

Rapport de projet

Étude des variations des températures intérieures et estimation de la surconsommation liée au surchauffage de l'habitat



Matthieu Ernst

Baptiste Journaux

Table des matières

In	ntroduction					
1	Tra	vail pré	éliminaire	2		
	1.1	Donne	ées de travail	2		
	1.2	Donne	ées utilisées	3		
	1.3	Récup	ération des données	3		
		1.3.1	Extraction des données	3		
		1.3.2	Traitement des données	3		
2	Ider	ntificat	ion des périodes de chauffage	4		
	2.1	Déter	mination du fonctionnement du chauffage	4		
	2.2	Corré	lation entre la température extérieure et l'allumage du chauffage	4		
		2.2.1	Moyenne glissante de la température extérieure	4		
		2.2.2	Le degré jour unifié	5		
		2.2.3	Températures des différentes pièces	5		
3	Étude des températures corrélée aux recommandations de l'ADEME					
	3.1	Analy	se de la température moyenne	6		
		3.1.1	Évolution des températures journalières	7		
	3.2	Analy	se de l'impact économique	7		
		3.2.1	Le cas de la chambre	7		
		3.2.2	Le cas du salon	7		
		3.2.3	Bilan économique	8		
Co	onclu	sion		9		
Aı	nnexe	e : accè	s au Google Collab	10		

Introduction

Face aux enjeux du réchauffement climatique, l'action de chacun est nécessaire pour réduire les émissions globales des gaz à effet de serre. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), organisme d'Etat, fixe des objectifs de réduction des consommations d'énergie des ménages à -16,5% à l'horizon 2028 ¹. Puisque le chauffage représente plus des deux tiers de la consommation énergétique totale d'un ménage, nous avons choisi de travailler sur une étude des variations des températures intérieures et estimation de la surconsommation liée au surchauffage d'un habitat.

Pour support d'études, nous utiliserons les données d'une smart house, Expe-Smarthouse ². Une Smart Home est une habitation équipée de nombreux capteurs électroniques, qui sont connectés ensemble et forment un réseau de communication. Ce réseau permet de suivre les datas relatives à cette maison, et de pouvoir interagir et contrôler des objets à distances. Dans le cas de notre étude, la Smart Home est pourvues de plus de 340 capteurs qui permettent d'avoir une vision globale des mesures relatives à cette maison et à ses usagers.

Les objectifs de ce travail sont :

- d'identifier les périodes de chauffage domestique d'une maison, et de déterminer la température moyenne extérieure limite à partir de laquelle il n'est plus nécessaire de chauffer la maison;
- d'analyser l'évolution de la température intérieure dans différentes pièces durant la période de chauffage;
- de comptabiliser le nombre d'heures où la maison est chauffée et qui sont hors de la plage de température recommandée de l'ADEME pour différentes pièces;
- de quantifier de façon numéraire le surchauffage.

1 Travail préliminaire

1.1 Données de travail

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie ³ (ADEME) a publié les températures idéales cibles dans chaque pièce qu'il faudrait atteindre pour ressentir une situation physique confortable, sans pour autant surchauffer son habitat. Ces températures nous serviront de référence pour la suite de notre étude.

	Température cible
chambre	17°C
salle de bain	22°C
pièce à vie	19-21°C

Table 1 – Températures de référence

 $^{1.\} www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/10-objectifs-nationaux-de-baisse-de$

^{2.} www.expe-smarthouse.org/index.php/en/project/

 $^{3. \} https://multimedia.ademe.fr/infographies/infographie_mieux_se_chauffer$

1.2 Données utilisées

Les variables d'entrées sur lesquelles nous baserons notre étude sont les suivantes :

- température intérieure d'une des chambres (la chambre 1);
- la température du salon;
- la température extérieure;
- l'état de marche du chauffage (donnée binaire).

1.3 Récupération des données

1.3.1 Extraction des données

Les capteurs de l'Expe-House génèrent des data, qui sont ensuite stockées chronologiquement par une base de données : **InfluxDB**. Ce *backends* met à disposition ces données à un outil de visualisation des données de séries chronologique : Grafana, qui nous permet de les visualiser proprement.

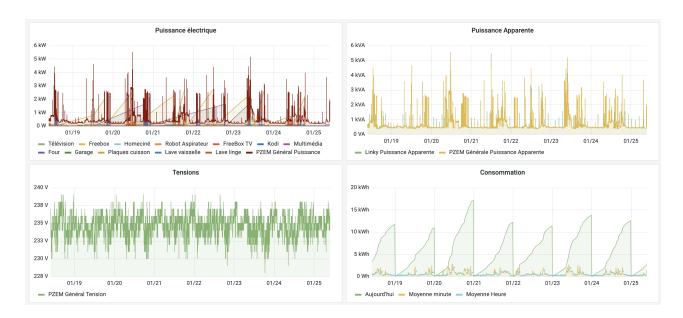


Figure 1 - Capture d'écran de la visualisation des données par Grafana

1.3.2 Traitement des données

Pour le traitement, nous utilisons Python sur GoogleCollab. InfluxDB nous permet de récupérer les données et de les convertir en CSV. Une fois le CSV importé sur Python, nous le convertissons en dataframe et travaillerons ainsi avec la librairie Panda, pour faciliter le traitement de données temporelles.

Nous avons été confrontés à un premier problème : les données brutes sont discrétisées, mais les instants d'acquisition ne sont pas identiques pour tous les capteurs. Nous avons donc *resampler* avec un pas de temps de 30minutes. Ce pas de temps nous semble suffisant pour traiter l'évolution d'une température, puisque les bâtiments ont une certaine inertie thermique. Sauf cas exceptionnel de chauffe rapide ou d'aération en ouvrant une fenêtre, les températures ne varient pas très rapidement. Comme nous basons notre étude sur le long terme, ces changements brutaux de température

ne nous intéressent pas.

Pour le *resample*, si certaines heures ne possèdent pas de valeur de température, nous avons choisis arbitrairement de créer une donnée factice, en dupliquant la donnée précédente.

2 Identification des périodes de chauffage

2.1 Détermination du fonctionnement du chauffage

En utilisant Python, nous avons pu extraire la première date d'activation de l'année du chauffage : le 12 octobre 2021. Le code Python est disponible en annexe. Pour la suite de l'analyse, nous nous concentrerons donc sur l'intervalle de temps 12 octobre 2021, jusqu'au 14 janvier 2022, la date la plus récente des données traitées lors de ce travail.

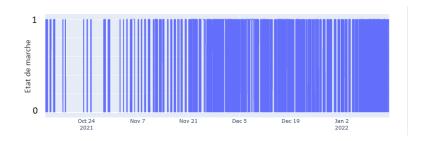


FIGURE 2 - Fonctionnement du chauffage en fonction de la période de l'année

Ici, les data récupérées semblent bien valider une entrée dans l'hiver, synonyme d'utilisation plus intensive du chauffage en hiver qu'à la fin de l'automne.

2.2 Corrélation entre la température extérieure et l'allumage du chauffage

2.2.1 Moyenne glissante de la température extérieure

Ensuite, nous avons cherché à déterminer à partir de quelle température extérieure l'utilisateur a besoin de chauffer.

Pour cela, nous avons calculé pour chaque intervalle de temps, la moyenne glissante de la température extérieure sur les 24 dernières heures.

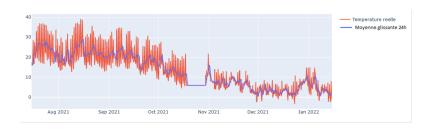


Figure 3 – Moyenne glissante et température extérieure

Observons de manière plus précise sur l'intervalle de temps autour du 12 octobre 2021.

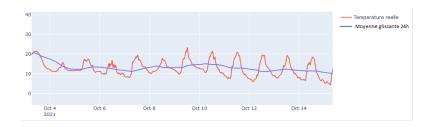


Figure 4 – Moyenne glissante et température extérieure (2)

La chaudière est enclenchée après une semaine où la température moyenne avoisinait les 14°C. Ceci nous permet d'intégrer maintenant un élément important à notre étude : le **degré jour unifié**.

2.2.2 Le degré jour unifié

Le degré jour unifié se défini comme " une valeur qui représente l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli" 4 . On utilise ainsi un outil, le DfU-base X, pour caractériser les besoins en chauffage d'un bâtiment par rapport à une température X de référence. Généralement et ce qui sera le cas pour notre étude, on considérera un DJU-base 18: c'est une moyenne française.

Ainsi, on observe déjà que les utilisateurs de notre bâtiment ne déclenche leur chauffage avec un DJU-base 18 de 4 degrés en dessous de la moyenne française. A ce stade, nous posons deux hypothèses :

- − le capteur n'a pas remonté le fonctionnement de la chaudière avant;
- le bâtiment est très bien isolé.

2.2.3 Températures des différentes pièces

Comparons maintenant les températures dans les différentes pièces.

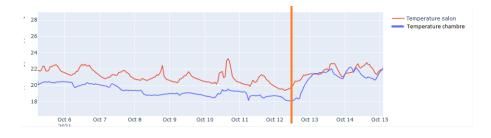


FIGURE 5 – Mesure des températures de salon et de la chambre

Nous observons que la température intérieure a progressivement baissé la semaine avant le premier chauffage. Nous supposons donc que le bâtiment est doté d'une isolation thermique efficace.

^{4.} https://www.abcclim.net/degres-jour-dju.html

3 Étude des températures corrélée aux recommandations de l'ADEME

3.1 Analyse de la température moyenne

Nous allons essayer d'analyser de façon plus fine ces températures, pour détecter le nombres d'heures où le chauffage a permis d'obtenir une température supérieure à la plage de température recommandée par l'ADEME.

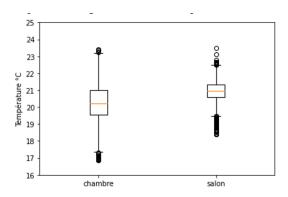


FIGURE 6 – Répartition des températures sur la période de chauffe donnée

Figure 7 – Résultat du bilan par rapport aux normes ADEME codée sur Python

Nous résumons ainsi nos résultats sur la période étudiée dans les tableaux suivants :

	heures passées en surchauffe	pourcentage sur la période ($\delta t_{surchauffe}$)
chambre	1713h	75,7%
salon	1044h	46%

Table 2 – Résultats surchauffe

	heures passées en souschauffe	pourcentage sur la période ($\delta t_{surchauffe}$)
chambre	8h	0,35%
salon	25h	1,1%

Table 3 – Résultats souschauffe

3.1.1 Évolution des températures journalières

Observons maintenant l'évolution des températures sur une journée précise. Attention toutefois, il s'agit de considérer ici l'heure à son format international, pour relier les données ci dessous à l'heure locale, il faut ainsi rajouter +1heure.

Pour la chambre, nous observons bien une lente augmentation de température durant la nuit, puis

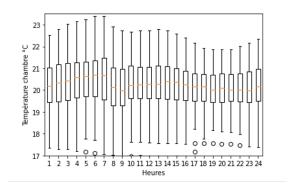


FIGURE 8 - Répartition des températures sur une journée pour la chambre

une subite diminution sûrement due à une aération le matin.

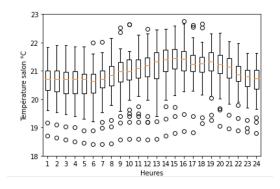


FIGURE 9 - Répartition des températures sur une journée pour le salon

3.2 Analyse de l'impact économique

3.2.1 Le cas de la chambre

Comme vu précédemment, nous avons la surchauffe suivante sur la période pour la chambre. Cette surchauffe a ainsi une valeur moyenne de $\Delta T_{chambre}=0,914$ degré.

3.2.2 Le cas du salon

De la même façon pour le salon, nous obtenons cette fois-ci une valeur moyenne de surchauffe de $\Delta T_{salon} = 0,215$ degré.

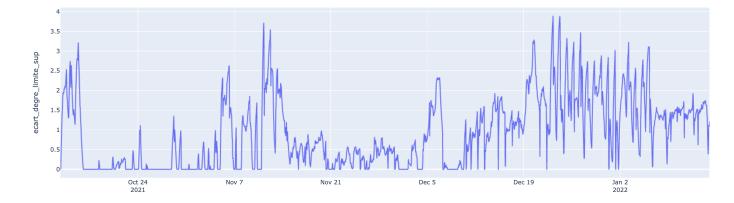


FIGURE 10 - Évolution de la surchauffe de la chambre sur la période donnée

3.2.3 Bilan économique

Nous avons effectué une simulation d'une facture annuelle qui pourrait s'approcher de celle payée par les propriétaires de la Expe-smarthouse. En examinant Grafana, il apparaît qu'il y a 3 chambres différentes, un salon et une cuisine. La maison fait $120m^2$, et loge une famille de 5 personnes. Avec un simulateur 5 , nous estimons la facture énergétique moyenne de cette maison à 2900€/an.

Pour une chaudière au gaz (le cas de la maison Expe-smarthouse), augmenter la température du thermostat de 1°C revient à augmenter la facture annuelle de 7%. ⁶ Ainsi, nous pouvons estimer l'augmentation de la facture comme suit :

$$P = 7\% * F_{acture} * (\Delta T_{moyen} * \Delta t_{surchauffemoy})$$

En considérant que F_{acture} est la facture annuelle, soit en prenant $F_{acture}=2900$ €, et en prenant $\delta t_{surchauffe}$ le pourcentage du temps de surchauffe, soit pour notre étude les pourcentages trouvées en 3.1.1, on obtient :

 $P=0,007*2900*(\frac{3*0,757*0,914}{4}+\frac{0,215*0,46}{4})=110$ €. On estime donc à 110€/an de dépense en plus sur la facture, seulement dues à ces surchauffes.

^{5.} https://selectra.info/energie/estimation

^{6.} https://www.ista.com/fr/ista/blog/ce-que-coute-1c-supplementaire-dans-votre-logement/

Conclusion

Ainsi, réussir à contrôler de manière efficace la température en suivant les recommandations de l'ADEME pourrait permettre de réduire la consommation d'énergie. La régulation de la température est cependant difficile à l'échelle de la pièce et dépend grandement de l'utilisation faite par l'habitant. On peut tout même imaginer des améliorations qui pourraient être explorer pour autoréguler la température intérieure, telle que la prise en compte de la présence à l'aide d'un capteur de mouvement.

Cette étude présente tout de même des limites, car certains paramètres n'ont pas été pris en compte :

- − la qualité de l'isolation;
- les échanges thermiques avec les autres pièces (salles de bain, cuisine, garage...).

En outre, il pourrait être intéressant de suivre ces pistes-là pour une optimisation plus pertinente du chauffage :

- utiliser un algorithme de machin learning pour prédire l'occupation d'une pièce, et pouvoir ainsi assez aisément adapter la puissance du chauffage;
- à partir de machine learning, identifier les stratégies de chauffage (chauffer la nuit, chauffer en soirée, chauffer en journée le week end. . .) permettant de minimiser la consommation de chauffage, et d'avoir toujours une température comprise dans la plage de recommandation de l'ADEME.

Annexe : accès au Google Collab

 $Le\ code\ Python\ est\ accessible\ par\ le\ lien\ suivant: https://colab.research.google.com/drive/11-5L_nmcOTQT_GERCG_cMBnb3cE\ ?usp=sharing$