

# Impacts des précipitations sur les phénomènes d'humidité : étude de cas dans un espace péri-urbain de Dakar (Sénégal)

---

Sidy SY

[sidi96sy@gmail.com](mailto:sidi96sy@gmail.com)

Université Cheikh Anta Diop (Dakar-Sénégal)

## Résumé

Les Parcelles Assainies de Keur Massar constituent un point focal des inondations à Dakar. La Société Nationale des Habitations à Loyer Modéré (SN-HLM) a viabilisé ce site sans prévoir un système d'assainissement adéquat. Les acquéreurs des parcelles s'inscrivent dans l'auto construction. Les principaux constructeurs sont les chefs maçons et les tâcherons, qui négligent ou ignorent souvent les mesures adaptées contre l'humidité. En conséquence, ces maisons sont sujettes à divers types de détérioration, comme l'humidité ascensionnelle et l'humidité par infiltration pluviale. À l'échelle régionale, une augmentation des précipitations et une récurrence des pluies extrêmes sont observées depuis la fin des années 1990, accentuant ces problèmes. La méthodologie adoptée repose sur une approche qualitative, notamment des enquêtes auprès des habitants, des entretiens avec des professionnels du bâtiment, des acteurs du secteur de l'habitat, ainsi que sur l'approche quantitative (l'analyse des caractéristiques pluviométriques à Keur Massar). Cette étude révèle que les précipitations influencent fortement la survenue et l'aggravation des phénomènes d'humidité. Pour une meilleure gestion de ces problèmes, il est important d'inclure l'humidité lors de la construction des bâtiments à usage résidentiel.

**Mots-clés** : Keur Massar, humidité ascensionnelle, impact, inondations, infiltration

Impacts of Rainfall on Humidity Phenomena: A Case Study in the Peri-Urban Area of Dakar, Senegal

## Abstract

The cleaned up plots of Keur Massar are a focal point of flooding in Dakar. The Société Nationale des Habitations à Loyer Modéré (SN-HLM) serviced this site without providing an adequate sanitation system. People who Buyers of these plots are self-builders. The main builders are master masons and contractors, who often neglect or ignore appropriate measures against humidity. As a result, these houses are subject to various types of degradation, including rising damp and damp from rain infiltration. At a regional scale, an increase in precipitation and a recurrence of extreme rainfall have been observed since the late 1990s, exacerbating these problems. The methodology used is based on a qualitative approach, including surveys of inhabitants, interviews with buildings professionals and stakeholders in the housing sector, as well as a quantitative approach (analysis of rainfall patterns in Keur Massar). The results reveal that precipitation strongly influences the occurrence and aggravation of humidity phenomena. In order to better manage these problems, it is important to include humidity during the planning and construction of residential buildings.

**Keywords**: Keur Massar, rising damp, impact, flooding, infiltration

## Introduction

La gestion de l'humidité est un enjeu fondamental pour améliorer la qualité et l'efficacité énergétique des bâtiments. La présence d'eau dans la maçonnerie engendre divers risques esthétiques, structurels et thermiques, susceptibles de favoriser le développement de moisissures et d'augmenter l'humidité (Guolo et al., 2022, p. 1). La présence d'humidité dans les environnements intérieurs augmente les risques de maladies respiratoires (OMS, 2009, p. 2). Ainsi, surveiller la teneur en humidité est essentiel tant pour préserver la santé des

occupants que pour assurer la durabilité des matériaux (Franzoni, 2014, p. 124).

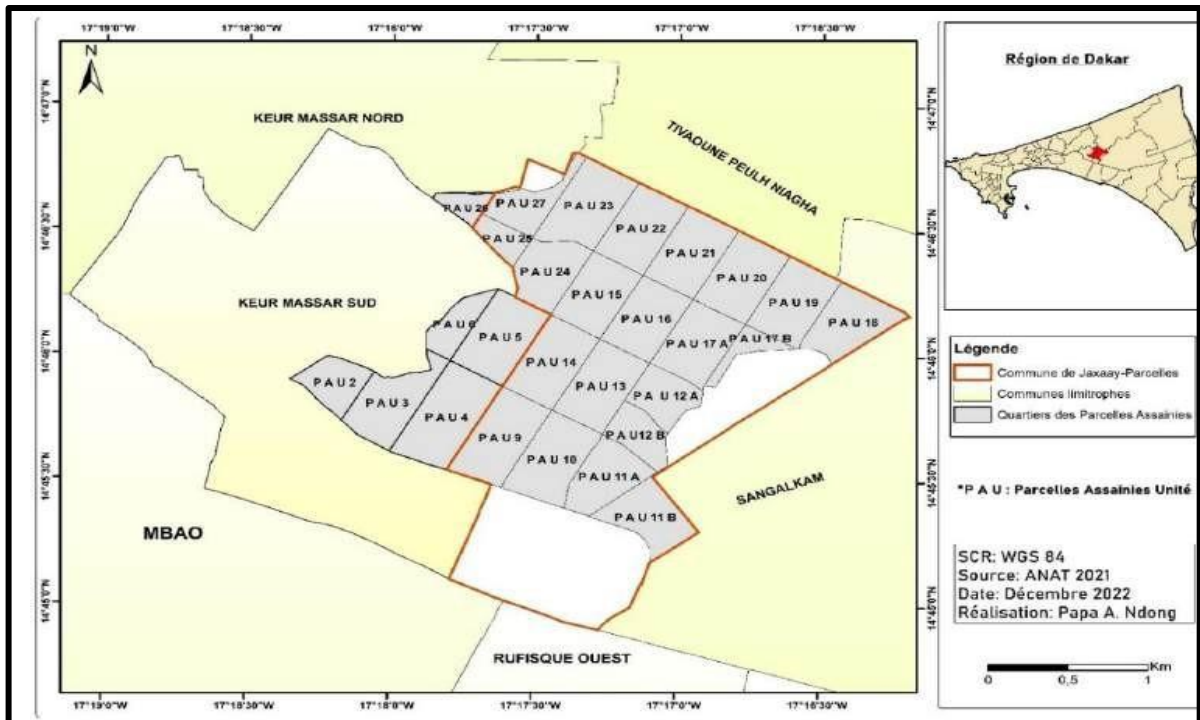
Face aux effets du changement climatique, la recherche sur les bâtiments s'intensifie. Elle explore leur performance thermique (Zmeureanu et Renaud, 2008, p. 303-310), l'évolution des matériaux de façade (Athauda et al., 2023, p. 3-8) et les stratégies d'adaptation des bâtiments aux nouvelles conditions climatiques (Stagrum et al., 2020, p. 1-2). Ces études mettent en lumière les conséquences du changement climatique sur l'environnement bâti, incluant ses répercussions sur les structures, les cycles de vie des matériaux et la performance énergétique des bâtiments. L'humidité ascensionnelle est un facteur majeur de dégradation des constructions (Franzen et Mirwald, 2009, p. 93). Phénomène largement étudié, il fait l'objet de recherches portant sur son diagnostic (Barreira et Delgado, 2017, p. 120), ses traitements (Guimarães et al., 2016, p. 733-738) et sur l'effet des sels hygroscopiques (Agyekum et al., 2014, p. 6). En somme, les recherches se centralisent sur l'humidité ascensionnelle et sur les impacts des changements climatiques sur les bâtiments.

Toutefois, les phénomènes d'humidité par infiltration pluviale directe et par ruissellement superficiel demeurent des sujets peu explorés. Les études se concentrent davantage sur les facteurs techniques et physico-chimique, tout en faisant abstraction de ceux économiques, anthropiques et environnementaux. Par ailleurs, il existe un fossé entre les pratiques traditionnelles de gestion de l'humidité et les méthodes recommandées par la littérature scientifique. Dans ce contexte, cette étude vise à mieux comprendre ces phénomènes, à identifier les différentes formes d'humidité (ascensionnelle, infiltration pluviale directe, ruissellement superficiel) et à analyser les stratégies adoptées par les ménages pour y faire face.

## **1. Méthodologie**

### **1.1. Présentation de l'espace d'étude**

Les Parcelles Assainies sont situées à l'est du département de Keur Massar, dans la région de Dakar. Elles couvrent une superficie de 4,92 km<sup>2</sup>. La moyenne pluviométrique est de 555,2 mm. Géologiquement, le secteur d'étude repose sur des formations tertiaires, en particulier l'Eocène inférieur. D'un point de vue hydrogéologique, les Parcelles Assainies sont rattachées à la nappe souterraine de Thiaroye. L'hydrologie de surface est caractérisée par la formation de mares d'eau temporaires durant la saison pluvieuse. Selon les données de l'Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (2013), la population s'élève à 25 122 habitants. Elles sont délimitées par quatre communes : au nord par Keur Massar Sud et de Keur Massar Nord, au sud par Sangalkam, à l'est par Tivaouane-Peulh-Niakoulrab et à l'ouest par Mbao (carte 1).



**Carte 1** : Localisation des Parcelles Assainies (P. A. Ndong, 2022)

Les Parcelles Assainies sont réparties entre deux communes du département de Keur Massar. Il s'agit des communes de Keur Massar Sud et de Jaxaay-Parcelles. Anciennement, le secteur d'étude était rattaché au département de Rufisque, plus précisément à la commune de Jaxaay-Parcelles-Niakoulrab.

## 1. 2. Approche méthodologique

Cette étude s'appuie sur des données pluviométriques fournies par l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM). Deux stations ont été sélectionnées : la station synoptique de Dakar-Yoff, dont la normale climatique couvre la période 1991-2020 et la station automatique de Mbao, qui dispose de relevés couvrant la période 2019-2022. La normale climatologique a permis d'analyser la répartition annuelle de la pluviométrie à Dakar, tandis que les données de 2019-2022 ont servi au calcul de la recharge de la nappe en utilisant la méthode de Rao (1970, citée dans Anduaem et *al.*, 2021, p. 1). Par ailleurs, un suivi pluviométrique a également été réalisé aux Parcelles Assainies durant la saison pluvieuse de 2023. La méthode Rao nécessite une connaissance de la pluviométrie annuelle et de l'isohyète de l'espace étudié ; elle repose sur la relation suivante :

$$R = K (P - X)$$

Où :

R : Recharge (mm/an)

K : Constante

P : Pluviométrie annuelle de la zone (mm)

X : Précipitations ponctuelles

Les coefficients de recharge varient selon le niveau de précipitations annuelles

R : 0,20 (P – 400) avec P entre 400 et 600 mm

R : 0,25 (P – 400) avec P entre 600 et 1000 mm

R : 0,35 (P – 600) avec P supérieure 2000 mm

La collecte des données s'est déroulée en trois étapes : les entretiens, l'enquête et l'échantillonnage. Elle a été réalisée à travers des entretiens et des questionnaires. Les entretiens ont été menés auprès de divers acteurs impliqués dans la problématique de l'humidité des bâtiments, notamment les professionnels du secteur (architectes, ingénieurs en génie civil et chefs maçons), les représentants municipaux des deux communes, 11 chefs

de quartiers ainsi que la SN-HLM. Ces échanges ont permis d'identifier les facteurs contribuant aux phénomènes d'humidité, d'examiner les enjeux liés à l'assainissement et d'analyser les stratégies d'adaptation mises en place à l'échelle locale et municipale. Le questionnaire destiné aux ménages était structuré en quatre rubriques : (1) la relation entre les précipitations et les phénomènes d'humidité, (2) l'identification des manifestations de l'humidité, (3) les facteurs contributifs à ces phénomènes et (4) les méthodes adoptées par les ménages.

L'enquête auprès des ménages a été menée dans 11 des 27 secteurs de l'espace d'étude. La sélection des secteurs s'est basée sur le degré de dégradation des habitations, ce qui a conduit au choix de 11 unités des Parcelles Assainies. Parmi celles-ci, une seule (l'Unité 26) est située dans la commune de Keur Massar Sud, tandis que les 10 autres se trouvent dans la commune de Jaxaay-Parcelles. Pour déterminer la taille minimale de l'échantillon nécessaire à une représentation adéquate des ménages interrogés, la formule de Yamane (1973, citée dans Anaman et Okai, 2016, p. 43) a été appliquée. Il faut noter que le nombre total de ménages sur les 11 unités est de 415.

$$N = \frac{M}{1+(M \times e^2)}$$

Où :

$N$  = La taille de l'échantillon

$M$  = Le nombre total de ménages, soit 415

$e$  = La marge d'erreur acceptable fixée à 5 % ou 0,05

En appliquant cette formule :

$$N = \frac{415}{1+(415 \times 0,05^2)}$$

L'échantillon retenu pour l'enquête est composé de 204 ménages, garantissant une représentativité statistique fiable. Le traitement des données relatives aux solutions adoptées par les populations a consisté à analyser la fréquence des réponses fournies par les enquêtés. Cette approche a permis d'identifier les stratégies les plus utilisées. Les entretiens, en raison de la diversité et de la complexité des réponses, ont été analysés manuellement afin de mieux en saisir les nuances.

À partir des analyses des données et des observations menées sur les bâtiments, il était possible de décrire les manifestations des phénomènes d'humidité et d'établir le lien entre l'humidité des constructions et les précipitations. Enfin, les différentes solutions adoptées pour remédier à ces problématiques ont été examinées et explicitées.

## 2. Résultats

Les résultats de l'étude portent sur les impacts des pluies sur les phénomènes d'humidité, ainsi que sur les stratégies adoptées par les ménages pour y remédier.

### 2.1. Phénomènes d'humidité

#### 2.1.1. Humidité ascensionnelle

L'humidité ascensionnelle désigne un ensemble de manifestations dégradant la maçonnerie des bâtiments et compromettant la santé des occupants en raison de la présence d'eau en surface et en sous-sol. Son étude repose sur trois aspects : les sources, les manifestations et la répartition du phénomène dans les habitations. L'enquête menée auprès des ménages a permis d'identifier plusieurs sources du phénomène, notamment la remontée de la nappe souterraine, ainsi que les eaux de ruissellement et de stagnation (planche 1).



**Planche 1** : Sources du phénomène d'humidité : a) Nappe souterraine ; b) Eaux de ruissellement ; c) Eaux stagnantes (S. SY, août-septembre 2023)

La principale source identifiée est la nappe souterraine, qui représente 69 % des cas. Cependant, l'origine de l'humidité varie d'une habitation à l'autre en raison des fluctuations du niveau de la nappe et de l'absence d'un système d'assainissement efficace. Les ménages ont observé une élévation progressive du niveau de la nappe ces dernières années. Cette situation s'explique par deux facteurs majeurs : les recharges naturelles et anthropiques ainsi que l'arrêt total du pompage dans la zone de Thiaroye. La recharge naturelle est principalement influencée par l'augmentation et l'intensification du régime pluviométrique. Aux Parcelles Assainies, la pluviométrie annuelle enregistrée pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022 est respectivement de 433,9 mm, 450,2 mm, 614,3 mm et 782,8 mm. Les valeurs de recharge, calculées à l'aide de la méthode de Rao, montrent une hausse significative au cours des deux dernières années (2021 et 2022), soit respectivement 53,57 et 95,07 mm/an. La recharge annuelle de 2019 est plus faible (6,78 mm) suivie de 2020 avec 10,04 mm. Ces résultats mettent en évidence une corrélation entre l'augmentation des précipitations et la recharge de la nappe, accentuant ainsi les problèmes d'humidité (Tableau 1).

**Tableau 1**: Estimation de la recharge de la nappe de Thiaroye à partir des données de la station automatique de Mbao

Année	Recharge (mm/an)
2019	6,78
2020	10,04
2021	53,57
2022	95,07

Source : ANACIM (2023)

Le niveau de la nappe joue un rôle déterminant dans l'intensité des manifestations de l'humidité ascensionnelle. Plus la nappe est élevée, plus les symptômes de l'humidité ascensionnelle deviennent sévères dans les bâtiments. La recharge anthropique provient principalement des eaux usées rejetées par les ménages. L'ampleur des rejets s'explique par la forte croissance démographique de l'espace d'étude, qui a enregistré une augmentation de 36,31 % entre 2002 et 2013, entraînant une expansion territoriale. Le nombre de quartiers est ainsi passé de 17 à 27 sur cette période. Lors de l'enquête, plusieurs manifestations de l'humidité ascendante ont été identifiées, notamment l'humidité persistante des murs, l'écaillage de la peinture, la détérioration des briques, l'apparition de salpêtre et la corrosion des éléments métalliques (planche 2).



**Planche 2** : Symptômes de l'humidité ascensionnelle : a) Ecaillage de la peinture, b) Mouillure des murs, c) Tâche d'humidité, d) Corrosion des métaux, e) Salpêtre, f) Pourriture des briques (S. SY, juillet-septembre 2023)

L'humidité ascensionnelle se manifeste principalement à la base des murs, où la mouillure est maximale, avant de s'atténuer progressivement jusqu'à environ un mètre de hauteur. Contrairement aux mouillures, qui peuvent s'étendre sur l'ensemble de la base du mur, les tâches d'humidité sont généralement plus localisées. Les remontées capillaires n'expliquent pas entièrement l'apparition ou l'aggravation de l'écaillage de la peinture. D'autres facteurs peuvent entrer en jeu. En effet, le décollement de la peinture peut également résulter du choix du peintre et de la qualité de la peinture utilisée. Par ailleurs, la nature des revêtements des murs détermine le degré de détérioration des briques. Par exemple, les murs revêtus en carreau sont moins sensibles que ceux enduits en ciment. Très souvent, le salpêtre et l'efflorescence saline, même s'ils partagent le principe de cristallisation du sel au moment de l'évaporation, sont confondus. Toutefois, l'origine du sel et les effets diffèrent. Le salpêtre est le plus destructeur pour la maçonnerie du fait que les sels sont issus des eaux souterraines, contrairement aux efflorescences, qui proviennent des matériaux de construction. Quant aux métaux en contact avec l'eau, ils présentent des signes évidents de rouille et de corrosion. La répartition de ces manifestations dans les maisons dépend de la présence, de l'absence, de la défaillance ou de l'insuffisance d'une coupure capillaire. Ainsi, tous les endroits d'une habitation peuvent être affectés par les remontées capillaires. Certaines maisons n'affichent qu'un seul symptôme, tandis que d'autres en présentent plusieurs simultanément. Cette variabilité s'explique aussi par la présence d'eaux souterraines et superficielles et par les propriétés des matériaux de construction, notamment leur porosité, leur perméabilité et leur caractère hygroscopique.

### *2.1.2. Humidité par ruissellement superficiel*

L'humidité due au ruissellement superficiel se produit lorsque la quantité des précipitations dépasse la capacité d'absorption du sol. L'excédent d'eau s'écoule alors à la surface, pouvant pénétrer à l'intérieur des maisons, s'accumuler devant les entrées ou stagner au niveau des façades (photo 1).



**Photo 1** : Eaux ruisselantes (S. SY, septembre 2023)

Ce type d'humidité dépend de plusieurs facteurs. Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration du sol, l'eau s'écoule en surface. En l'absence d'un système de drainage efficace, cette eau peut pénétrer dans les habitations. La topographie basse des quartiers étudiés et la nature hydromorphe du sol favorisent le ruissellement des eaux. Les habitations non contiguës sont particulièrement exposées à l'accumulation des eaux pluviales. Enfin, les habitations dotées de devantures surélevées sont moins vulnérables à l'infiltration des eaux ruisselantes.

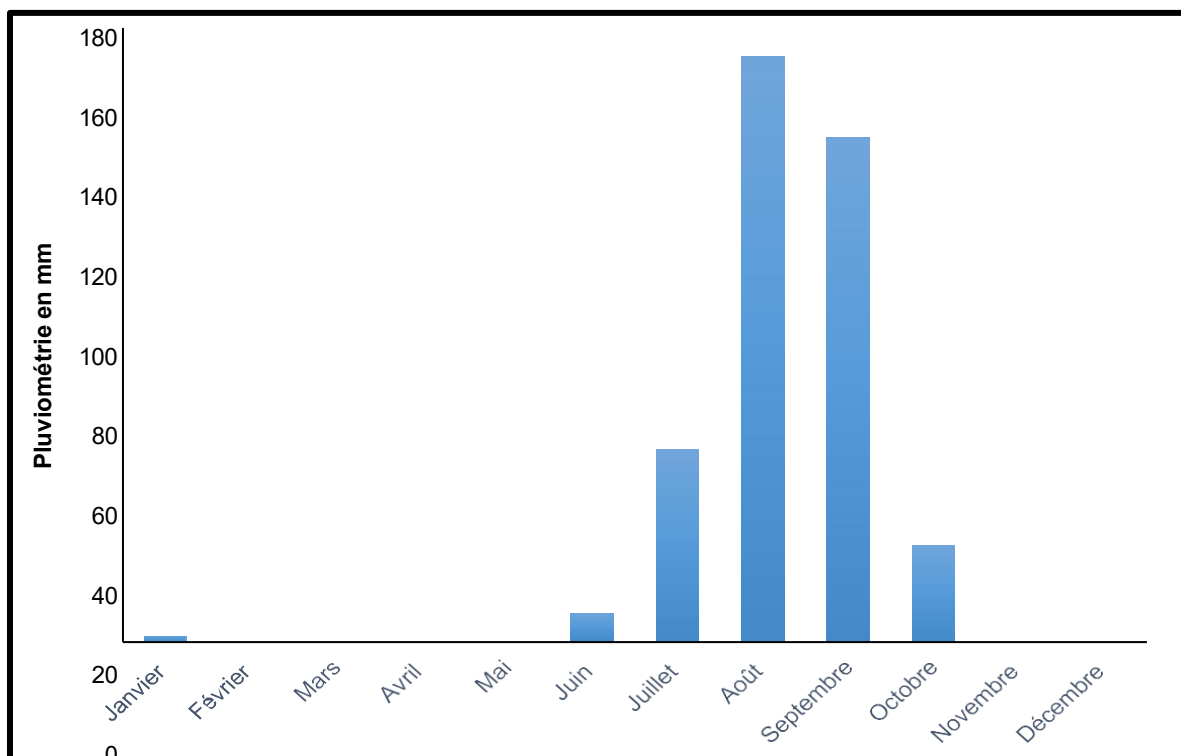
### *2.1.3. Humidité par infiltration pluviale directe*

L'humidité par infiltration pluviale résulte de l'impact des précipitations sur les habitations, entraînant une pénétration et une stagnation de l'eau à l'intérieur des structures. Ce type d'humidité, principalement déterminé par les pluies, n'est perceptible que durant la saison des pluies. L'intensité du phénomène et l'ampleur des dégâts varient en fonction de la quantité, de la fréquence et de la durée des pluies. L'infiltration pluviale est étroitement liée aux caractéristiques des habitations. Les maisons basses et à étages sont les plus représentatives dans le secteur d'étude. Chaque typologie facilite l'intrusion d'eau sur au moins trois endroits.

## **2.2. Précipitations**

### *2.2.1. Moyenne mensuelle de la pluviométrie à Dakar et aux Parcelles Assainies*

La pluie est la plus grande source d'humidité. C'est pourquoi l'analyse des variations pluviométriques est importante pour la compréhension des phénomènes d'humidité. Dans la région de Dakar, la saison climatique est divisée en deux : une saison sèche, s'étendant de novembre à mai et une saison pluvieuse de juin à octobre (figure 1).



**Figure 1** : Moyennes mensuelles de la pluviométrie à Dakar-Yoff (1991-2020)

Source : ANACIM, 2023

Suivant la période 1991-2020, la moyenne pluviométrique est de 393,88 mm. Cette période se caractérise par une situation de retour à la normale du régime des précipitations et une récurrence des pluies extrêmes dans la région de Dakar. Durant la saison sèche, les précipitations enregistrées ne sont pas importantes (1 % du total annuel). L'essentiel des précipitations est relevé lors de l'épisode de juillet, août et septembre (JAS). Les cumuls sont de 357,8 mm (91 % de la pluviométrie annuelle). Le cœur de la saison pluvieuse est constitué des mois d'août et de septembre (77 % du total annuel). Le mois d'août est le plus pluvieux avec 163,3 mm de pluie. Aux Parcelles Assainies, les mois d'août et de septembre représentent 97 % des précipitations annuelles durant la période 2019-2022. Ces variations saisonnières contribuent à l'occurrence et à l'intensité des phénomènes d'humidité. Un suivi régulier de la saison des pluies de 2023 a été nécessaire pour mieux saisir les effets des précipitations sur ces phénomènes (tableau 2).

**Tableau 2** : Suivi de la saison des pluies 2023 aux Parcelles Assainies

---

### Juillet

---

1<sup>er</sup> au 10 juillet : La première pluie a été enregistrée le 3 juillet.

11 au 20 juillet : À l'exception d'une pluie significative le 18 juillet, aucune pluie n'a été observée.

21 au 31 juillet : les premières pluies relativement importantes sont survenues entre le 23 et le 27 juillet.

---

### Août

---

1<sup>er</sup> au 10 août : aucune pluie n'a été enregistrée.

11 au 20 août : des pluies ont été observées les 12, 14, 15 et 18 août.

21 au 31 août : des précipitations importantes ont été relevées les 21 et 24 août, suivies de deux jours de pluies successives, relativement faibles, les 29 et le 30 août.

---

## Septembre

---

1<sup>er</sup> au 10 septembre : des pluies ont été enregistrées les 2, 3, 5 et 9 septembre.

11 au 20 septembre : des pluies ont été relevées les 13, 14 et 17 septembre.

21 au 30 septembre : la précipitation la plus importante a été observée le 21 septembre.

D'autres épisodes pluvieux ont été enregistrés sur quatre jours consécutifs, du 22 au 25 septembre. La dernière pluie est survenue le 29 septembre.

---

## Octobre

---

1<sup>er</sup> au 10 octobre : la dernière pluie de la saison a été enregistrée le 5 octobre.

---

Source : Observations de terrain (2023)

La saison s'étale de juillet à octobre, avec uniquement 26 jours de pluie. Le mois de septembre compte le plus grand nombre de jours de pluie (13 jours) marqué par l'existence de grandes quantités de pluies, notamment lors de la deuxième et dernière décade. Le mois d'octobre a été le moins pluvieux. La plus grande sèche (période sans pluies) est de 15 jours. Elle est intervenue entre le 3 et le 18 juillet. Les phénomènes d'humidité sont observés pendant et après les pluies. Les précipitations, intervenues durant la nuit, ont fait l'objet de suivi le matin. En nous basant sur les données du tableau II, nous avons analysé l'impact des pluies sur chaque phénomène d'humidité.

### 2.2.2 Précipitations et phénomènes d'humidité

Les précipitations influencent les trois sources de l'humidité ascensionnelle (nappe souterraine, eaux ruisselantes et stagnantes), chacune contribuant à l'apparition et à l'aggravation des symptômes du phénomène. Au mois de juillet, les pluies du 3, du 18, puis celles du 23 au 27 ont amorcé la recharge naturelle des nappes et un début de constitution des eaux stagnantes, entraînant une mouillure des murs extérieurs (bas des murs). En août, les pluies rapprochées des 12, 14, 15 et 18, puis les fortes averses des 21 et 24 ont constitué les eaux superficielles, favorisant l'apparition des taches d'humidité et de la mouillure des murs. L'intérieur des habitations a commencé à montrer des symptômes visibles au mois de septembre, en raison des pluies des 2, 3, 5, 13, 14 et 17, et surtout des pluies intenses du 21 au 25 septembre, qui ont provoqué une saturation complète des nappes et une accumulation prolongée d'eaux superficielles. En conséquence, une intensification des symptômes est observée, notamment la pourriture des briques (non revêtues), un renforcement de la corrosion des éléments métalliques et une généralisation de la mouillure des murs, qui atteint 1,75 m dans certaines maisons. Après la dernière pluie du 5 octobre, l'exposition prolongée aux eaux pluviales a contribué à la migration des sels minéraux (dans le cas du salpêtre) et au décollement de la peinture, des symptômes visibles au cours de la fin du mois d'octobre et au début novembre.

L'infiltration pluviale est si insidieuse, en raison de la nature fine et pénétrante de l'eau pluviale, qui exploite la moindre ouverture dans l'enveloppe bâtie. C'est pourquoi l'infiltration s'est révélée constante tout au long de la saison, mais c'est en septembre que le phénomène est devenu critique, avec des intrusions permanentes et continues sur les toits et les cours des maisons. Même avec les fermetures, l'humidité ambiante a entraîné des condensations sur les parois intérieures, signe d'une saturation hygrométrique.

Le ruissellement superficiel dépend en grande partie de la pluie, surtout forte, même si d'autres facteurs peuvent interférer comme les caractéristiques du milieu. Tout au long du mois de juillet et durant la première décade du mois d'août, il n'a pas été observé de ruissellement des eaux pluviales. Les pluies du 15 août ont entraîné les premiers écoulements. Cette même situation est relevée les 24 et 27 août. Au mois de septembre, le ruissellement superficiel était important du fait de l'apport d'eau pluviale conséquent et récurrent. L'eau ruisselante a

occasionné une pression latérale et constante sur les fondations et des pénétrations horizontales, avec un transport des éléments érosifs (les débris), qui, en s'accumulant, ont contribué à la dégradation des interfaces sol-bâtiment.

En raison de l'humidité, la peinture et la chaux s'enlèvent. Les conditions humides provoquent des efflorescences à la surface des murs. L'humidité cause une désintégration des briques engendrant un affaissement du mur (photo 2).



**Photo 2** : Effondrement d'une partie d'un mur extérieur (S. SY, septembre 2023)

En l'absence de solutions adéquates, la maçonnerie engorge plusieurs types d'eau, notamment pluviale, souterraine ou superficielle. Ces eaux, souvent composées de sels nocifs, attaquent la maçonnerie en désorganisant ses éléments constitutifs, ce qui entraîne une faiblesse structurelle et à l'apparition de macro-fissures, qui s'élargissent surtout durant le mois de septembre en raison de l'apport accru en eau.

### 2.3. Méthodes adoptées par les ménages

La présence d'humidité dans les habitations génère un sentiment de gêne, d'inconfort et d'insécurité. Pour surmonter ces problèmes, les ménages ont développé diverses méthodes. Celles-ci incluent l'utilisation de gravats, le drainage artificiel, la fermeture des espaces extérieurs et la ventilation naturelle favorisée par le vent (planche 3).



**Planche 3** : Méthodes des ménages : a) Gravats ; b) Drainage artificiel ; c) Fermeture des espaces extérieurs ; d) Ventilation naturelle favorisée par le vent (S. SY, août-septembre 2023)

Le drainage artificiel et l'utilisation de gravats préviennent la stagnation et le ruissellement des eaux superficielles. La fermeture des espaces extérieurs bloque l'intrusion d'eau, tandis que

la ventilation naturelle, favorisée par le vent, assure une meilleure aération des logements et limite la formation de moisissures. Par ailleurs, la peinture des murs dissimule les signes d'humidité ascensionnelle et les actions d'évacuation manuelles permettent d'éliminer l'eau des habitations.

### 3. Discussion

Les précipitations jouent un rôle clé dans les phénomènes d'humidité. Comprendre le régime pluviométrique est crucial pour gérer ces phénomènes lors de la conception, de la construction et de l'occupation des bâtiments (Zareaian et al., 2013, p. 197-200). À l'échelle mondiale, les indicateurs climatiques varient (OMM, 2020, p. 2-3) et l'Afrique de l'Ouest est particulièrement vulnérable aux impacts du climat, plus marqués que dans d'autres régions du continent. La région subit déjà des modifications dans les régimes de précipitations et des événements climatiques extrêmes, avec une fréquence accrue des pluies extrêmes (Ezeife, 2014, p. 103-108). Ces dernières amplifient le risque d'humidité dans les bâtiments par infiltration directe, remontée de la nappe et ruissellement.

La compréhension des phénomènes d'humidité repose sur un ensemble de facteurs naturels, économiques, techniques et anthropiques. La nappe souterraine de Thiaroye se distingue par sa faible épaisseur, une forte nitrification et une remontée qui favorise l'humidité ascensionnelle. Les études de Ndao et al. (2019, p. 666-667) confirment ces caractéristiques. L'hydromorphie des sols intensifie l'humidité ascendante et par ruissellement superficiel. La capacité limitée d'infiltration de l'eau dans les sols hydromorphes conduit à une tendance à la stagnation des eaux (Barbe et al., 2017, p. 54). Trois niveaux topographiques distincts sont identifiés aux Parcelles Assainies. Il s'agit des zones basses (4,2 m-11 m), centrales (11,1 m-17,6 m) et élevées (17,7 m-22,8 m). Les zones basses et centrales, qui agissent comme réceptacles naturels pour les eaux de ruissellement, favorisent l'humidité par ruissellement superficiel. À l'échelle régionale, les altitudes plus élevées à l'ouest et à l'est entourent une zone centrale plus basse, incluant les Parcelles Assainies (Diop, 2015, p. 56-57).

Les revenus des ménages représentent un facteur clé dans les phénomènes d'humidité. Ces revenus varient en fonction du secteur d'activité, avec 61 % des ménages travaillant dans le secteur informel et 39 % dans le secteur formel. Au Sénégal, 90 % des travailleurs évoluent dans le secteur informel (OIT, 2020, p. 22-24). Les ménages du secteur informel, souvent installés dans des maisons de plain-pied, sont plus vulnérables aux phénomènes d'humidité que ceux du secteur formel, qui vivent généralement dans des maisons à étages. En effet, les maisons basses sont exposées à la nappe phréatique et aux eaux de surface, alors que les maisons à étages (intermédiaires et supérieures), quant à elles, échappent aux problèmes d'humidité ascensionnelle et de ruissellement superficiel. À l'échelle régionale, les maisons basses sont prédominantes (CAHF, 2019, p. 15-16).

Les maisons, de par leur typologie basse et l'absence de coupure capillaire au niveau des fondations, ne sont pas étanches à l'eau pluviale (100 %), ce qui est confirmé par 67 % des ménages. Cependant, la coupure capillaire est nécessaire pour limiter l'humidité ascendante (Cappellesso et al., 2016, p.2). Dans le secteur d'étude, les maisons majoritairement construites par les chefs maçons à hauteur de 61 % sont plus exposées aux phénomènes d'humidité que les autres catégories (architectes et entreprises de BTP). Cette situation s'explique par un manque de qualification professionnelle des chefs maçons et des tâcherons, ainsi que des contraintes économiques des ménages. Aux Parcelles Assainies, les matériaux de construction dominants sont le fer, le ciment et le béton, qui se caractérisent par leur porosité et leur perméabilité. Selon Gaye (2001, p. 19), la majorité des matériaux utilisés au Sénégal sont poreux. Tous les matériaux de maçonnerie, qu'il s'agisse de pierre, de brique, de mortier, de terre ou de blocs de béton, comportent des vides ou des pores (Liao et al., 2014, p. 451-460). Ces caractéristiques facilitent la rétention d'eau des bâtiments, ce qui intensifie les phénomènes d'humidité.

Les facteurs anthropiques sont essentiellement liés au manque d'assainissement, imputable à l'État et à la SN-HLM. Cette absence d'infrastructure d'assainissement, confirmée par 71 %

des ménages, est attribuée à la SN-HLM par les ménages. La SN-HLM se décharge en désignant l'Office Nationale de l'Assainissement du Sénégal comme responsable de l'assainissement. Cette carence en infrastructures pour la collecte des eaux pluviales, confirmée par l'ANSD (2019, p. 48-49), favorise l'humidité ascendante et par ruissellement superficiel.

Les méthodes adoptées par les ménages pour traiter les trois types d'humidité, notamment l'humidité ascensionnelle, sont insuffisantes, car elles ne ciblent pas les causes profondes du phénomène, mais seulement ses manifestations. Les ménages se concentrent davantage sur les inondations que sur l'humidité, ce qui rend leurs solutions inefficaces face à la complexité des remontées capillaires (Guimarães et al., 2012, p. 113-140). Toutefois, diverses études proposent des solutions de traitement, telles que la ventilation des bases des murs (Delgado et al., 2016, p. 6-8), l'installation de barrières physico-chimiques ou encore l'utilisation de courants électriques à travers la maçonnerie pour exploiter les phénomènes électroosmotiques (Alfano et al., 2006, p. 1060-1069). La typologie des habitations aux Parcelles Assainies facilite à 100 % l'infiltration pluviale directe. L'absence d'assainissement, dans certains quartiers, est une condition favorable à l'humidité par ruissellement superficiel. Ces conditions expliquent l'inefficacité des méthodes en général.

## Conclusion

La relation est évidente entre les précipitations et les phénomènes d'humidité. Les pluies influencent les sources de l'humidité ascensionnelle, déterminent entièrement l'humidité par infiltration directe et activent le ruissellement superficiel. La saison climatique est aussi déterminante. En saison pluvieuse, les conditions pluviométriques et hygrométriques accentuent ces phénomènes, tandis qu'en saison sèche, les paramètres thermiques contribuent à les atténuer. Les habitations de la commune de Jaxaay-Parcelles sont plus vulnérables aux phénomènes (75 % des enquêtés). Les maisons basses sont plus exposées à l'humidité à hauteur de 88 %. De manière spécifique, les ménages sont affectés par des remontées capillaires (63 %), de l'humidité par infiltration pluviale directe (100 %) et par ruissellement superficiel (21 %). Les méthodes utilisées par les ménages se concentrent davantage sur les inondations que sur l'humidité elle-même, avec la peinture des murs comme unique réponse identifiée pour contrer l'humidité ascendante. Les autres méthodes, majoritairement manuelles, n'offrent qu'une solution temporaire aux problèmes d'humidité. Le concept de climato-construction est proposé comme une approche future pour mieux gérer ces enjeux.

## Références bibliographiques

- AGYEKUM Koffi, AYARKWA Joshua, KORANTENG Christian, 2014, « Holistic Diagnosis of Rising Damp and Salt Attack in Two Residential Buildings in Kumasi », Ghana. *Journal of Construction Engineering*, 2014(9), 1–13.
- ALFANO Giuli, CHIANCARELLA Cecilia, CIRILLO Emilia, FATO Ida, Martellotta Francesco, 2006, « Long-term performance of chemical damp-proof courses: Twelve years of laboratory testing », *Building and Environment*, 41(8), 1060–1069.
- ANSD, 2013, *Rapport définitif du RGPHAE*, Rapport, Sénégal, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. 418 p.
- ANSD, 2019, *Situation économique et sociale de la région de Dakar*, Rapport, Dakar, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie. 126 p.
- ATHAUDA Ransi Salika, ASMONE Ashan Senel, Conejos Sanchez-Arcilla, 2023, « Climate Change Impacts on Facade Building Materials: A Qualitative Study », *Sustainability*, 15(10), 7893.
- BARBE Audrey, COLBERT Elise, DIALLO Aminata, RABOUILLE Fabien, 2017, *Une analyse de la gestion des eaux pluviales au Sénégal*, Rapport, Mastère Spécialisé Gestion de l'Eau d'AgroParisTech Montpellier, 89 p.

- BARREIRA Eva, DELGADO J. M. P. Q, 2017, « Diagnosis of Rising Damp and other Kinds of Moisture in Building Components Using Non-Destructive Techniques », *Diffusion Foundations*, 10, 120–131.
- CAHF, 2019, *Chroniques d'investissements dans le logement au Sénégal*, Rapport, Dakar, Centre for Affordable Housing Finance in Africa. 35 p.
- CAPPELLESSO Vanessa Giaretton, PETRY Dos Santos, DAL Molin Denis, Masuero Angela Borges, 2016, « Utilisation d'imperméabilisation cristalline pour réduire la porosité capillaire du béton », *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 1(9), 12.
- DELGADO J. M.P. Q, GUIMARÃES A. S, DE FREITAS Vasco Peixoto, ANTEPARA Iñigo, KOČÍ Václav, ČERNÝ Robert, 2016, « Salt Damage and Rising Damp Treatment in Building Structures », *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 1–13.
- DIOP Aminata, 2015, *Vulnérabilité aux inondations de la zone périurbaine de Dakar : cas des communes de Guinaw-Rail-Nord et de Thiaroye-sur-mer*, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 230 p.
- EZEIFE Nwabueze Dozien, 2014, « Impact prévu du réchauffement climatique sur l'Afrique de l'Ouest : Plaidoyer pour des mesures d'adaptation régionales et transnationales », *Annual Survey of International & Comparative Law*, 20 (2014), 1-9.
- FRANZEN Christoph, MIRWALD Peter, 2009, « Comportement de sorption d'humidité des mélanges de sels dans la pierre poreuse », *Géochimie*, 69 (1), 91–98.
- FRANZONI Elisa, 2014, « Rising damp removal from historical masonries: A still open challenge », *Construction and Building Materials*, 54 (2014), 123–136.
- GAYE Salif, 2001, *Caractérisation des propriétés mécaniques acoustiques et thermiques de matériaux locaux de construction au Sénégal*, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal. 164 p.
- GUIMARÃES A. S, DELGADO J. M. P. Q, DE FREITAS Vasco Peixoto, 2012, « Degradation Control of Historical Walls with Rising Damp Problems », *Building Pathology and Rehabilitation*, 2013, 113–140.
- GUIMARÃES A. S, DELGADO J. M. P. Q, DE FREITAS Vasco Peixoto, 2016, « Treatment of rising damp in historic buildings: Experimental campaign of wall base ventilation and interface effect analysis », *Journal of Cultural Heritage*, 20, 733–738.
- GUOLO Erika, ROMAGNONI Piercarlo Tiziano, DALLA Mora, PERON Fabio, 2022, « The Rising Damp in Venetian Masonry: Preliminary Results Comparing Laboratory Tests and Dynamic Simulations », *Sustainability*, 15(1), 76–76
- KRISHNA Rao, 1970, Hydrometeorological aspects of estimating groundwater potential, Seminar Volume. Groundwater Potential of Hard Rock Areas of India, Bangalore (1970), p. 1. Cité ANDUALEM Tesfa Gebriel, DEMEKE Girum Getachew, AHMED Imran., DAR, Mithas Ahmad, 2021, « Estimation de la recharge des eaux souterraines à l'aide de méthodes empiriques à partir des relevés des précipitations et des débits », *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 37, 100917.
- LIAO Yilong, GUIBAO Qiu, CHENGUANG Xiao, 2014, « Effet de la porosité sur les propriétés compressives des matériaux poreux », *TMS Annual Meeting Supplemental Proceedings TMS (The Minerals, Metals & Materials Society)*, 451-460.
- NDAO Saïdo, THIOUNE Papa Babacar Diop, BA Alassane, DIAW Bamba El Hadji, 2019, « L'aquifère de Thiaroye au Sénégal : ressources en eau souterraine utilisable pour la boisson ou l'irrigation », *Revue Internationale de Recherche Avancée*, 7 (1), 667–676.
- OIT, 2020, *Diagnostic de l'économie informelle du Sénégal*, Rapport, Genève, Organisation International du Travail, Bureau International du Travail, 90 p.
- OMM, 2020, *Rapport sur l'état du climat mondial*, Rapport, Organisation Météorologique Mondiale, Seventy-Third Session 14 to 25 June 2021, Virtual Session
- OMS, 2009, *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air à l'intérieur des habitations, humidité et moisissures*, Rapport, Organisation Mondiale de la Santé, 6 p.
- STAGRUM Anna Eknes, ANDENÆS Erlend, KVANDE Tore, LOHNE Jardar, 2020, « Climate Change Adaptation Measures for Buildings—A Scoping Review

», *Sustainability*, 12(5), 1721.

YAMANE Taro , 1973 , *Statistiques, analyse introductive. 3e édition, Harper et Row, New York*.

Cité dans ANAMAN Kwabena Asomanin, KA OKAI Joana Okailey Aku, 2016, « Niveau de connaissance des méthodes de contraception et de leur utilisation par les femmes dans une zone périurbaine d'Accra, au Ghana », *Modern Economy*, 07 (01), 39–54.

ZAREAIAN Sarieh, ZADEH Khaled Aziz, 2013, « Le rôle des facteurs climatiques dans la conception des bâtiments (de l'approche de l'architecture d'urbanisation). *Taureau. Env. Pharmacol. Sciences de la vie*, 3 (1), 197-200

ZMEUREANU Radu et RENAUD Fabrice, 2008, « Estimation de l'impact potentiel du changement climatique sur la consommation d'énergie de chauffage des maisons existantes », *Politique énergétique*, 36, 303–310.

### **Remerciement**

Mes remerciements vont à l'endroit de M. Cheikh Diop, mon directeur de mémoire. Nos nombreux échanges, ses recadrages et ses corrections ont été d'une grande utilité pour la réalisation de cet article scientifique. Je lui souhaite une brillante carrière universitaire.