

PROJET DE MODELISATION, OPTIMISATION DE L'ÉNERGIE ET DES UNITES DE REFROIDISSEMENT D'UN CENTRE NEVRALGIQUE DE DONNEES (DATACENTER)



MOHAMED FALILOU FALL
Email : mff.falilou.fall@gmail.com
TEL : +221 77 914 15 89

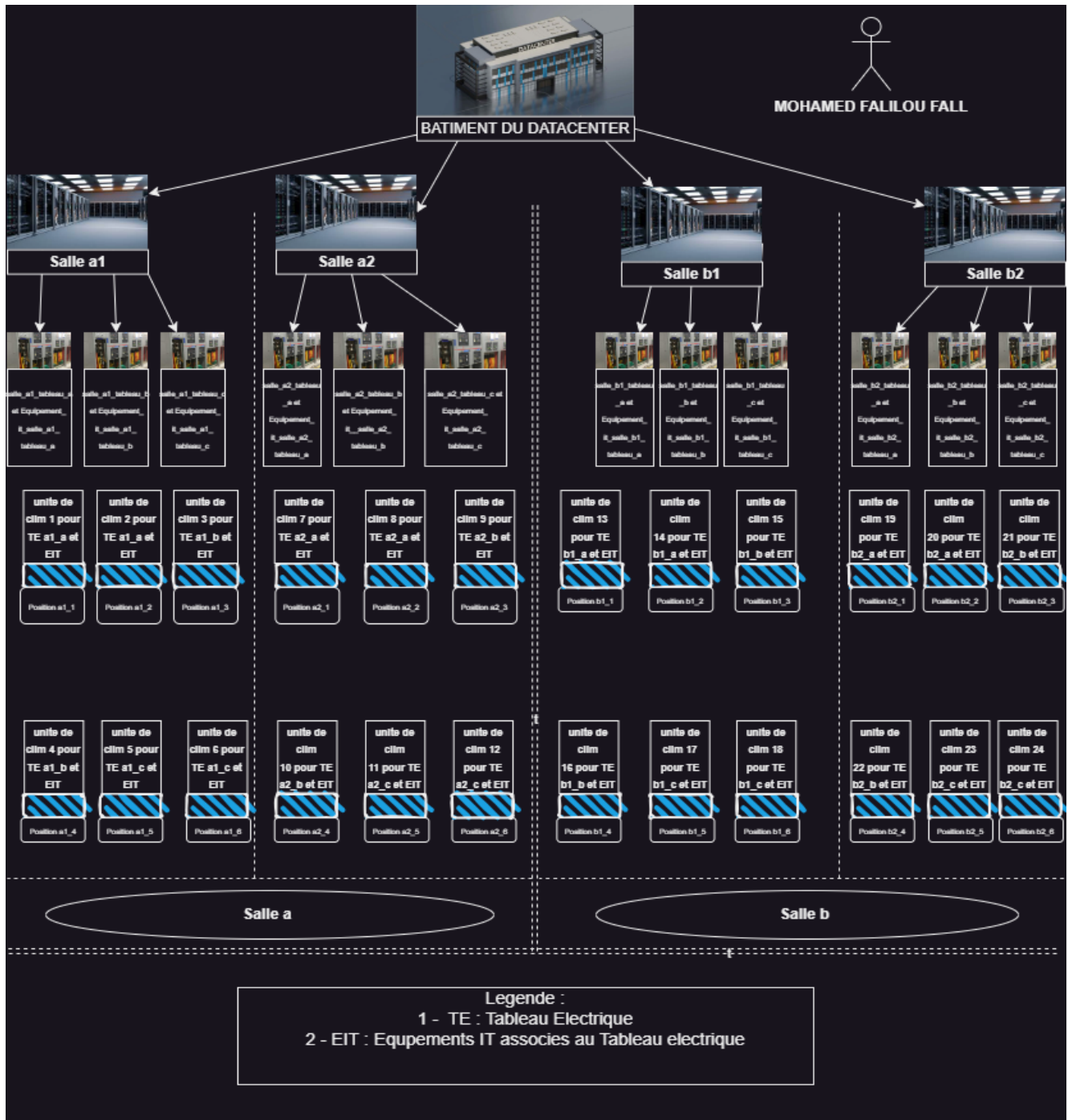
Table des matières

1. CONTEXTE	2
1.1 Schéma du Datacenter	2
2. DESCRIPTION DES VARIABLES DU DATASET	3
3. MODELISATION DU RENDEMENT INDIVIDUEL DES CLIMATISEURS	4
3.1 EDA (Analyse Exploratoire des Données) et Facteurs d'influence	4
3.1.1 EDA : Analyse exploratoire des données au complet.....	4
3.1.2 Calcul du rendement de chaque unité de climatisation et par salle, rendement moyen horaire du (1 ^{er} juin 2024 à 00:10:00 UTC au 30 septembre 2024 à 23:50:00 UTC)	12
3.2 Modèle Prédictif	16
3.2.1 Modélisation statistique pour mesurer l'impact de chaque facteur sur le rendement global (SARIMAX, LIGHTGBM LSTM, GRU, Prophet), (pour la salle b2 parmi les 4 salles).....	16
3.2.2 Détermination des périodes et conditions où le rendement est le moins/plus optimal (pour la salle b2 parmi les 4 salles).	17
3.2.3 Prédications jusqu'au 31 décembre 2024 avec le modèle LIGHTGBM et le modèle Prophet.....	18
3.3 Classement des climatiseurs (19 à 24) par performances (salle b2) :	19
3.3.1 Identification des unités de refroidissement qui offrent le meilleur rapport refroidissement/consommation énergétique et celles qui sont moins performantes pour la salle b2	19
3.3.2 Proposition des critères de classification des unités de climatisation, la variabilité du rendement en fonction des conditions ambiantes, et la stabilité des performances dans le temps.....	20
3.4 Optimisation et recommandations.....	20
3.4.1 Teste de différentes stratégies de gestion des climatiseurs (rotation des unités selon leur rendement) pour maximiser le rendement global du bâtiment.....	20
5. Application Streamlit et lien du code source	24
5.1 Lien du code source et dossier zippé du projet	24
5.1.1 Code source en Python :	24
5.1.2 Dossier zippe du projet :	24
5.2 Application streamlit.....	25

1. CONTEXTE

L'objectif de ce projet est de développer un modèle prédictif et de classification permettant d'évaluer et d'optimiser le rendement individuel des unités de refroidissement (rendement clim). Le rendement est calculé pour chaque unité de refroidissement d'un bâtiment industriel hébergeant des équipements informatiques (IT) afin de mieux comprendre leur performance respective et d'identifier des axes d'amélioration. Ce rendement est défini comme le rapport entre la puissance totale consommée par le bâtiment et la puissance totale utilisée par les équipements IT.

1.1 Schéma du Datacenter



2. DESCRIPTION DES VARIABLES DU DATASET

- **date** : Date de chaque mesure enregistrée.
 - **puissance_totale_batiment** : Puissance totale consommée par l'ensemble du bâtiment (en KW).
 - **puissance_totale_equipement_it** : Puissance totale consommée par les équipements IT (en KW).
 - **puissance_equipement_it_salle_[a1,a2,b1,b2]_tableau_[a,b,c]** : Puissance consommée par les équipements IT dans chaque salle et pour chaque tableau électrique (en watts).
 - **debit_reprise_[salle]_clim_[XX]_[position]** : Débit d'air en reprise (en m3/h) pour chaque climatiseur, où :
 - salle est a1, a2, b1 ou b2
 - XX est le numéro du climatiseur (01 à 24)
 - position indique l'emplacement (ex : a1_1, a2_3)
 - **debit_souage_[salle]_clim_[XX]_[position]** : Débit d'air en souage pour chaque climatiseur.
 - **humidite_exterieure** : Taux d'humidité extérieure.
 - **temperature_exterieure** : Température extérieure.
 - **temperature_reprise_[salle]_clim_[XX]_[position]** : Température de l'air en reprise pour chaque climatiseur.
 - **temperature_souffrage_[salle]_clim_[XX]_[position]** : Température de l'air en souffrage pour chaque climatiseur.
 - **puissance_[salle]_clim_[XX]_[position]** : Puissance consommée par chaque climatiseur (en KW).
- Note** : Pour les variables concernant les climatiseurs :
- Les salles sont identifiées par a1, a2, b1, b2
 - Les numéros de climatiseurs vont de 01 à 24
 - Les positions indiquent l'emplacement spécifique dans la salle (ex: a1_1 à a1_6)

3. MODELISATION DU RENDEMENT INDIVIDUEL DES CLIMATISEURS

3.1 EDA (Analyse Exploratoire des Données) et Facteurs d'influence

3.1.1 EDA : Analyse exploratoire des données au complet

3.1.1.1 Analyse Univariée

1. Dimension des données et conversion de la colonne date en format datetime

Le nombre de lignes du dataframe 'donnees-clims_batiment' :	17568
Le nombre de colonnes du dataframe 'donnees-clims_batiment' :	126

2. L'analyse des valeurs manquantes :

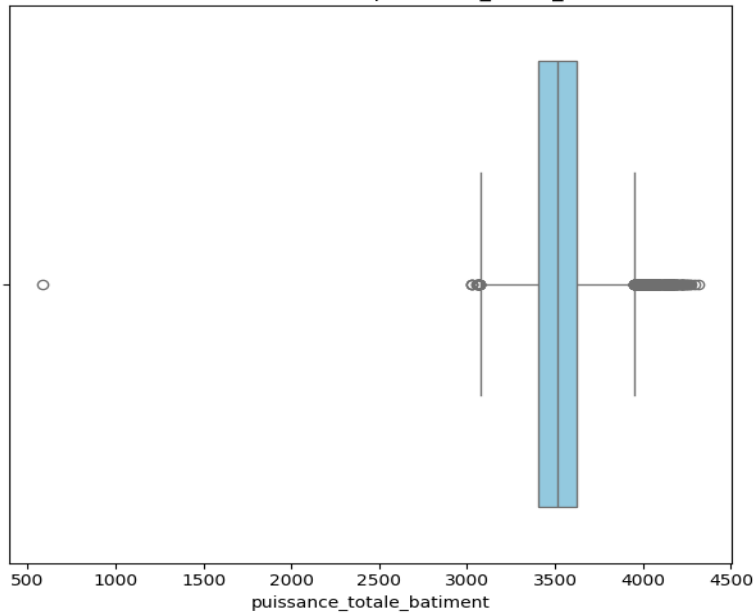
Une analyse des valeurs manquantes a été faite et les valeurs manquantes ont été imputées par la moyenne de chaque colonne correspondante

3. Analyse et traitement des doublons

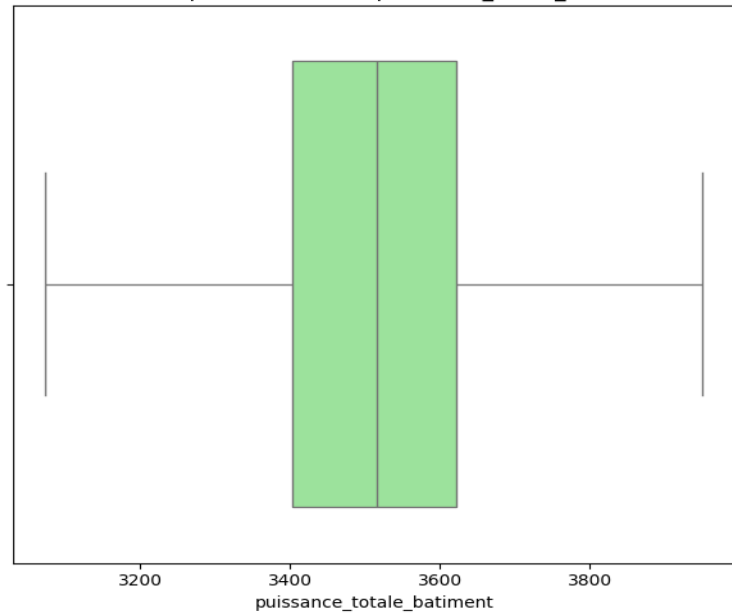
Nombre de doublons : 0

4. Analyse et traitement des outliers (Affichage des graphiques pour les 4 premières colonnes traitées sur toutes les colonnes avec des outliers)

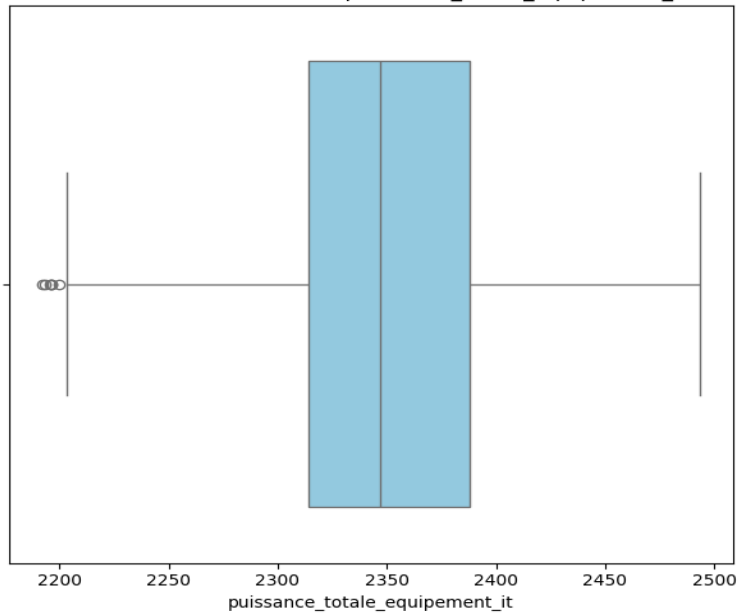
Outliers avant traitement - puissance_totale_batiment



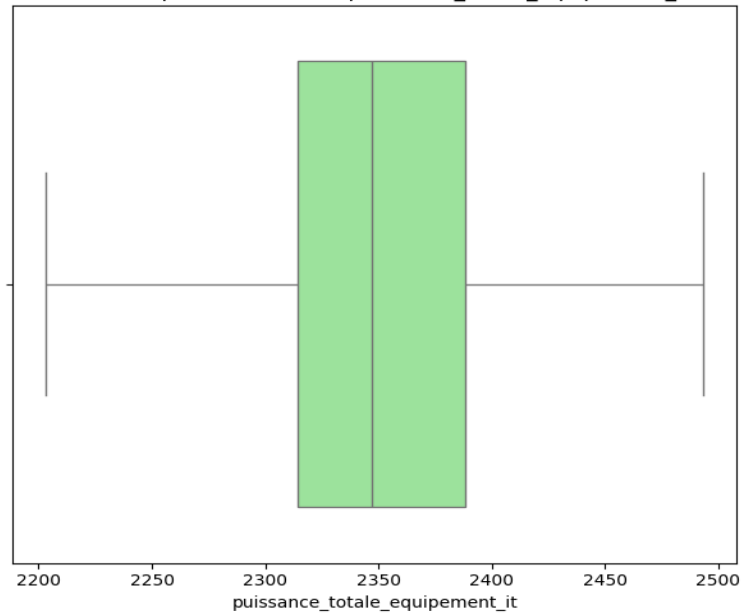
Outliers après traitement - puissance_totale_batiment



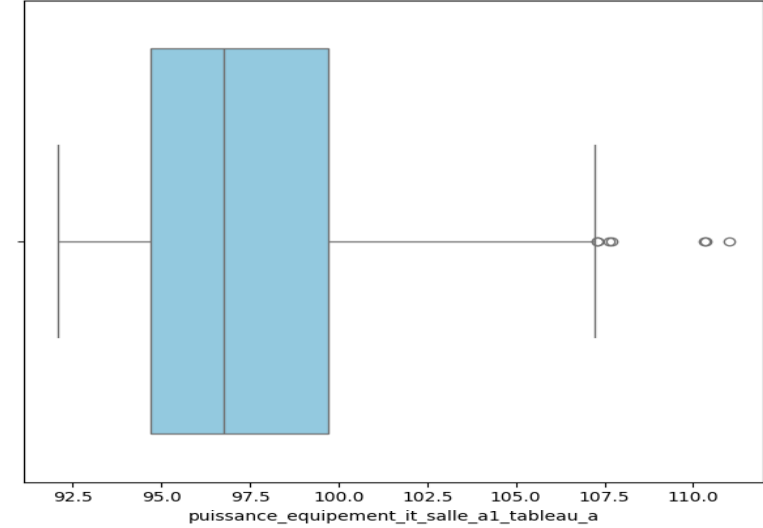
Outliers avant traitement - puissance_totale_equipement_it



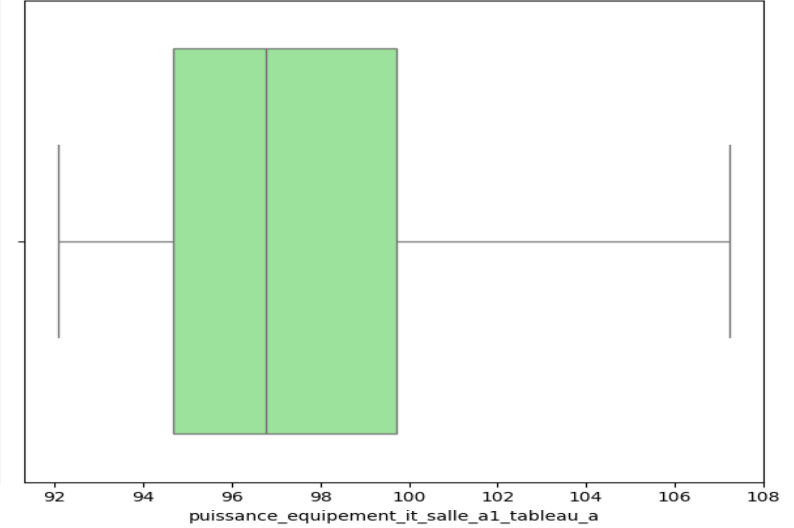
Outliers après traitement - puissance_totale_equipement_it



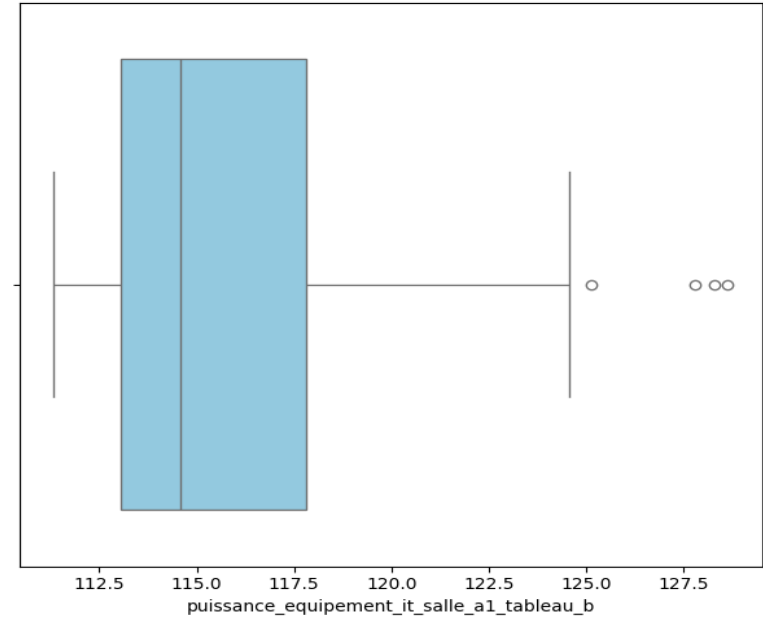
Outliers avant traitement - puissance_equipement_it_salle_a1_tableau_a



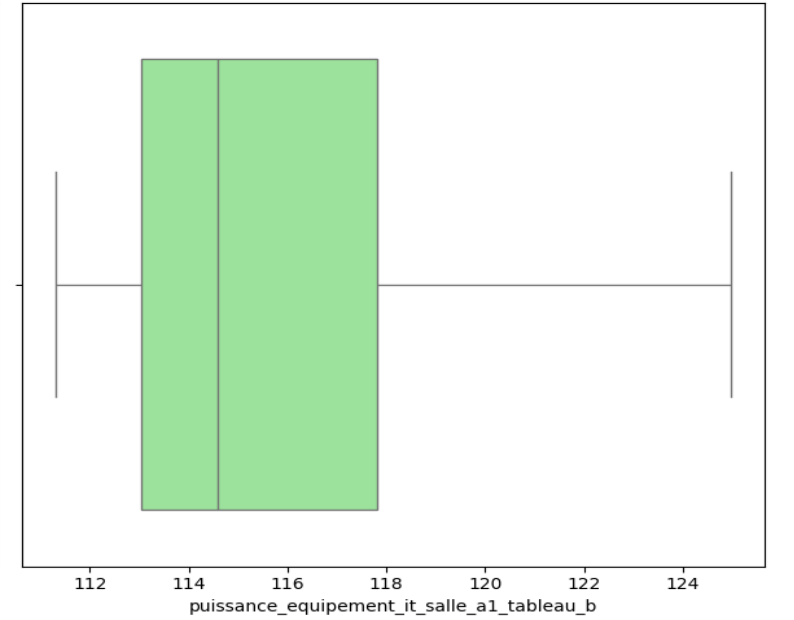
Outliers après traitement - puissance_equipement_it_salle_a1_tableau_a



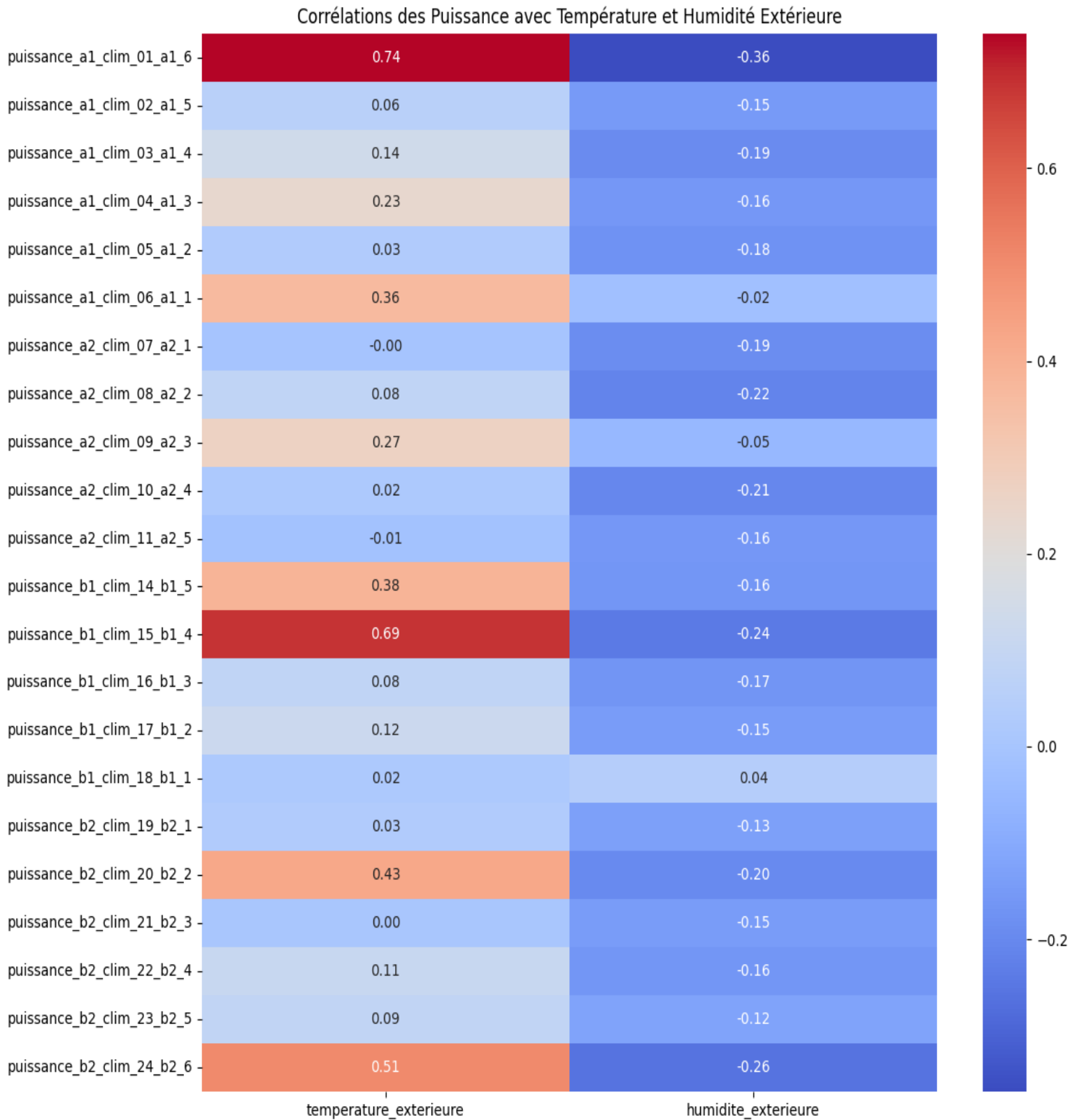
Outliers avant traitement - puissance_equipement_it_salle_a1_tableau_b

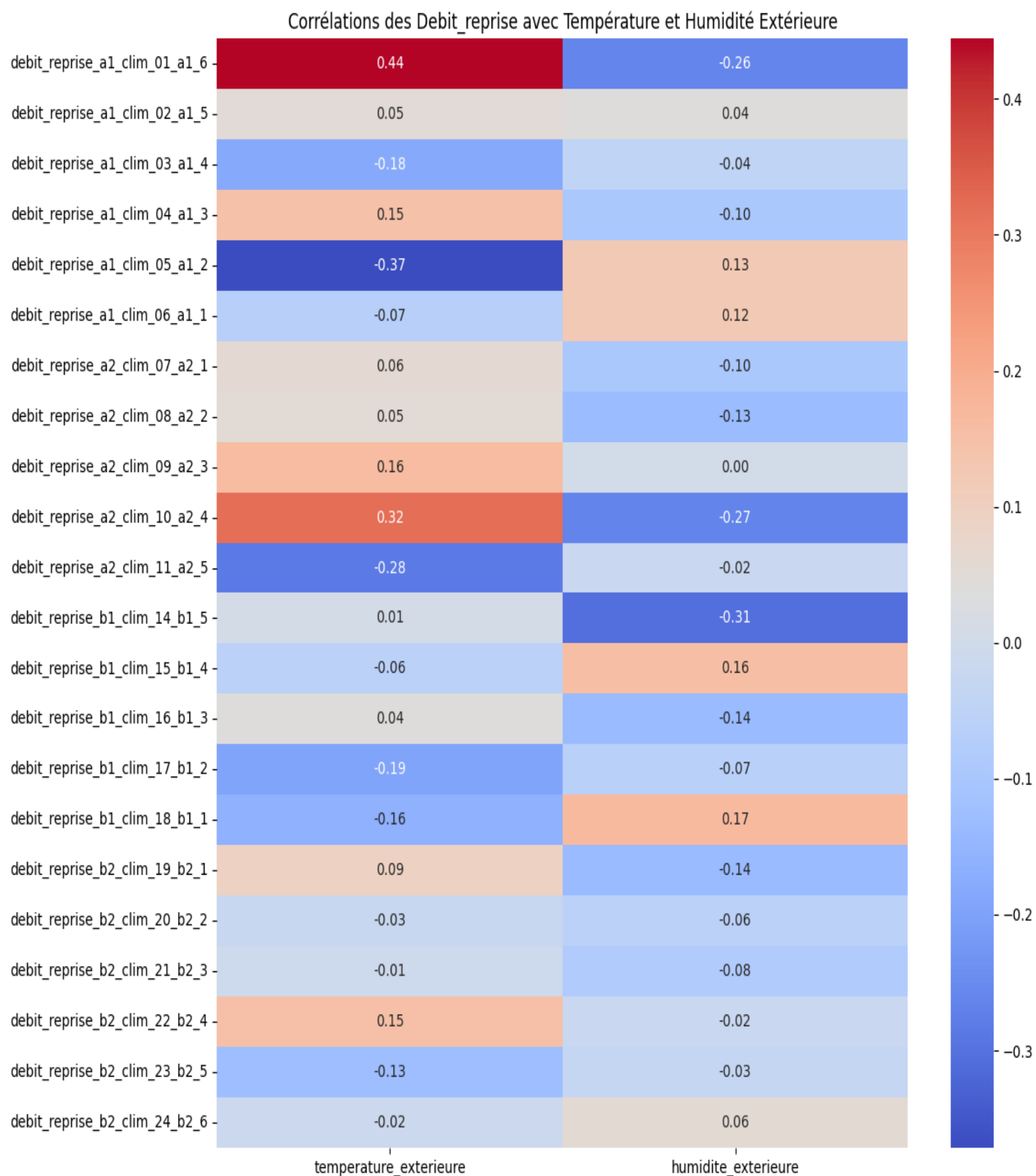


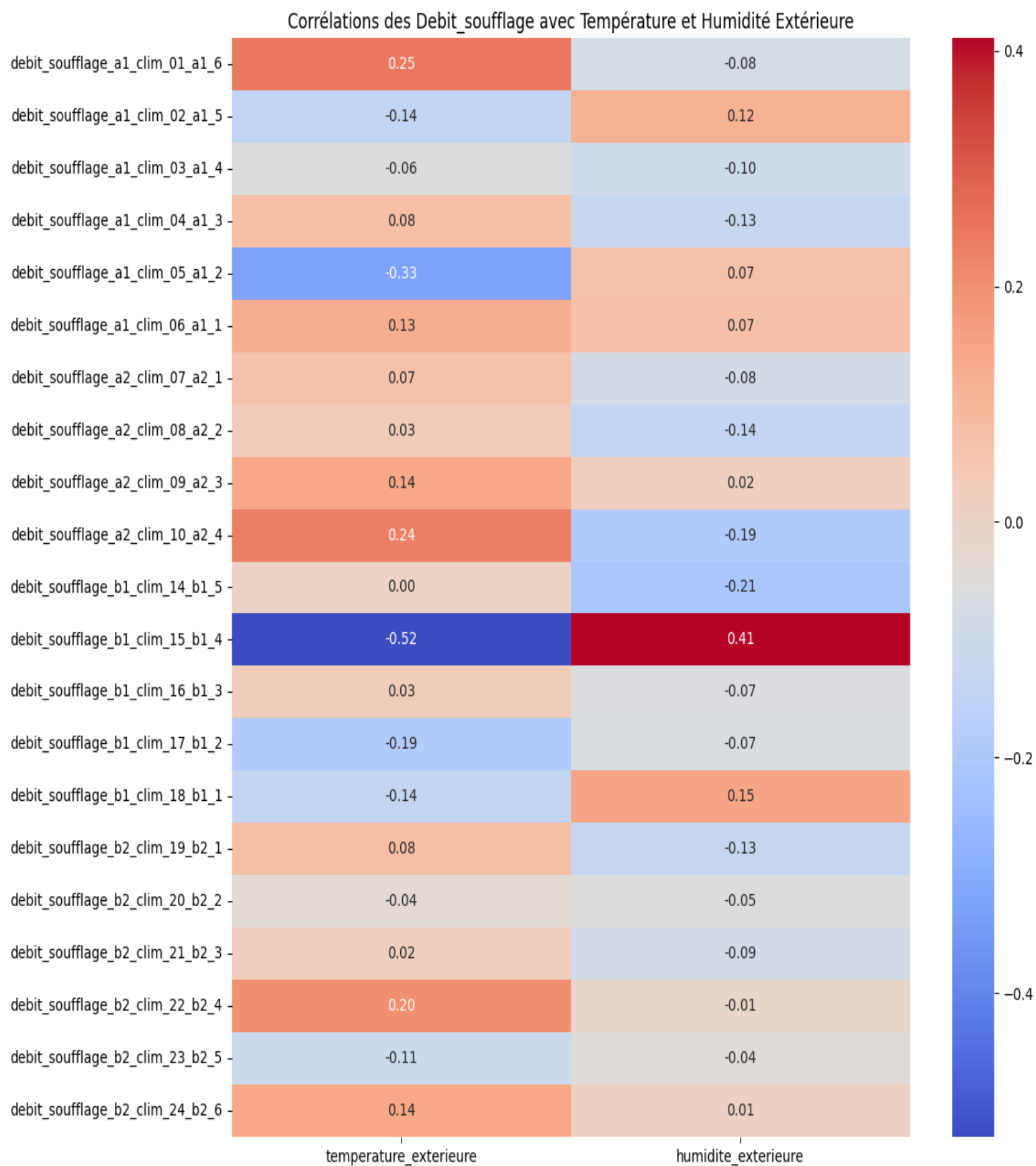
Outliers après traitement - puissance_equipement_it_salle_a1_tableau_b

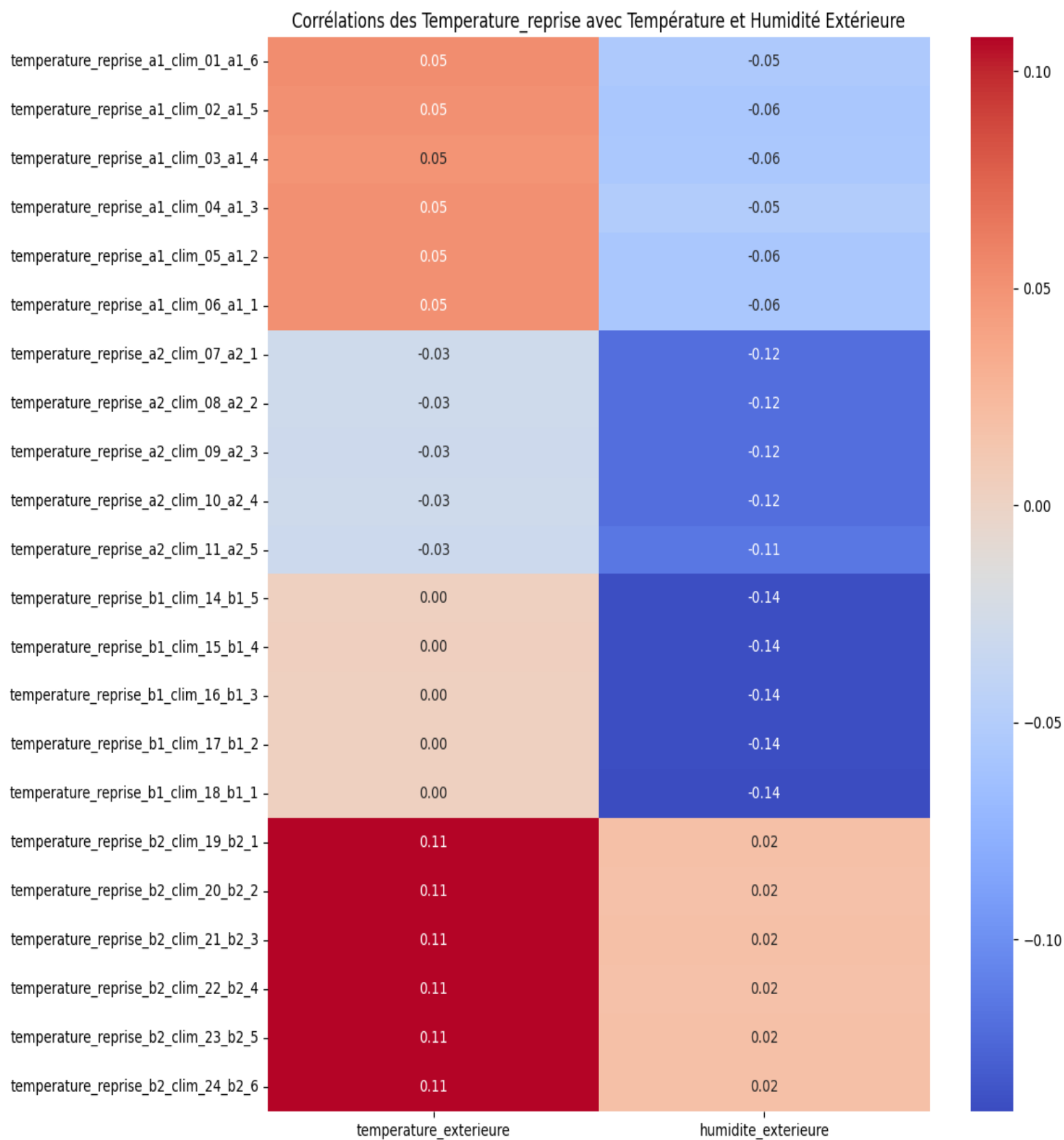


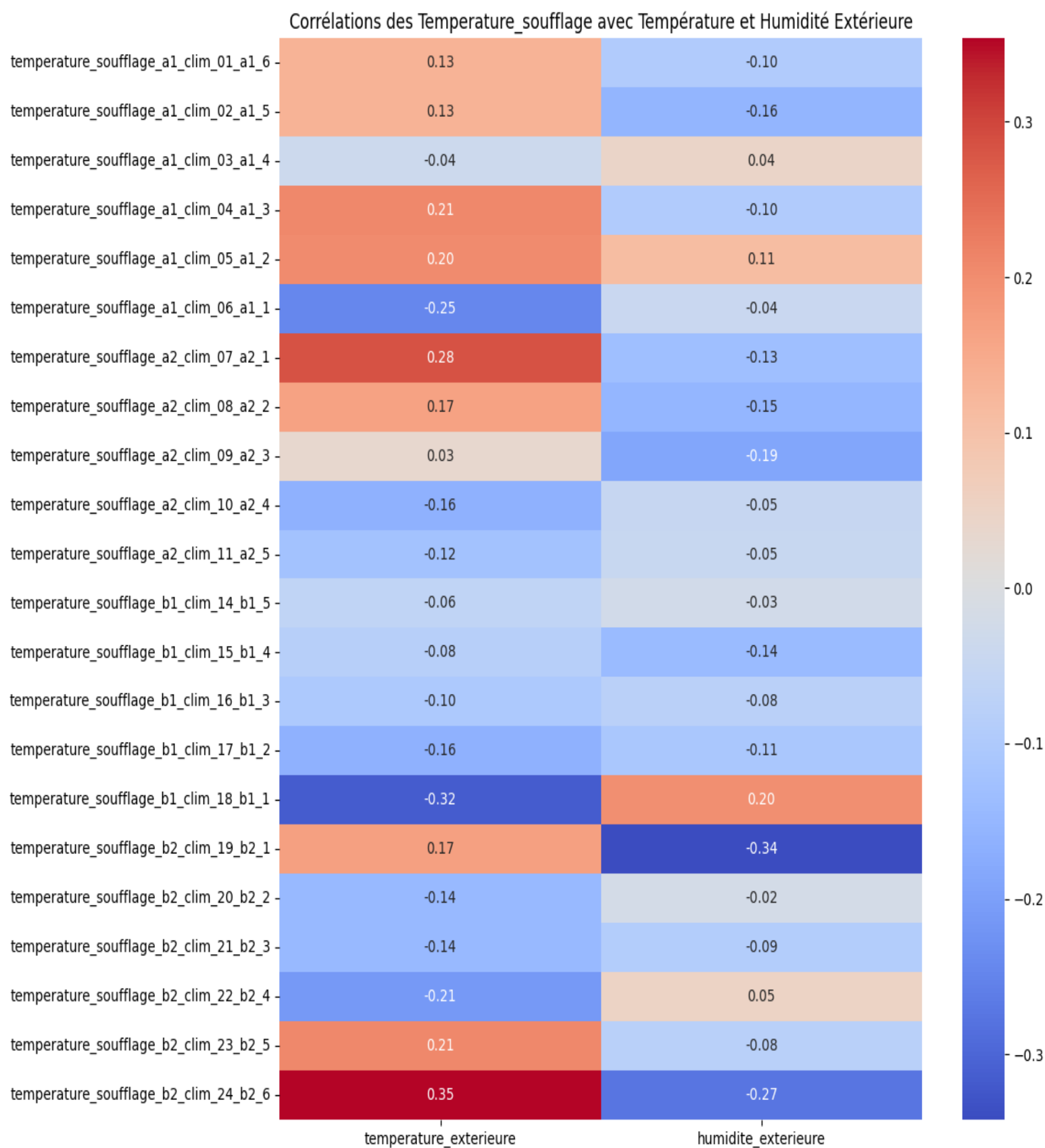
3.1.1.2 Analyse Bivariée et Multivariée (Corrélations des Rendements des Climatiseurs avec Température et Humidité Extérieure) (les outils d'analyse)





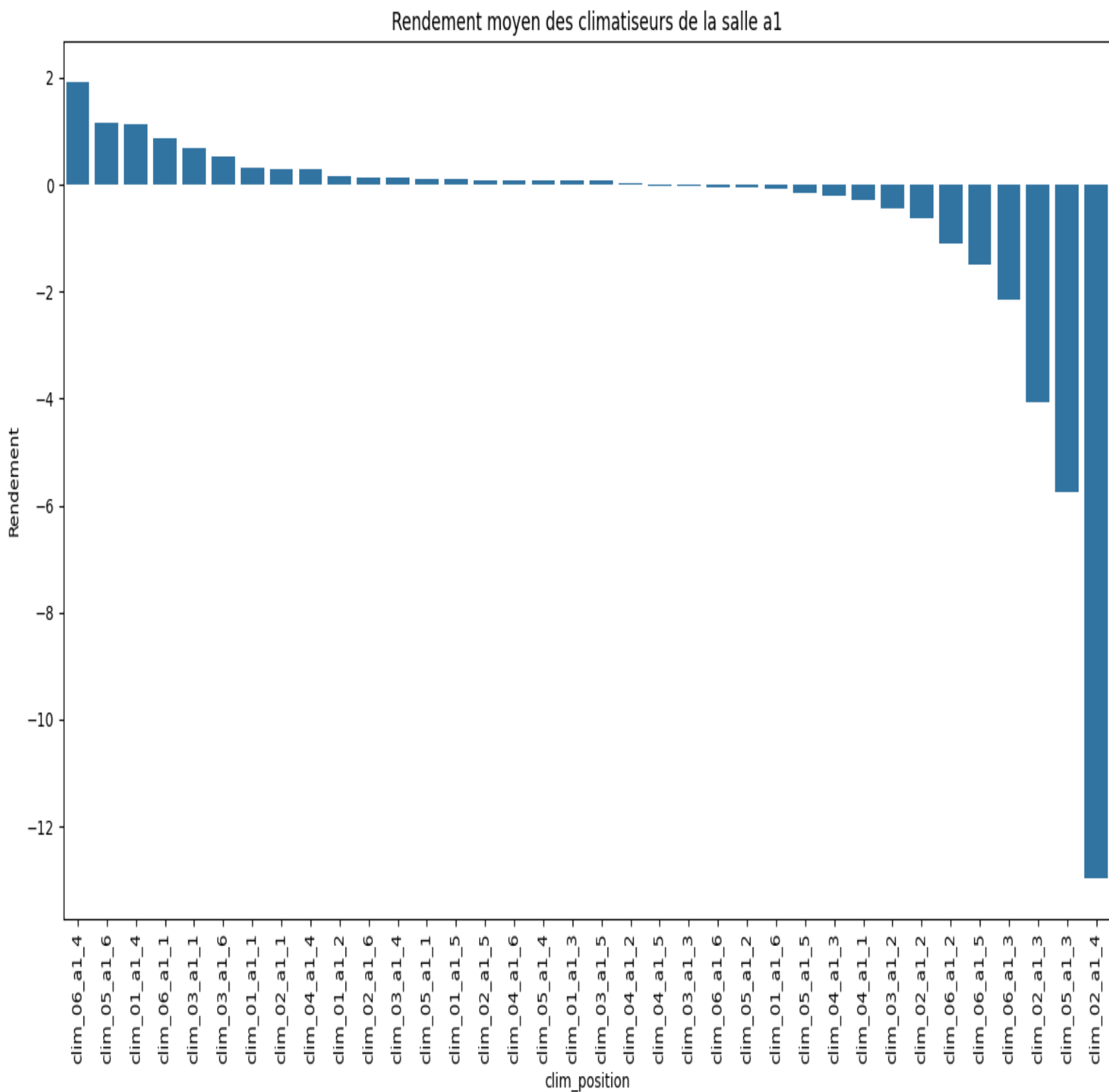




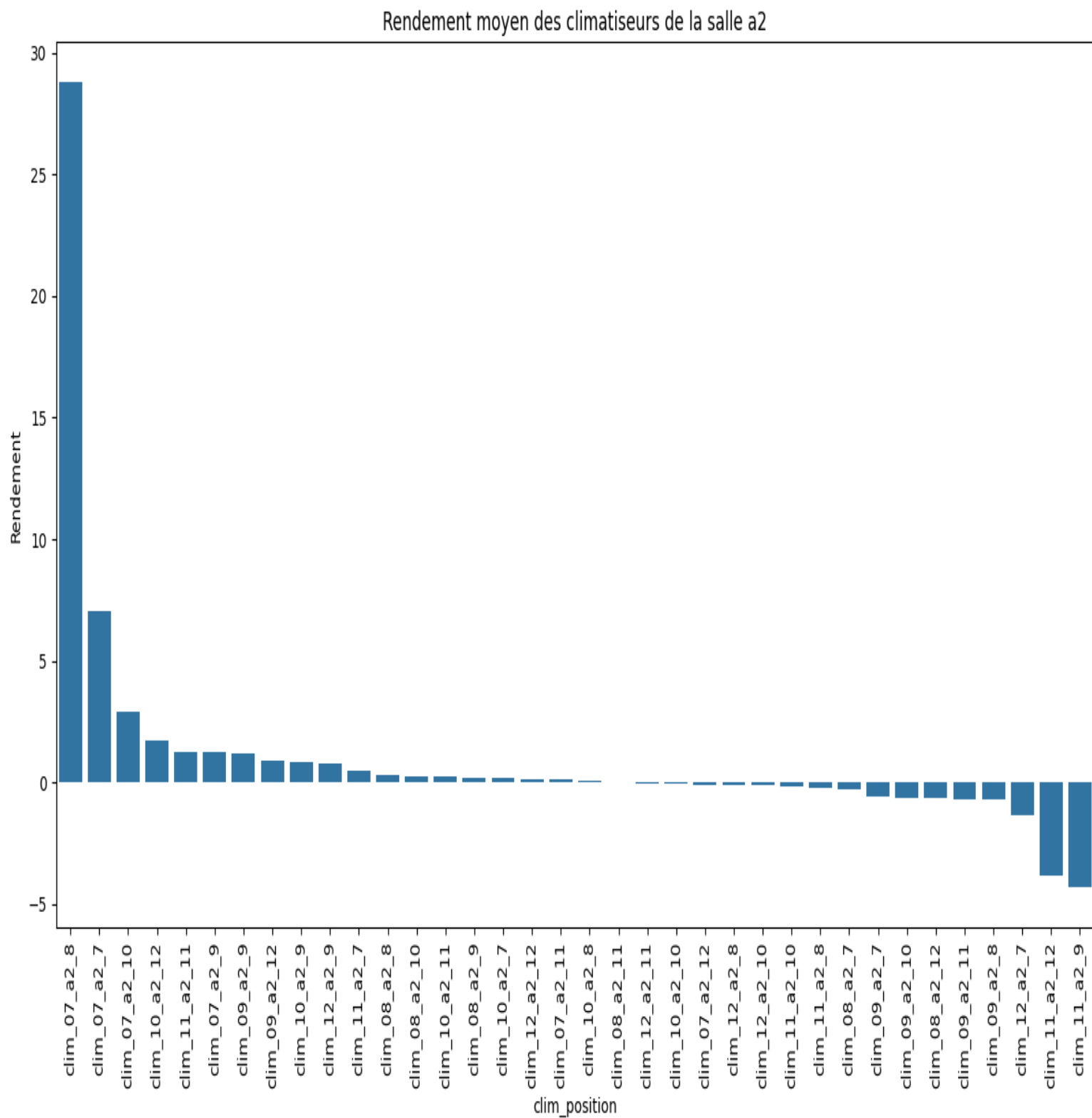


3.1.2 Calcul du rendement de chaque unité de climatisation et par salle, rendement moyen horaire du (1^{er} juin 2024 à 00:10:00 UTC au 30 septembre 2024 à 23:50:00 UTC)

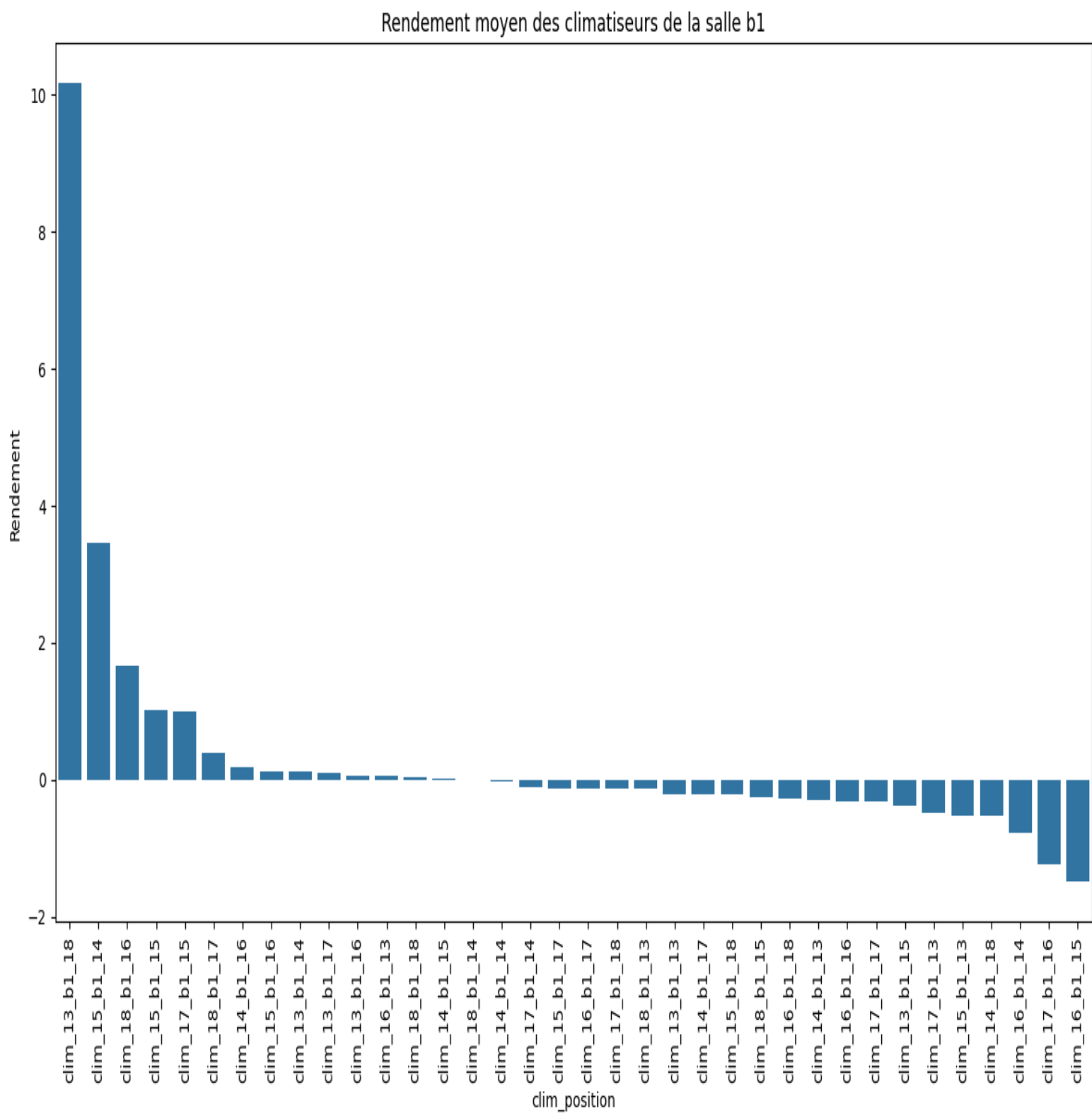
3.1.2.1 Pour la 'salle a1' (outil d'analyse)



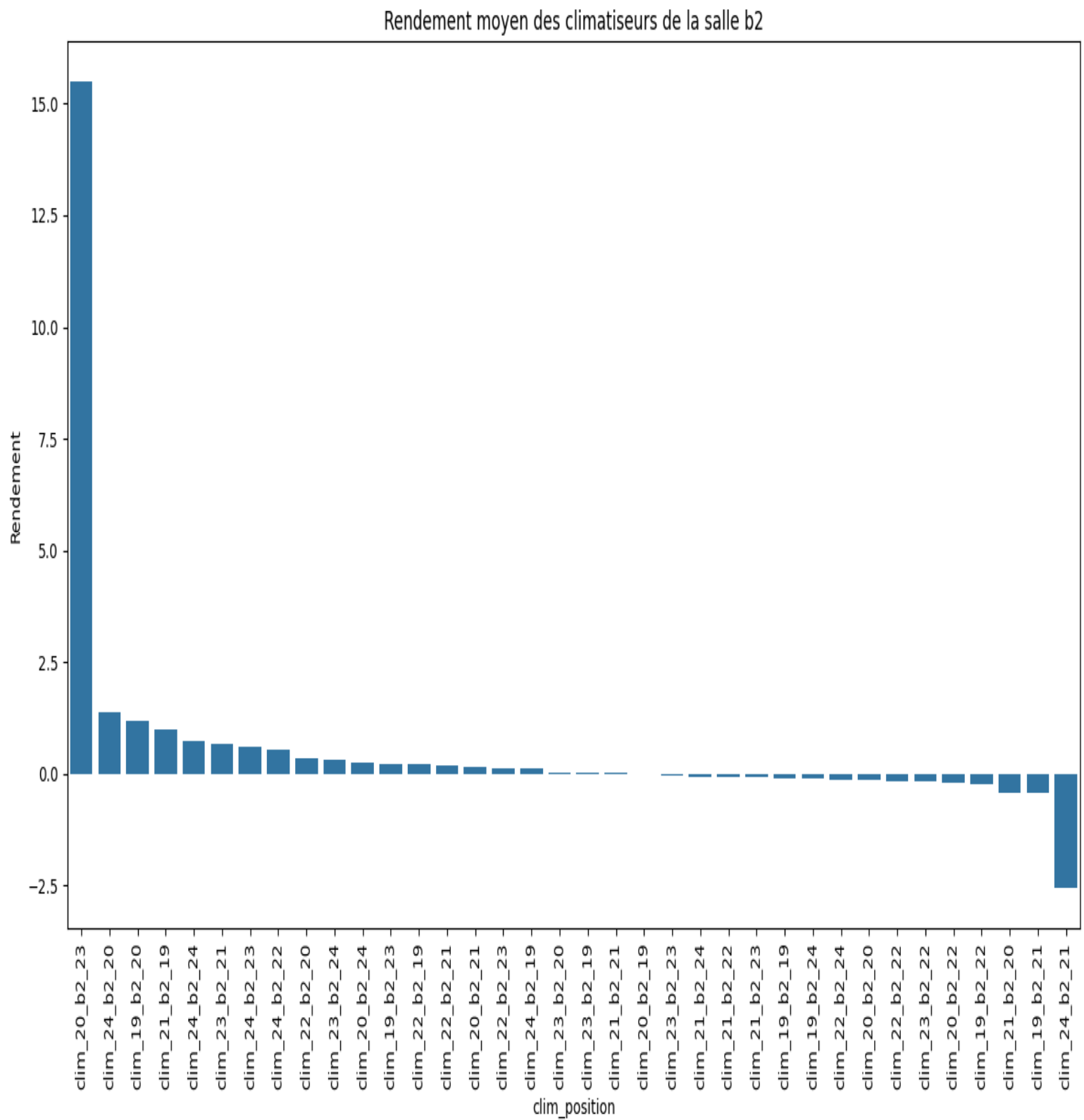
3.1.2.2 Pour 'la salle a2' (outil d'analyse)



3.1.2.3 Pour 'la salle b1' (outil d'analyse)



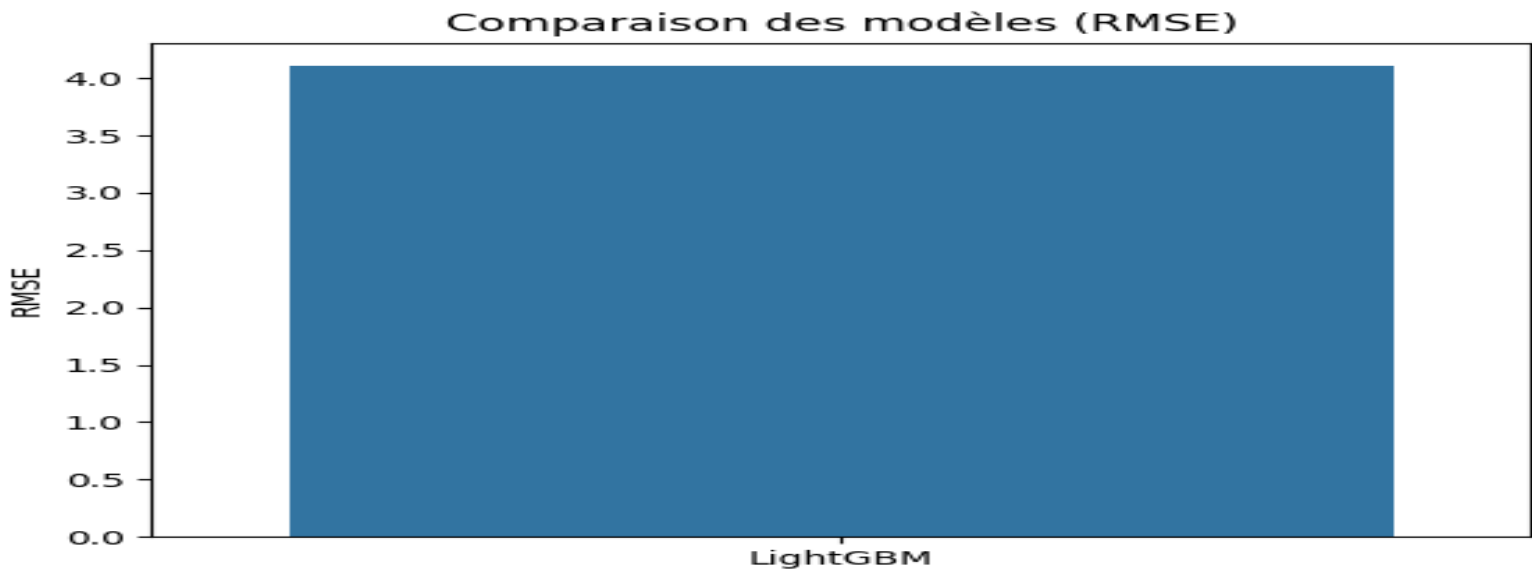
3.1.2.4 Pour 'la salle b2' (outil d'analyse)



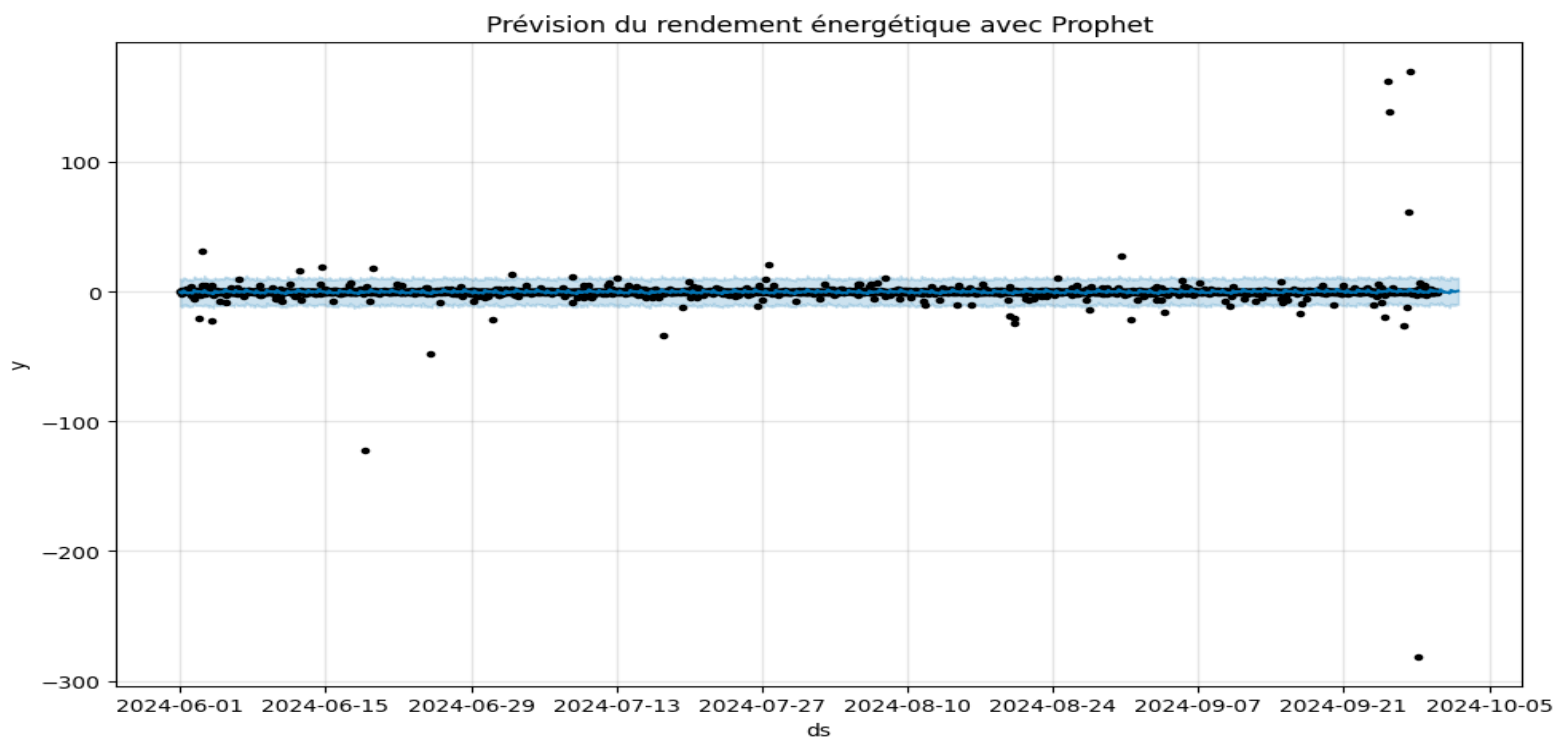
3.2 Modèle Prédictif

3.2.1 Modélisation statistique pour mesurer l'impact de chaque facteur sur le rendement global (SARIMAX, LIGHTGBM LSTM, GRU, Prophet), (pour la salle b2 parmi les 4 salles)

Après comparaison des RMSE (Root Mean Square Error) des différents modèles entraînés, le modèle LIGHTGBM a le plus petit RMSE () donc il est le plus performant pour faire des prédictions jusqu'au 31 décembre 2024 pour la salle b2 (climatiseurs 19 à 24).



RMSE par modèle : {'LightGBM': 4.10111772238526}

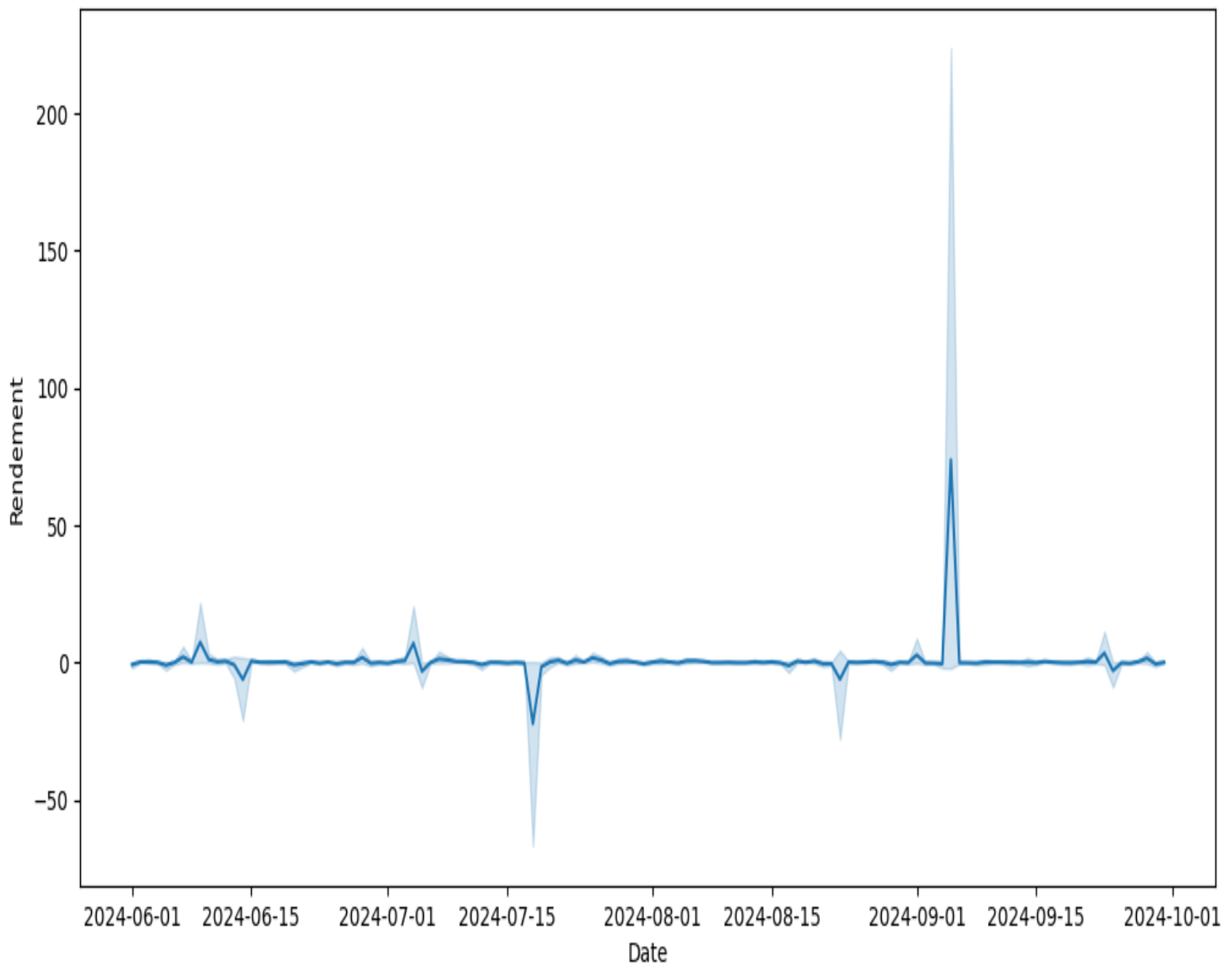


3.2.2 Détermination des périodes et conditions où le rendement est le moins/plus optimal (pour la salle b2 parmi les 4 salles).

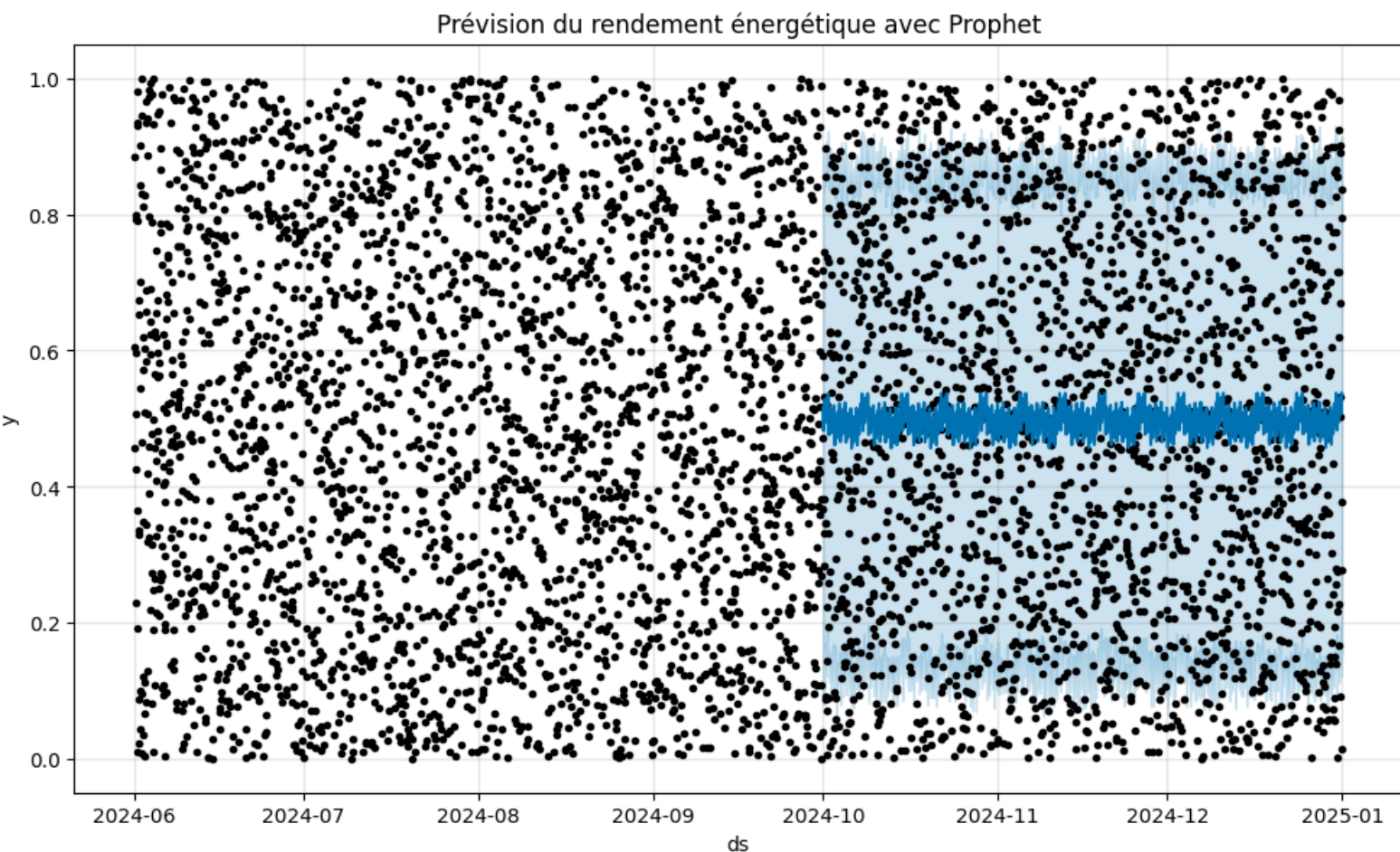
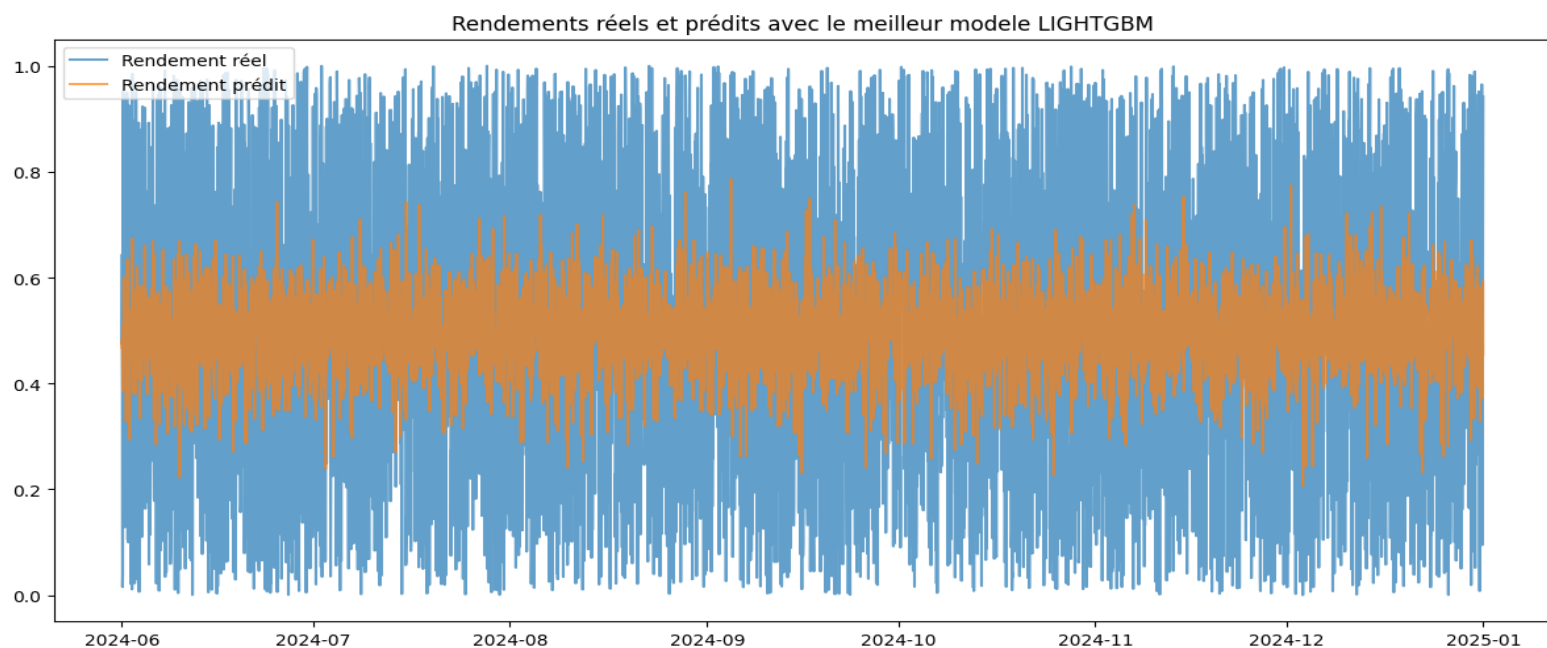
Rendement maximal: 2691.925410025531 atteint le 2024-09-05T00:00:00.000000000

Rendement minimal: -789.3492755394084 atteint le 2024-07-18T00:00:00.000000000

Rendement énergétique des climatiseurs de la salle b2 (climatiseurs 19 a 24) au fil du temps

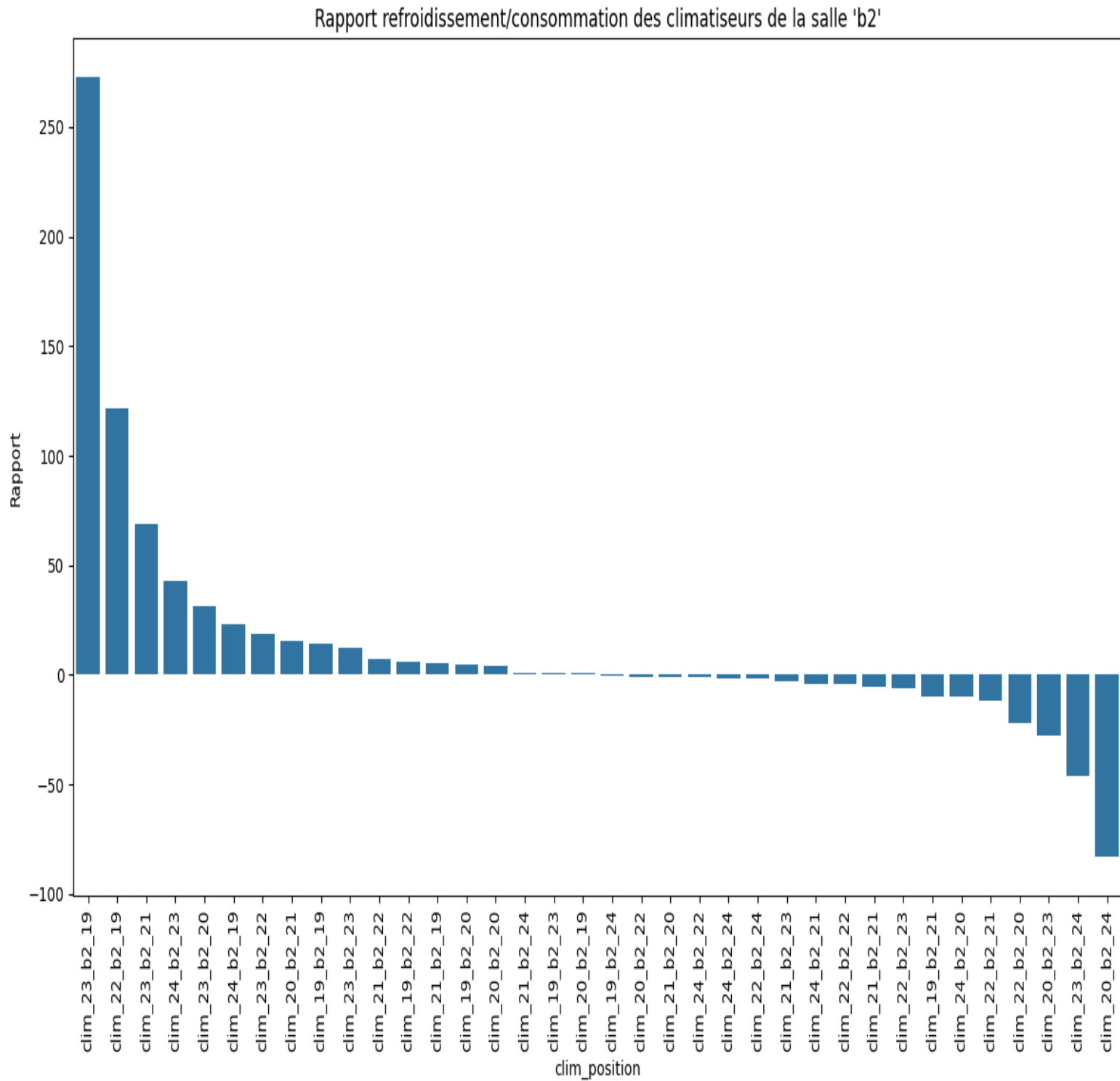


3.2.3 Prédiction jusqu'au 31 décembre 2024 avec le modèle LIGHTGBM et le modèle Prophet



3.3 Classement des climatiseurs (19 à 24) par performances (salle b2) :

3.3.1 Identification des unités de refroidissement qui offrent le meilleur rapport refroidissement/consommation énergétique et celles qui sont moins performantes pour la salle b2



3.3.2 Proposition des critères de classification des unités de climatisation, la variabilité du rendement en fonction des conditions ambiantes, et la stabilité des performances dans le temps

Critère de classification choisi est le positionnement et la corrélation des unités de climatisation avec les conditions climatiques externes

3.4 Optimisation et recommandations

3.4.1 Teste de différentes stratégies de gestion des climatiseurs (rotation des unités selon leur rendement) pour maximiser le rendement global du bâtiment.

1. Pour les climatiseurs de la salle a1

Salle a1					
Climatiseur	Position avec rendement supérieur	Position avec rendement moyen	Position avec rendement inférieur	Position avec rendement négatif	Position avec rendement très négatif
Climatiseur 01	a1_4	a1_2	a1_5	a1_3	a1_6
Climatiseur 02	a1_1	a1_6	a1_5	a1_2	a1_3
Climatiseur 03	a1_1	a1_6	a1_4	a1_5 et a1_3	a1_2
Climatiseur 04	a1_4 (sa position initiale)	a1_6	a1_2	a1_3	a1_1
Climatiseur 05	a1_6	a1_1	a1_4	a1_2	a1_3
Climatiseur 06	a1_4	a1_1	a1_6	a1_2	a1_5
Première réaménagement de la salle a1 : <ul style="list-style-type: none"> - Clim 04 a sa position initiale - Clim 01 position a1_4 - Clim 02 position a1_1 - Clim 03 position a1_6 - Clim 05 position a1_4 - Clim 06 position a1_2 					

2. Pour les climatiseurs de la salle a2

Salle a2					
Climatiseur	Position avec rendement supérieur	Position avec rendement moyen	Position avec rendement inférieur	Position avec rendement négatif	Position avec rendement très négatif
Climatiseur 07	a2_8	a2_7 (sa position initiale)	a2_10	a2_11	a2_12
Climatiseur 08	a2_8 (sa position initiale)	a2_10	a2_9	a2_7	a2_12
Climatiseur 09	a2_9 (position initiale)	a2_12	a2_7	a2_11	a2_8
Climatiseur 10	a2_12	a2_9	a2_11	a2_7	a2_10
Climatiseur 11	a2_11(sa position initiale)				
Climatiseur 12	a2_9	a2_12 (sa position initiale)	a2_11	a2_10	a2_7
Première réaménagement de la salle a2 : <ul style="list-style-type: none"> - Clim 07 position initiale a2_7 - Clim 08 position initiale a2_8 - Clim 09 position initiale a2_9 - Clim 10 position a2_12 - Clim 11 position initiale a2_11 - Clim 12 position a2_11 					

4. Pour les climatiseurs de la salle b1

Salle b1					
Climatiseur	Position avec rendement supérieur	Position avec rendement moyen	Position avec rendement inférieur	Position avec rendement négatif	Position avec rendement très négatif
Climatiseur 13	b1_18	b1_14	b1_17	b1_16	b1_13
Climatiseur 14	b1_16	b1_15	b1_14 (position initiale)	b1_17	b1_13
Climatiseur 15	b1_14	b1_15	b1_16	b1_17	b1_18
Climatiseur 16	b1_13	b1_17	b1_18	b1_16	b1_14
Climatiseur 17	b1_15	b1_14	b1_18	b1_17	b1_13
Climatiseur 18	b1_16	b1_17	b1_18	b1_14	b1_13
Première réaménagement de la salle b1 : <ul style="list-style-type: none"> - Clim 13 position b1_18 - Clim 14 position b1_16 - Clim 15 position b1_14 - Clim 16 position b1_13 - Clim 17 position b1_15 - Clim 18 position b1_17 					

4. Pour les climatiseurs de la salle b2

Salle b2					
Climatiseur	Position avec rendement supérieur	Position avec rendement moyen	Position avec rendement inférieur	Position avec rendement négatif	Position avec rendement très négatif
Climatiseur 19	b2_20	b2_23	b2_19	b2_24	b2_22
Climatiseur 20	b2_23	b2_24	b2_21	b2_19	b2_20 (sa position initiale)
Climatiseur 21	b2_19	b2_21 (sa position initiale)	b2_24	b2_22	b2_23
Climatiseur 22	b2_20	b2_19	b2_21	b2_23	b2_24
Climatiseur 23	b2_21	b2_24	b2_20	b2_19	b2_23
Climatiseur 24	b2_20	b2_24	b2_23	b2_19	b2_21
Première réaménagement de la salle b2 : <ul style="list-style-type: none"> - Clim 19 position b2_20 - Clim 20 position b2_23 - Clim 21 position b2_19 - Clim 22 position b2_21 - Clim 23 position b2_24 - Clim 24 position b2_22 					

5. Application Streamlit et lien du code source

5.1 Lien du code source et dossier zippé du projet

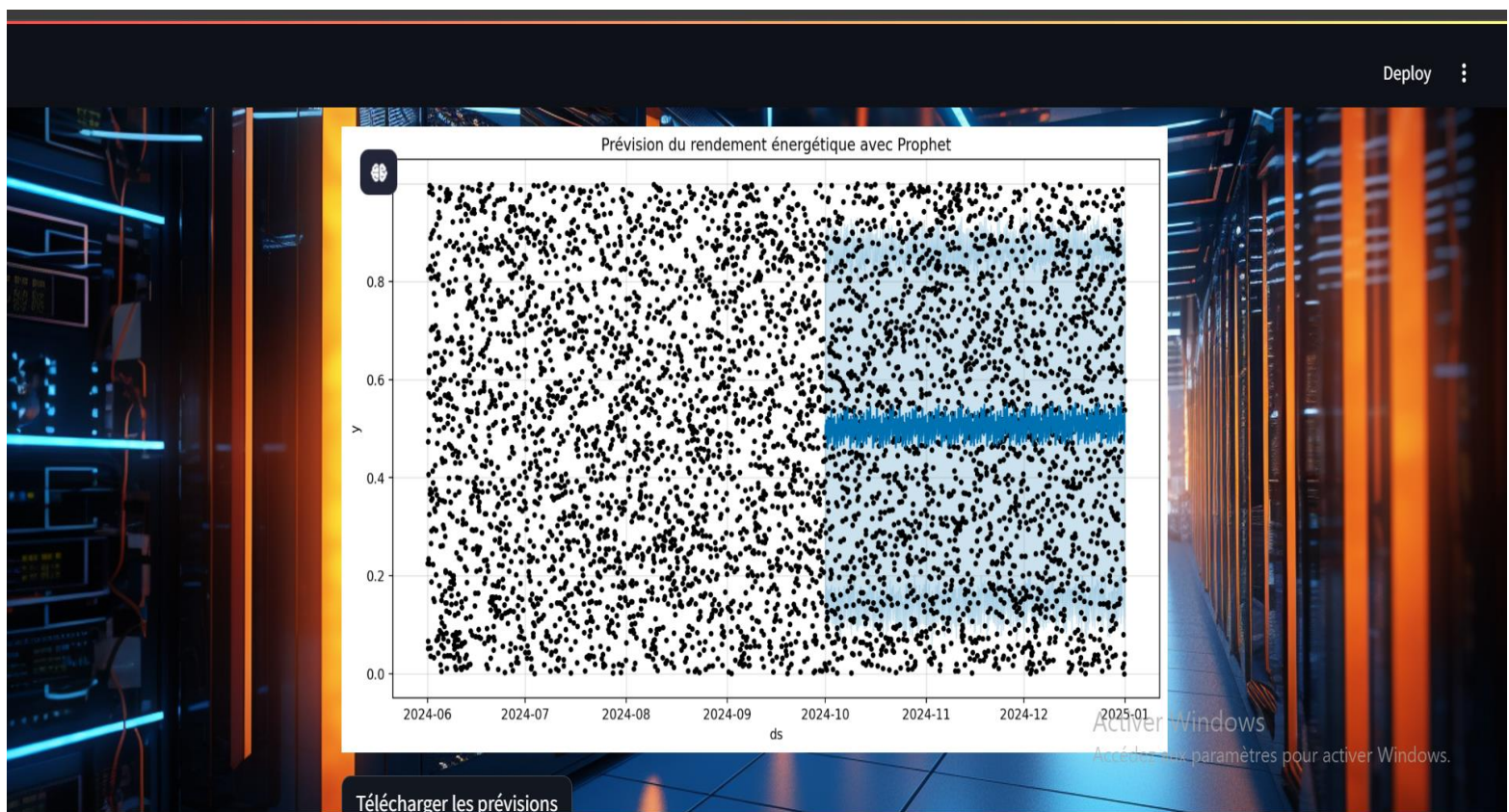
5.1.1 Code source en Python :

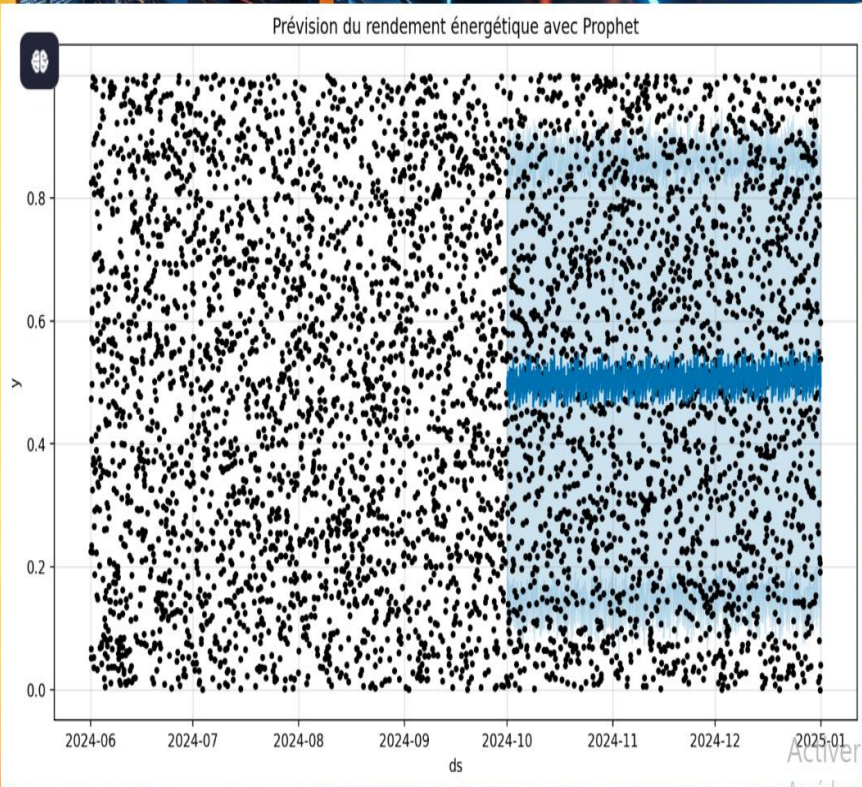
<https://colab.research.google.com/drive/17arMCDkTBImGMLGk1fyUhA1trcCFphpf?usp=sharing>

5.1.2 Dossier zippe du projet :

https://drive.google.com/drive/folders/16G_xNvJ9JuPVqapYDdZprhEbHZqMRzZH?usp=sharing

5.2 Application streamlit





Télécharger les prévisions

Activer Windows
Accéder aux paramètres pour activer Windows.

Télécharger les prévisions

Enregistrer le modèle

Positionnement optimal des climatiseurs jusqu'au 24 novembre 2024 :

- Climatiseur 19 : b2_20
- Climatiseur 20 : b2_23
- Climatiseur 21 : b2_19
- Climatiseur 22 : b2_21
- Climatiseur 23 : b2_24
- Climatiseur 24 : b2_22

Activer Windows
Accéder aux paramètres pour activer Windows.

