronutriments sont fréquentes. Au Sénégal, le mil largement consommé, constitue une importante source d'énergie, mais présente des limites nutritionnelles, notamment une faible teneur en certains acides aminés essentiels. À l'inverse, le niébé (*Vigna unguiculata*), riche en protéines et en lysine, permet de corriger ces insuffisances. Ainsi, l'association céréales-légumineuses représente une stratégie efficace pour améliorer la qualité nutritionnelle des aliments. L'objectif de cette étude était d'enrichir le couscous de mil avec du niébé afin d'en améliorer les caractéristiques technologiques et nutritionnelles.

Le matériel végétal utilisé était constitué de grains de mil (*Pennisetum glaucum*) et de niébé fournis par l'ISRA. Le procédé de fabrication a consisté à transformer le mil en semoule après décorticage et mouture, puis à incorporer des farines de niébé issues de deux variétés prétraitées par trempage dans une solution de bicarbonate à 2% pendant 24 heures. Le mélange obtenu a été humidifié, roulé, cuit à la vapeur, séché et tamisé pour obtenir un couscous homogène. Trois types d'échantillons ont été étudiés : un couscous témoin à base de mil seul (TA) et deux couscous enrichis au niébé (MiMe et MiYa). Les analyses ont porté sur les caractéristiques technologiques (granulométrie, couleur, indice de blancheur, acidité) et nutritionnelles (humidité, cendres, protéines, fibres, minéraux et valeur énergétique), avec un traitement statistique par analyse de variance au seuil de 5%. Les résultats ont montré que l'enrichissement au niébé a significativement amélioré les propriétés du couscous. Sur le plan technologique, la luminosité (L*) est passée de 33,03 pour le témoin à 46,11 et 47,01 pour MiYa et MiMe respectivement, indiquant un produit plus clair. L'indice de blancheur a également augmenté de 30,59 (TA) à 41,78 (MiYa) et 42,15 (MiMe). La granulométrie des produits était globalement conforme aux normes, avec des particules comprises entre 1 et 1,6 mm, bien que le témoin présente une proportion plus élevée de grosses particules (60,34% à 1,6 mm). L'humidité variait de 6,01% (TA) à 9,14% (MiYa), restant inférieure à la limite de 13,5% fixée par le Codex. En revanche, l'acidité était plus élevée dans le témoin (0,21%) que dans les échantillons enrichis (0,10–0,11%), ce qui pourrait conférer au témoin une meilleure stabilité microbiologique. Sur le plan nutritionnel, l'effet de l'enrichissement est particulièrement marqué. La teneur en protéines a presque doublé, passant de 8,57% pour le témoin à 15,37% (MiMe) et 15,29% (MiYa). Les cendres ont augmenté de 1,14% à 2,09%. Les teneurs en calcium ont progressé de 12,54 mg/100 g à 17,08 mg/100g et celles en magnésium de 75,18 mg/100g à 148,31 mg/100g, tandis que le fer est resté relativement stable autour de 5 mg/100g. La teneur en fibres était plus élevée dans MiMe (2,49%) comparativement au témoin (2,02%). En revanche, la valeur énergétique a légèrement diminué, passant de 370,41 kcal/100g pour le témoin à environ 356 kcal/100g pour les couscous enrichis.

L'étude a montré que l'incorporation du niébé dans le couscous de mil permet d'améliorer significativement sa qualité nutritionnelle, tout en maintenant des caractéristiques technologiques acceptables. Toutefois, la réduction de l'acidité dans les produits enrichis pourrait influencer leur durée de conservation, ce qui justifie la nécessité d'études complémentaires sur leur stabilité.

Mots-clés : Couscous enrichi, Mil, Niébé, Caractéristiques technologiques, Composition nutritionnelle



RT-digital PCR Detection and quantification of hepatitis E virus (HEV) RNA in sachet drinking water in Dakar

Sophie Déli TENE¹, Seynabou COUNDOUL¹, Sarbanding SANE¹, Djibaba DJOUMOI¹, Rosette IRAMPAGARIKIYE¹, Mbaye TOUNKARA¹, Ousmane SADIO^{1,2}, Sokhna Maimouna NDIAYE^{1,2}, Matthieu FRITZ³, Christelle BUTEL³, Fatou THIAM¹, Cheikh Momar NGUER¹, Nicolas AYEISSOU⁴, Seynabou Lo⁵, Halimatou Diop Ndiaye⁶, Martine PETEERS³, Coumba Toure Kane⁷, Malick MBENGUE⁸, Ahidjo AYOUBA^{4*}, Abou Abdallah Malick DIOUARA^{1*}

¹Groupe de Recherche Biotechnologies Appliquées & Bioprocédés Environnementaux (GRBA-BE), Laboratoire Eau-Énergie-Environnement-Procédés Industriels (LE3PI), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Cheikh Anta DIOP University, B.P 5085 Dakar-Fann, Dakar 10700, Senegal ;

²Pôle de microbiologie - Institut Pasteur de Dakar (IPD), Dakar, Senegal ;

³Recherches Translationnelles sur le VIH et Maladies Infectieuses, Institut de Recherche pour le Développement, Université de Montpellier/INSERM U1175, 34000 Montpellier, France ;

⁴Laboratoire d'Analyses et Essais (LAE), Laboratoire Eau—Énergie—Environnement—Procédés Industriels (LE3PI), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Cheikh Anta DIOP University (UCAD), B.P 5085 Dakar-Fann, Dakar 10700, Senegal ;

⁵Unité de Formation et de Recherche Science de la Santé (UFR 2S), Université Gaston Berger, Saint-Louis 234, Senegal;

⁶Laboratoire de Bactériologie Virologie CHU Aristide le Dantec, Université Cheikh Anta DIOP, Dakar 5005, Senegal ;

⁷Institut de Recherche en Santé, de Surveillance Épidémiologique et de Formation (IRESSEF), Pôle Urbain Diamniadio, Dakar 7325, Senegal ;

⁸Laboratoire de Microbiologie Appliquée et de Génie Industriel, École Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop, Dakar 5085, Senegal ;

Corresponding authors: *malick.diouara@ucad.edu.sn (A.A.M.D.); *ahidjo.ayouba@ird.fr (A.A)

Abstract

Hepatitis E virus (HEV) is a small RNA virus that causes gastroenteritis and hepatitis. Transmission primarily occurs via the faecal-oral route, especially through the consumption of foods contaminated with faeces. This mode of transmission is the most common in developing countries, where inadequate sanitation and limited access to safe drinking water persist. HEV is relatively stable and persistent in the environment. Its presence in water poses a potential risk to consumers and has been linked to several outbreaks. This study aimed to assess the presence and quantify HEV RNA in sachet drinking water sold in Dakar. From July 2023 to May 2024, packaged drinking water samples (350 - 400 mL per sachet) from different brands were collected through random purchases. Each brand was purchased at three locations, including streets and shops in Dakar, depending on availability. All samples were tested for HEV RNA using RT-dPCR with pan-HEV primers and probes targeting the ORF2/ORF3 genomic region. The QIAcuity One Step Advanced Probe kit was used according to the manufacturer's instructions. For each sample, 100 mL of water was filtered, and the filters were subjected to total nucleic acid extraction using the Purelink™ Viral DNA/RNA kit. Statistical analyses were performed using R and Excel. A total of 50 brands were collected in duplicate or triplicate across 17 districts of Dakar, representing 130 pooled samples per brand. Analysis of 50 brands revealed HEV RNA in 22 bagged water brands, corresponding to a contamination rate of 44%. The quantities of viral RNA detected ranged from 104 to 417.4 HEV genome copies/L of water. These findings indicate poor hygiene practices during the manufacturing and/or handling of these products and highlight the potential role of bagged water in HEV transmission.

Keywords: Sachet Drinking-water, health risk, contamination, RT-dPCR, Hepatitis E virus, Senegal.

**SESSION 3 – EAU, ENVIRONNEMENT, URBANISME ET VILLE INTELLIGENTE****Évaluation des mesures préventives de protection contre les inondations mises en oeuvre par les ménages urbains à Ouagadougou (Burkina Faso)**

Karim Traoré^{1,2,*}, Tazen Fowé¹, Mathieu Ouédraogo^{2,3}, Malicki Zorom¹, Maïmouna Bologo/Traoré¹, Patrice Toé² and Harouna Karambiri¹

¹Laboratoire Eaux Hydro-Systèmes et Agriculture (LEHSA), Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Rue de la Science, 01 BP 594 Ouagadougou 01, Burkina Faso ; tazen.fowe@2ie-edu.org (T.F.); malicki.zorom@2ie-edu.org (M.Z.); maimouna.bologo@2ie-edu.org (M.B.); harouna.karambiri@2ie-edu.org (H.K.)

²Laboratoire d'Etudes Rurales sur l'Environnement et le Développement Economique et Social (LERE/DES), Université Nazi BONI (UNB), 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso ; patrice_toe57@yahoo.fr (P.T.)

³Alliance of Bioversity International and CIAT, Senegal; m.ouedraogo@cgiar.org (M.O.)

*Correspondance : karim.traore@2ie-edu.org ou karimtraore.sm@gmail.com

Résumé

Cette étude analyse les stratégies d'adaptation des ménages face aux inondations urbaines récurrentes à Ouagadougou (Burkina Faso), dans un contexte d'intensification des aléas hydrométéorologiques liés au changement climatique. S'appuyant sur une enquête réalisée entre juillet et septembre 2022 auprès de 1026 ménages résidant dans des quartiers exposés aux inondations, elle met en évidence la diversité des mesures structurelles préventives adoptées et examine leurs déterminants socio-économiques. Les résultats montrent que les ménages recourent systématiquement à au moins un moyen de protection, principalement des ceintures de protection, des constructions solides ou en matériaux durables, la perforation des clôtures et le rehaussement des seuils des portes. Toutefois, l'adoption, l'accumulation et la qualité de ces mesures varient fortement selon le niveau d'instruction, le statut d'occupation du logement et le revenu du ménage. Les ménages les plus instruits, disposant de revenus plus élevés et propriétaires de leur logement, investissent davantage dans des mesures durables et coûteuses, telles que la construction en dur et le rehaussement des habitations. À l'inverse, les ménages à faibles revenus et les locataires recourent davantage à des stratégies peu coûteuses ou temporaires. L'efficacité perçue de ces mesures reflète également ces inégalités : près de 60 % des enquêtés considèrent leurs dispositifs comme « peu efficaces », les appréciations négatives étant principalement concentrées parmi les groupes à faible revenu et à faible niveau d'instruction. À l'inverse, les catégories de revenus les plus élevées expriment une satisfaction plus marquée quant à la performance des mesures mises en oeuvre. Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence d'importantes disparités socio-économiques tant dans les investissements préventifs que dans la perception des mesures de protection, révélant une vulnérabilité différenciée face aux inondations et soulignant la nécessité d'interventions ciblées afin de renforcer la résilience des ménages.

Mots-clés : Inondations, Ménages, Mesures de prévention, Ouagadougou, Burkina Faso



Système de feux de circulation adaptatifs pour la réduction de la congestion routière

Adama COULIBALY

Université Gaston Berger, Sénégal

LANI/LITA/Automata Lab

adama.coulibaly@esp.sn

Résumé

Face à l'impact économique, social et environnemental des congestions récurrentes, les collectivités développent des solutions d'amélioration des infrastructures routières comme la réalisation des échangeurs, l'élargissement des chaussées, le déploiement des feux de régulation de la circulation, etc. Cependant les feux déployés pour réguler le flux de trafic ont un fonctionnement statique qui ne s'adapte pas à la densité du trafic. Cela limite l'efficacité des solutions déployées. Ce papier propose une approche de régulation dynamique du trafic routier aux intersections à l'aide des feux de circulation adaptatifs selon le niveau de congestion. Pour ce faire, le contrôleur de feux s'appuie sur le niveau de trafic en temps réel sur les bretelles menant à l'intersection pour ajuster le cycle des feux. Cette solution permet de réduire la congestion, augmenter la fluidité du trafic et d'optimiser la gestion du trafic routier. Les simulations réalisées à l'aide de SUMO ont permis de comparer les performances des deux stratégies de gestion des feux tricolores : le plan fixe et le plan adaptatif basé sur la densité du trafic. Les résultats obtenus mettent en évidence plusieurs tendances nettes. Le temps moyen d'attente est réduit de 18,72s à 10,95s par véhicule, soit un gain d'environ 41,7%. Cette solution permet une gestion dynamique de la mobilité urbaine et constitue une contribution importante aux systèmes de transport intelligents.



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

Gestion durable des Ressources en Eau et de l'environnement dans un contexte d'Urbanisation rapide

LE Thi Minh Tam, HA Quang Khai

Institut Polytechnique de Ho-Chi-Minh-Ville, Vietnam

Centre Asiatique de la recherche sur l'eau — CARE

hotuanduc@hcmut.edu.vn

Résumé

Les activités de recherche se concentrent sur la résolution des défis environnementaux dans les zones sensibles, en particulier le delta du Mékong et Hô Chi Minh-Ville (HCMV). L'objectif est de développer des solutions basées sur des données fiables et adaptées aux réalités politiques, visant une gestion durable des ressources en eau au sein de systèmes socio-hydrologiques complexes. La stratégie de recherche s'articule autour de deux axes spécialisés mais étroitement liés : l'étude des systèmes d'eaux souterraines et la dynamique des eaux de surface.



Monitoring de la qualité de l'eau basé sur les IoTs et l'apprentissage profond

Damien Diop^{1,2}, Idy Diop^{1,2}, Massa Ndong³, Nouhou Diaby^{1,4}, Alassane Bah^{1,2}

¹Cheikh Anta Diop University, Dakar, Senegal

²Science, Polytechnic Institute (ESP), Dakar, Senegal

³Cheikh Hamidou Kane University, Dakar, Senegal

⁴Fundamental Institute of Black Africa (IFAN), Dakar, Senegal

diopdamien903@gmail.com

Résumé

La surveillance de la qualité de l'eau est essentielle pour la santé humaine et le bien-être environnemental, tant pour les humains que pour la faune. Cette étude présente un système basé sur l'IoT pour la surveillance et la prédiction de la qualité de l'eau en temps réel à l'aide d'algorithmes d'apprentissage profond. En collectant des données physico-chimiques, nous calculons l'indice de qualité de l'eau (WQI) pour évaluer la santé de l'eau. Le système proposé s'appuie sur des techniques d'apprentissage profond telles que LSTM et GluonTS pour prédire cinq paramètres clés de l'eau et l'indice global de qualité de l'eau. L'étude démontre l'efficacité du système à prédire les tendances de la qualité de l'eau, ce qui contribue à une gestion proactive et à la conservation de l'environnement.

Mots-clés : Eau, Indice de Qualité de l'Eau (WQI), IoT, Deep learning, LoRa

**SESSION 4 – ÉNERGIE, ÉNERGIE RENOUVELABLE, EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE****Impact des adjuvants sur la caractérisation thermomécanique de la formulation F200 du béton ciment-Sésame**

Elhadji DIENG¹, Stéphane HANS², Mactar FAYE³, Vincent SAMBOU¹

¹Université Cheikh Anta DIOP Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industrielles (LE3PI), fann Hock, F 5005 DAKAR (SENEGAL)

²Université de Lyon, Ecole National des Travaux Public de l'Etat, Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes, 69518 Vaulx-en-Velin, France

³Efficiency and Energetic Systems Research Group, Alioune Diop University, Bambey, Senegal

Elhadji3.dieng@ucad.edu.sn

Résumé

Dans un contexte de développement durable et de réduction des consommations énergétiques dans le secteur du bâtiment, les bétons biosourcés sont de plus en plus développés. Ces matériaux offrent d'excellentes propriétés thermiques, avec des propriétés mécaniques faibles, mais suffisantes pour être utilisées comme matériau de remplissage. Le travail a été consacré à une formulation F200 simple et adjuvée. Trois échantillons témoins pour la caractérisation mécanique et trois autres pour la caractérisation thermique des bétons. L'accélérateur de prise et un plastifiant ont été utilisés comme adjuvants. L'ajout des adjuvants augmente les performances mécaniques et n'a pas de grandes influences sur les propriétés thermiques de ses bétons.



Conception d'un séchoir solaire innovant intégrant stockage thermique et déshumidification par matériaux de sorption : modélisation et validation expérimentale

Kokouvi Edem N'TSOUKPOE^{1,*}, Rock Aymar DAKE¹, Hadidjata DIARRA¹, Frédéric KUZNIK²

¹Laboratoire Énergies Renouvelables et Efficacité Énergétique (LabEREE), Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 01 BP 594 Ouagadougou 01, Burkina Faso

²Université de Lyon, INSA de Lyon, CETHIL UMR5008, F-69622, Villeurbanne, France

edem.ntsoukpoe@2ie-edu.org

Résumé

Dans un contexte de transition énergétique et de valorisation des ressources agricoles en Afrique de l'Ouest, la filière de la mangue au Burkina Faso occupe une place stratégique. Avec une production annuelle estimée à plus de 200 000 tonnes, dont une part significative est transformée en mangues séchées (3800 tonnes de mangues séchées produites en 2020), cette filière est confrontée à des pertes post-récolte importantes (30 à 40%) ainsi qu'à une forte dépendance énergétique aux combustibles fossiles, notamment le gaz. Cette dépendance entraîne des coûts d'exploitation élevés et des émissions significatives de CO₂, compromettant la durabilité environnementale et économique du secteur.

Le séchage solaire apparaît comme une alternative prometteuse, compte tenu du fort potentiel solaire du Burkina Faso (irradiation globale $\geq 5,5$ kWh·m⁻²·jour⁻¹). Toutefois, les séchoirs solaires conventionnels présentent plusieurs limitations majeures qui freinent leur adoption à l'échelle industrielle : (i) l'intermittence de la ressource solaire, notamment l'absence de production nocturne, (ii) les niveaux élevés d'humidité relative de l'air ambiant (52–87%) pendant la principale saison de récolte et de transformation des mangues, réduisant l'efficacité du séchage, et (iii) une capacité de production généralement limitée.

Face à ces contraintes, cette étude propose et analyse un concept innovant de séchoir solaire intégrant un système combiné de stockage thermique et de déshumidification basé sur des matériaux de sorption. L'objectif principal est d'améliorer les performances de séchage en conditions climatiques tropicales humides, tout en réduisant la dépendance aux sources d'énergie conventionnelles.

La méthodologie adoptée repose sur une approche combinant modélisation numérique et expérimentation. Un prototype de séchoir solaire a été conçu et réalisé sur la base d'un modèle de référence existant, auquel ont été ajoutés : (i) un lit de stockage thermique utilisant un matériau adsorbant, permettant de stocker l'énergie sous forme thermochimique et de la restituer en période sans ensoleillement, et (ii) un lit de déshumidification destiné à réduire l'humidité de l'air entrant et à améliorer ainsi son potentiel de séchage.

Le dispositif expérimental comprend un capteur solaire plan à air, une chambre de séchage isolée, des claies de séchage ajustables, ainsi qu'une instrumentation complète permettant le suivi des températures, de l'humidité relative et de la masse du produit. Des campagnes expérimentales ont été menées pour évaluer les performances du système, notamment lors du séchage de mangues avec ou sans stockage thermique.

Les résultats expérimentaux sans stockage thermique montrent que le séchage de mangues fraîches (1 kg) nécessite environ 72 heures pour atteindre une teneur en eau résiduelle d'environ 12–14 %, avec une diminution progressive de la masse et une dépendance marquée aux conditions météorologiques. Les températures de séchage fluctuent fortement en fonction de l'irradiance solaire.

Mots-clés : Séchage solaire ; Stockage thermique par adsorption ; Matériaux de sorption ; Déshumidification de l'air ; Mangues séchées

Production solaire d'eau chaude en Afrique de l'Ouest : enseignements de données de terrain et enjeux de déploiement

Kokouvi Edem N'TSOUKPOE*

Laboratoire Énergies Renouvelables et Efficacité Énergétique (LabEREE), Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 01 BP 594 Ouagadougou 01, Burkina Faso

edem.ntsoukpoe@2ie-edu.org

Résumé

L'eau chaude solaire (ECS) constitue une solution énergétique pertinente en Afrique de l'Ouest, dans un contexte marqué par une forte vulnérabilité énergétique et climatique, où une large part de la population dépend encore du bois-énergie, du charbon ou de combustibles fossiles pour des besoins thermiques de base. La région bénéficie pourtant d'un gisement solaire abondant, avec une irradiation globale annuelle comprise entre 1 500 et 2 600 kWh·m⁻²·an⁻¹. Malgré cela, le déploiement des chauffe-eau solaires (CES) reste très limité, avec des surfaces installées généralement inférieures à 0,1 m² pour 1 000 habitants, révélant un écart marqué entre potentiel et adoption [1].

Le parc installé est dominé par les systèmes à thermosiphon, qui représentent plus de 90% des installations [1]. Les politiques publiques apparaissent comme un facteur déterminant dans la diffusion de ces technologies. Des enquêtes de terrain menées entre décembre 2022 et janvier 2023 auprès de 1 011 ménages à Ouagadougou (échantillonnage proportionnel sur 55 secteurs) et 765 ménages à Lomé (répartition sur 7 communes) mettent en évidence des taux d'adoption fortement contrastés : 9% à Ouagadougou contre 0,4% à Lomé [2]. Ces différences s'expliquent notamment par l'existence de mécanismes de soutien et de subventions (notamment sur le gaz) dans le premier cas, et leur absence dans le second. À ressource solaire et technologie identiques, les politiques publiques produisent ainsi des trajectoires de diffusion radicalement différentes.

Les performances des systèmes ont été évaluées sur plusieurs années dans différents contextes d'usage (ménages, hôtel, buanderie hospitalière), incluant des technologies variées (capteurs plans, capteurs à tubes sous vide, systèmes intégrés). Les rendements annuels observés varient de 0,17 à 0,41, avec des productions solaires spécifiques comprises entre 339 et 739 kWh·m⁻²·an⁻¹ pour des irradiances incidentes de 1 644 à 2 024 kWh·m⁻²·an⁻¹ [3]. Les économies d'énergie mesurées atteignent en moyenne 769 à 785 kWh/an selon les sites et les années. Sur le plan économique, les temps de retour simple varient de 2,4 à 2,9 ans dans les cas favorables (substitution à l'électricité), et de 4,8 à 7,6 ans dans les cas moins favorables (substitution au charbon ou au gaz) [3]. Les analyses actualisées confirment la viabilité économique des systèmes dans les deux contextes étudiés, malgré des coûts initiaux élevés, identifiés comme principal frein par 64% des ménages [2].

Les capteurs à tubes sous vide présentent des performances robustes dans des conditions climatiques contrastées, sahéniennes et côtières. Une étude de terrain portant sur 31 systèmes en fonctionnement depuis 1 à 15 ans à Ouagadougou montre un taux de fonctionnement de 94% et un taux de satisfaction des usagers de 97% [4]. De manière générale, les utilisateurs expriment un niveau de satisfaction élevé (jusqu'à 91%), et 70% indiquent que leurs besoins en eau chaude sont couverts. Toutefois, 24% à 57% des utilisateurs rapportent avoir rencontré des problèmes techniques. Les défaillances les plus fréquentes concernent les flotteurs (30% des cas), suivies des fuites (13%) et des problèmes de pression (9%). Des cas d'insatisfaction liés à une couverture insuffisante des besoins suggèrent des problèmes de dimensionnement. Ces résultats mettent également en évidence un manque de main-d'oeuvre qualifiée pour l'installation et la maintenance, une faible sensibilisation des usagers, ainsi qu'un déficit de confiance.

Mots-clés : Énergie solaire thermique; Eau chaude solaire; Afrique de l'Ouest; Performances sur site; Adoption technologique; Enquêtes domestiques; Capteurs à tubes sous-vide



Prévision de la Puissance Photovoltaïque par une Approche Hybride Deep Learning et Modèles Physiques : Cas d'Étude Marocain (Ouarzazate)

Samira Abousaid¹, Loubna Benabbou², Abdelaziz Berrado¹

¹Équipe AMIPS, École Mohammadia d'Ingénieurs, UM5, Rabat, Maroc

²Université du Québec à Rimouski (UQAR), Québec, Canada

samira_abousaid@um5.ac.ma

Résumé

L'intégration croissante des systèmes photovoltaïques (PV) dans les réseaux électriques pose des défis importants liés à l'intermittence de la ressource solaire. Ce travail propose une approche hybride combinant le modèle de prévision numérique du temps WRF-Solar, un réseau de neurones LSTM pour la prévision de l'irradiance globale horizontale (GHI), et des modèles électriques physiques pour la conversion en puissance PV. Appliquée à la plateforme R&D de Masen à Ouarzazate (Maroc), l'approche hybride proposée atteint une MAE de 121 W et un MAPE de 5,84 % à l'horizon J+1, surpassant de 7,76 % une approche purement data-driven et de 3,99 % une approche purement physique.

Mots-clés : Prévision puissance photovoltaïque, Deep Learning, LSTM, Modèle électrique, NWP



Optimal Control Strategies for Battery Energy Storage in Photovoltaic Systems: Performance Enhancement and Efficiency Analysis

Meryam Chafiq¹, Loubna Benabbou², Hanane Dagdougui³, and Abdelaziz Berrado⁴

*¹Research Team AMIPS, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Mohammed V University in Rabat, Morocco,
meryam.chafiq@research.emi.ac.ma*

²Department of Management Science, Université du Québec à Rimouski (UQAR), loubna.benabbou@uqar.ca

*³Department of Mathematics and Industrial Engineering, Polytechnique Montr'éal, Canada,
hanane.dagdougui@polymtl.ca*

⁴Research Team AMIPS, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Mohammed V University in Rabat, Morocco,

berrado@emi.ac.ma

Abstract

The integration of Battery Energy Storage Systems (BESS) with photovoltaic (PV) systems is a key enabler for improving energy flexibility and mitigating solar intermittency. However, system performance depends strongly on the adopted battery charging and discharging strategies, which require systematic evaluation. This paper presents ongoing research exploring several BESS operational strategies, including peak shaving, load shifting, energy arbitrage, and backup support. A dynamic system model is being developed to incorporate battery constraints such as state of charge (SOC), efficiency, and power limits. The research aims to assess how different strategies influence cost reduction, self consumption, and grid interaction, and to investigate hybrid strategies that balance multiple control objectives while maintaining battery health. The proposed framework seeks to provide practical guidance for optimizing PV-BESS systems in real-world applications.



Prédiction de l'évolution de la consommation en énergie des centres de santé au Cameroun : Cas de l'hôpital de district d'Obala

Jules Stéphane Nyonga, Raïssa Onanena, Stéphane Atock A Nwatchok, Olivier Videme Bossou, Pierre Elé

Centre Universitaire de Recherche sur l'Energie pour la Santé (CURES), Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé

julesnyonga@gmail.com; raïssa.onanena@univ-yaounde1.cm ; stephane.atock@univ-yaounde1.cm;
olivier,videme@univ-yaounde1.cm ; pierre.ele@energie-cures.org

Résumé

La gestion de l'énergie dans les centres de santé au Cameroun est confrontée à d'importantes fluctuations de la consommation électrique, principalement dues à l'utilisation intensive des systèmes de climatisation et à la forte variabilité des conditions climatiques en zone tropicale. Cette situation complique la planification des ressources électriques et limite l'efficacité des stratégies classiques de gestion énergétique, d'où la nécessité de disposer d'outils de prévision plus précis et adaptés au contexte local. Le présent travail s'inscrit dans cette perspective et propose une approche de prédiction dynamique de la consommation énergétique basée sur des techniques d'apprentissage automatique, intégrant explicitement une consommation de climatisation dépendante des paramètres météorologiques. Les modèles développés ont été entraînés et évalués à partir d'un jeu de données combinant des relevés énergétiques issus de l'hôpital de district d'Obala et des données climatiques correspondantes à cette zone. Le modèle d'apprentissage utilisé est la forêt aléatoire. Pour l'entraînement et la validation du modèle, les données ont été réparties en un ensemble d'apprentissage (70 %) et un ensemble de validation/test (30 %) les métriques utilisées sont coefficient de détermination (R^2), du RMSE et du MAE. Les résultats montrent le modèle de prédiction obtient un R^2 atteignant 0,91 pour la base de test. Cette approche pourrait être une ouverture pour une amélioration de l'efficacité énergétique des infrastructures de santé du pays.

Mots-clés : Prédiction, consommation énergétique, centre de santé, apprentissage automatique, Forêt aléatoire



RESCIF

Réseau d'excellence
des sciences de l'ingénieur
de la Francophonie

Remerciements

Le RESCIF remercie l'ensemble des intervenant.es, des membres du comité scientifique et du comité d'organisation pour leur contribution au Séminaire scientifique RESCIF 2026.

Pour plus d'informations sur le RESCIF :

[Rescif.org](https://rescif.org)
Linkedin – RESCIF

Réalisation et mise en page du recueil :

Ambrine SAIDI
Grenoble INP – UGA
Secrétariat général du RESCIF

Mai 2026