
Programme d'acquisition de données

« xServer »
« dataHub & watchData »
« domoticVisu »

appliqué à la domotique

Version 1.0 / juin 2018

Version 2.0 / septembre 2020

Version 3.0 / décembre 2020



Gilbert Morand

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Monitoring de la production/consommation d'électricité	4
3. Gestion énergétique d'une serre pour hivernage de plantes	11
4. La prise intelligente « max auto-conso ».....	15
5. Interface utilisateur & valorisation des données	16
6. Conclusion	22
7. Table des figures.....	23
Références.....	23

1. Introduction

Besoins et objectifs



L'objectif de ce papier est de présenter un système à bas coût qui permet :

- d'acquérir des données physiques
- de commander ou de piloter des actionneurs
- de visualiser l'information (reporting et graphiques)
- de superviser des installations (visualisation des données dans un navigateur internet).

Le système développé se base, pour l'acquisition des données sur l'utilisation de Raspberry pi [1], de son bus 1-fil [2] ainsi que des capteurs et actionneurs répondant à la norme z-wave [3].

Le système se veut ouvert et évolutif, simple, fiable et robuste. Il sera mis en place dans le domaine de la domotique et plus particulièrement dans la gestion des énergies et du confort dans la maison.



La mise en place de ce système permettra, entre-autre,

- d'augmenter l'autoconsommation d'un « producteur-consommateur »
- de gérer le chauffage d'un bâtiment sur la base de mesures physiques
- de mesurer les performances d'installations

Description du système

Le fonctionnement, les principes, l'installation et les paramétrages de ce système sont largement décrits dans les références [4].

Ce papier décrit les possibilités et plus-value d'un tel système appliqué dans le domaine de la domotique, sur mon propre logement.

Trois applications sont détaillées ici, il s'agit

- du monitoring de la production et de la consommation d'électricité
- de la gestion d'une serre d'hivernage.
- de la prise intelligente qui maximise l'autoconsommation

2. Monitoring de la production/consommation d'électricité

Le toit solaire

En 2018, le toit de ma maison a été refait. Une sur-épaisseur de 12 cm d'isolation a été ajoutée à l'isolation entre chevron d'une dizaine de centimètres existante. La valeur U du toit est, après rénovation, meilleure que 0.2 W/K m².

Des panneaux photovoltaïques (de type SunStyle) ont été installés et couvrent les ~80 m² du toit sur le pan plein sud du toit. La puissance de l'installation est de 12.5 kWp.



Figure 1 : Photographie du toit solaire.

Les capteurs de mesures et leur traitement

Les capteurs de mesures doivent assurer la mesure de

- l'énergie et la puissance électrique produite par le toit solaire,
- l'énergie et la puissance électrique consommée par la maison,
- les températures et les humidités à différents endroits dans la maison et dans la serre d'hivernage,
- des prises intelligentes.

Raspberry

Les informations et la configuration des capteurs sont gérées par un système Raspberry pi, les données sont stockées temporairement sur la carte micro-SD du Raspberry, puis mises en sécurité sur un serveur, transféré par le protocole FTP.

La photographie montre le Raspberry pi installé dans mon garage qui me sert de bureau.

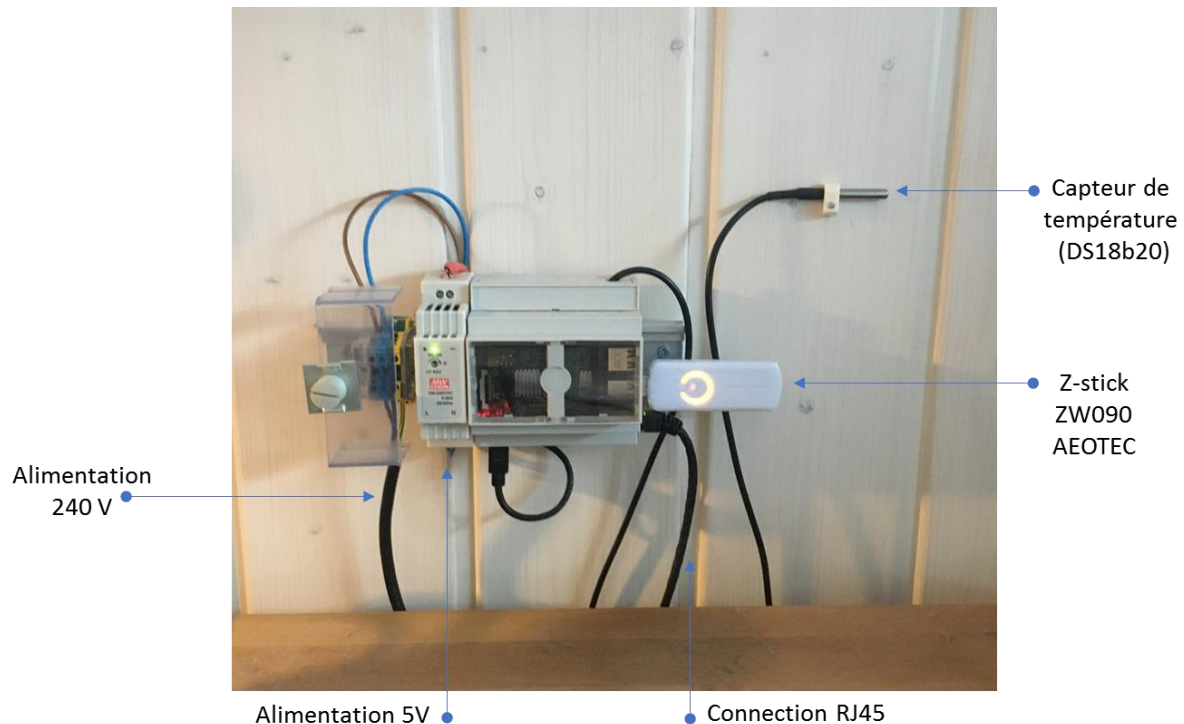


Figure 2: Raspberry pi.

**Compteurs
d'énergie**

Le choix du capteur de mesure pour compter l'énergie s'est porté sur Aeotec energy meter, d'un prix approximatif de 140 CHF. La figure suivante montre l'implémentation des deux compteurs d'énergie.



Figure 3 : tableau électrique avec compteurs d'énergie 1) solaire et 2) réseau. (Aeotec- Compteur de consommation électrique Z-wave Plus 3 pinces (60A, GEN5))

Capteurs de température et actuateurs

Les capteurs de température sont nombreux et divers. Dans cette application,

- des capteurs de type DS18B20
- des multi senseurs de type (Aeotec - Détecteur 6 en 1 MultiSensor Z-Wave Plus (GEN5) ZW100)
- des capteurs très discrets (Sensative - Capteur de température et de luminosité extra fin Z-Wave+ Strips Comfort)
- des prises intelligentes de type (Smart Switch Gen5 Model ZW075-C10),

ont été mis en œuvre pour les acquisitions de données.

La figure suivante montre les capteurs installés à mon domicile, pour la détermination de quelques grandeurs physiques.



Figure 4: vue du salon depuis la mezzanine. On distingue les deux capteurs de température.

Détermination des grandeurs clef

A partir de la mesure de la production solaire sur les trois phases et des échanges sur les trois phases avec le réseau électrique, il est possible de déterminer les grandeurs intéressantes pour une installation solaire dans un bâtiment. Il s'agit de déterminer

- la production d'électricité
- la consommation
- l'autoconsommation
- l'achat
- la vente

Les mesures sont faites pour chaque phase de manière indépendante.

La puissance $Sol_P(L)$ est la mesure sur la phase L de la puissance produite par les panneaux photovoltaïques.

La puissance $Res_P(L)$ est la mesure sur la phase L de la puissance échangée avec le réseau électrique.

Quand $Res_P(L)$ est positive, il s'agit d'achat d'énergie sur le réseau. Quand $Res_P(L)$ est négatif, cela correspond à de la vente d'électricité sur le réseau.

Principe de calcul



Figure 5: Mesure de la production solaire sur chacune des phases et mesure de la consommation sur chacune des phases.

Pour exprimer les précédentes grandeurs, la fonction $f_Diode(x)$ a été définie.

```
float f_Diode(float x)
{
    if (x>0) return (x);
    else    return (0.0);
}
```


Production La puissance produite en kW s'exprime par la mesure de la puissance sur chacune des phases L .

$Sol_P[L]$ est toujours positif.

$$P_{prod} = \sum_{L=L1,L2,L3} Sol_P[L]$$

**Consom-
mation** La puissance consommée en kW s'exprime par la mesure des puissances solaires produites et des puissances échangées avec le réseau sur chacune des phases L .

$$P_{conso} = \sum_{L=L1,L2,L3} f_Diode(Sol_P[L] + Res_P[L])$$

**Auto-
consom-
mation** La puissance autoconsommée en kW s'exprime comme

$$P_{auto} = \sum_{L=L1,L2,L3} f_Diode(Sol_P[L] - f_Diode(Sol_P[L] + Res_P[L]))$$

Achat La puissance achetée en kW s'exprime comme

$$P_{achat} = \sum_{L=L1,L2,L3} f_Diode(Res_P[L])$$

Vente La puissance vendue en kW s'exprime comme

$$P_{vente} = \sum_{L=L1,L2,L3} f_Diode(-Res_P[L])$$

Règle de somme

Une loi de conservation lie les grandeurs électriques. Le schéma de la figure 6 illustre la règle, qui dit que toute l'énergie entrante égale l'énergie sortante.

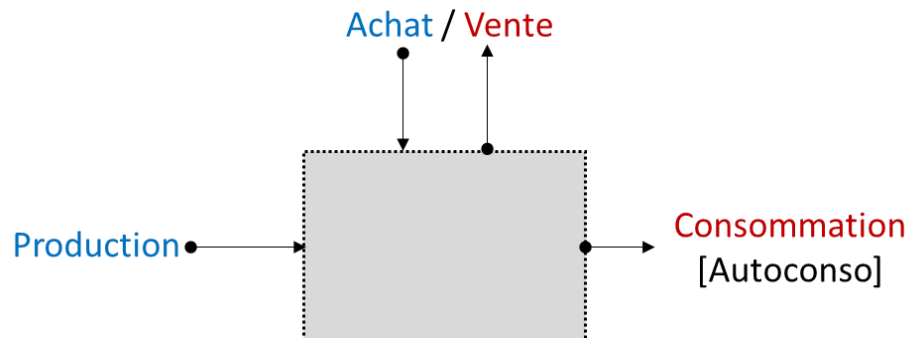


Figure 6: Relation entre l'énergie produite, consommée achetée et vendue.

$$E_{production} + E_{achat} = E_{consommation} + E_{vente}$$

Part d'auto-consommation

La part d'autoconsommation est définie par l'équation suivante [5] :

$$part\ d'autoconsommation = \frac{E_{autoconsommation}}{E_{production\ solaire}}$$

Part d'auto-suffisance

La part d'autosuffisance est définie par l'équation suivante [5] :

$$part\ d'autosuffisance = \frac{E_{autoconsommation}}{E_{consommation}}$$

3. Gestion énergétique d'une serre pour hivernage de plantes

Gestion d'une « serre » familiale

J'habite une maison à Uvrier. A côté de la maison, comme on peut le voir sur la photographie suivante, une cabane en bois abrite les plantes à hiverner durant la période froide de l'année. Cette cabane de bois a été isolée avec ~ 5 cm de sagex. La partie en contact avec l'air extérieur offre donc une valeur $U \sim 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. La surface totale de la cabane avec son environnement est $\sim 12 \text{ m}^2$.



Figure 7: photographie de la serre d'hivernage.

Maintien hors gel

Des vitrages (anciens vitrages de la maison) ont été intégrés à la cabane pour apporter une certaine quantité de lumière naturelle aux plantes que la cabane abrite durant l'hiver.

Des lampes ont été installées dans la serre pour maintenir l'espace hors gel durant toute la période d'hiver.



Figure 8 : serre d'hivernage, avec et sans neige, lorsque la serre est réchauffée pour la garder hors gel.

**Les
mesures, les
actuateurs,
les
commandes**

Plusieurs mesures ont été installés pour déterminer

- la température extérieure
- la température et l'humidité intérieure
- la luminosité intérieure

**Mesure de la
température
extérieure**



Un capteur DS18S20 est installé à l'abris des intempéries pour déterminer la température extérieure.

Le capteur intérieur est un multi-senseur qui mesure la température, l'humidité et la luminosité intérieure de la serre.

Figure 9: photographie de la serre d'hivernage avec le capteur de température de type DS18b20 pour déterminer la température extérieure.

Les actuateurs et leur commande associée



aussi des mesures de consommation et de puissance qui passent par la prise.



En termes d'actuateurs, plusieurs lampes halogène d'une puissance de 120 W ont été installées à l'intérieur de la cabane. Un ventilateur a été installé pour brasser l'air à l'intérieur de la cabane. Les lampes et le ventilateur sont pilotées par des relais.

Les prises Aeotec permettent de piloter des charges. Elles donnent



Le dispositif proposé par Qubino composé de deux relais permet également de lire une température avec un capteur de type DS18S20. Le module Qubino lit la sonde de température extérieure.

Figure 10: vue intérieure de la serre d'hivernage. Prise intelligente et module Qubino.

La logique de mise hors gel

```
// -----
// logique pour la gestion de la serre.....
// première limite de température...
// si Tserre < 2 (=Tlim[0]) enclenche 1 lampe et le ventilateur, et je
// l'éteins dès que la serre a atteint 3°C (=Tlim[0]+hysteresis).
// si Tserre < 1 (=Tlim[1]) enclenche la lampe 2, et je l'éteins dès
// que la serre a atteint 2°C (=Tlim[1]+hysteresis)..
    if((Tserre < Tlim[0]) && (etatPrise[0] == 0)) {
        this->SetStateSwitch(idxPrise[0],true);
    }
    if((Tserre >= (Tlim[0]+hysteresis)) && (etatPrise[0] == 1)) {
        this->SetStateSwitch(idxPrise[0],false);
    }
// seconde limite de température...
    if((Tserre < Tlim[1]) && (etatPrise[1] == 0)) {
        this->SetStateSwitch(idxPrise[1],true);
    }
    if((Tserre >= (Tlim[1]+hysteresis))&&(etatPrise[1] == 1)) {
        this->SetStateSwitch(idxPrise[1],false);
    }
}
```


**Sécurité
sous forme
de circuit
câblé**

En parallèle au système mis en place, un bimétal directement branché sur deux lampes, assure au cas où l'informatique venait à ne pas fonctionner, garantit que la température dans la serre reste hors gel.

4. La prise intelligente « max auto-conso »

Principe	Le principe appliqué ici est assez simple. Il consiste à mesurer l'énergie produite et l'énergie consommée pour déterminer la part de puissance qui pourrait à chaque instant être utilisée, pour augmenter l'autoconsommation. Si la puissance produite est supérieure à la puissance consommée par la maison, de la charge mise sur la prise intelligente, celle-ci alimente la prise en question. Si, par contre, la puissance à disposition n'est pas suffisante, la prise coupe la puissance.
Type de charge	Le type de charge connectée à ce genre de prise doit avoir un profil assez particulier. Il peut s'agir d'un chauffage électrique d'appoint (comme dans mon bureau par exemple), ou d'un chauffe-eau électrique.
Intérêt des installateurs de système PV	La plupart des installateurs de systèmes de production photovoltaïque sont intéressés à proposer à leurs clients des systèmes ayant les mêmes fonctionnalités que celui qui est décrit ici. Pour avoir du succès, le système devrait être réduit à une simple boîte, sans connexion internet, tout au moins sans les problèmes y relatifs. Ni firewall, ni mises à jour logicielles, qui mettent à terre le système, quelque chose de simple, qui soit bon marché, fiable ouvert et évolutif. Keep it simple, stupid ! qui se traduit en français par « garde ça simple, idiot »

5. Interface utilisateur & valorisation des données

Accès aux données

L'accès aux données se fait par le site :

<http://teneo.ddns.net/>

Ce site n'est pas sécurisé (http). Il le sera bientôt.

Ce site présente les données les données domestiques ainsi que les données des pompes à chaleur.

La page principale

La page principale résume sous un onglet le concept mis en place. Sous l'onglet « *documents & rapports* », la documentation créée et les rapports générés durant le projet y sont rassemblés.

L'onglet « *visualisation & accès* », montré dans la figure suivante, permet d'interroger le serveur et d'obtenir les résultats sous forme tabulaire et graphique.

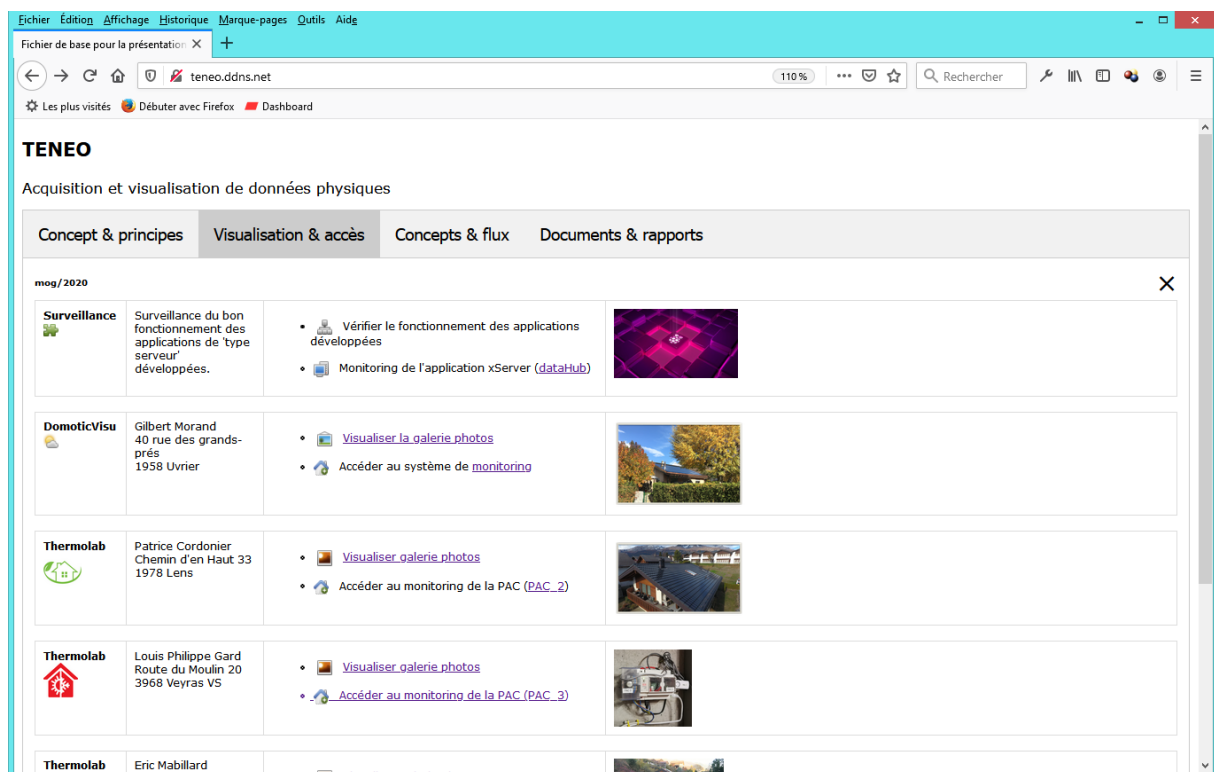


Figure 11 : vue de la page internet pour accéder au serveur.

Contrôle de la réception des fichiers

Plusieurs interfaces ont été développées. Une d'entre elles, atteste de la bonne réception des fichiers d'acquisition de chacune des machines sur le serveur.

La figure suivante montre l'interface.

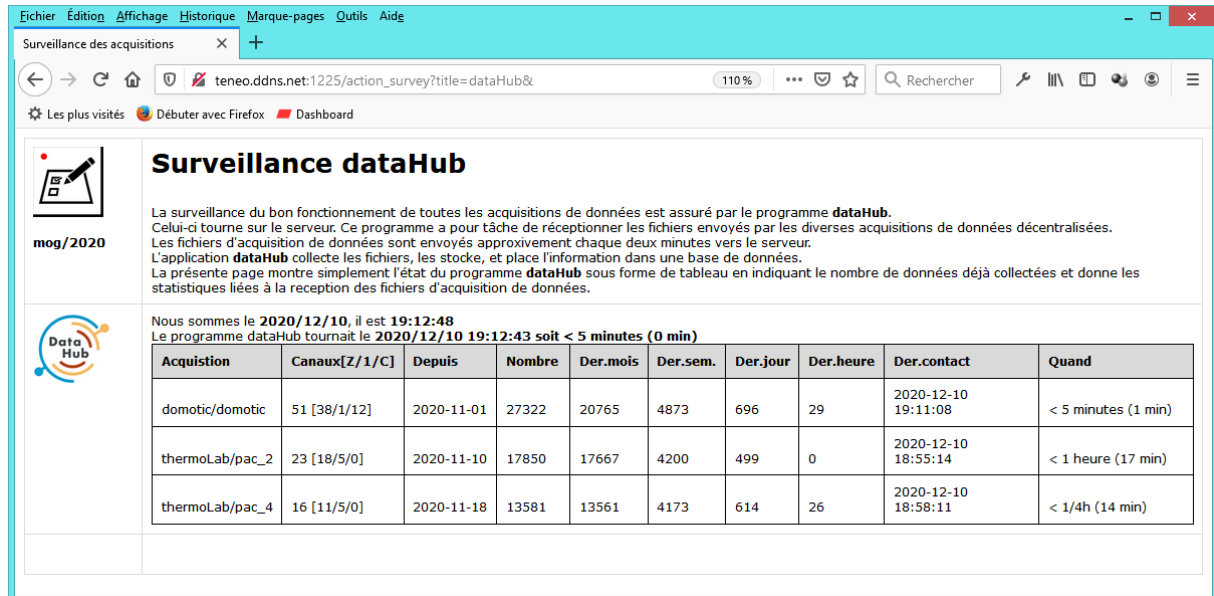


Figure 12 : vue de la page qui permet de contrôler la réception des fichiers d'acquisition des différentes machines.

Ecran de supervision de domoticVisu

L'écran de visualisation au temps t , montre la maison avec la valeur au temps t des principaux capteurs. Une vue schématique est montrée dans la figure 13.

Par un simple clic sur les thermomètres ou les logos une visualisation temporelle est générée par le serveur et envoyée au navigateur.

Des exemples de profils sont montrés dans les figures 16, 17 et 18.

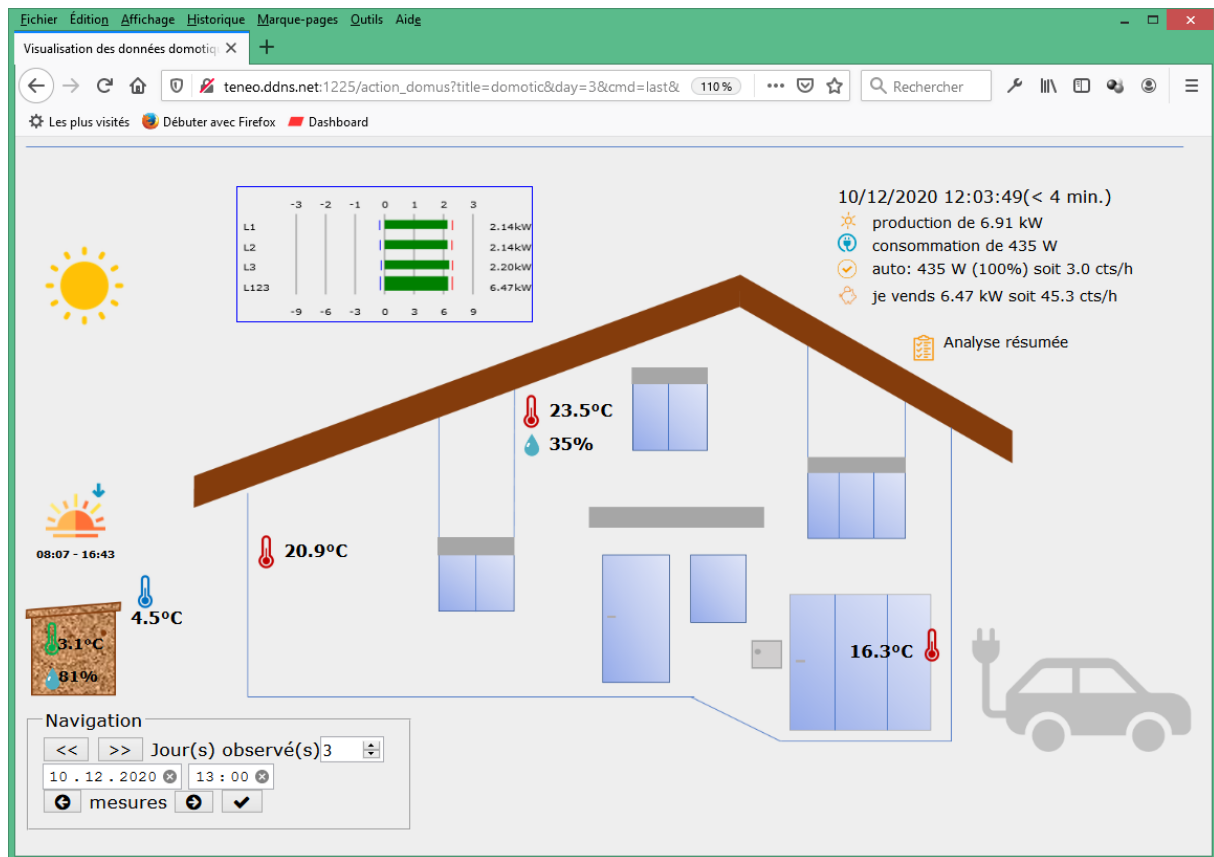


Figure 13 : vue schématique de ma maison et de la serre d'hivernage à gauche.

Mesures électriques

Les mesures de production photovoltaïque sont représentées par les traits verticaux rouges pour chacune des phases. La production totale est montrée sur la dernière ligne plus épaisse que les autres.

Les traits verticaux bleus montrent la consommation électrique.

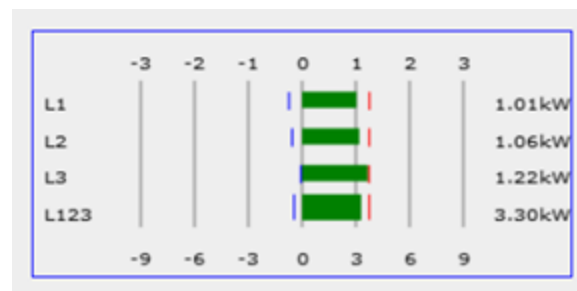


Figure 14 : vue schématique de ma maison.

Les rectangles verts montrent l'électricité vendue par phase. Quand c'est de l'achat d'électricité, la couleur des rectangles devient rouge.

Détermination des puissances électriques

Les acquisitions sont faites chaque 120 secondes. Il est donc possible de déterminer avec suffisamment de précision les puissances en jeu.



Figure 15 : diverses valeurs de puissances.

Connaissant le prix d'achat (0.14 CHF/kWh) et de vente (0.07 CHF/kWh), il est possible d'estimer les coûts et les gains horaires.

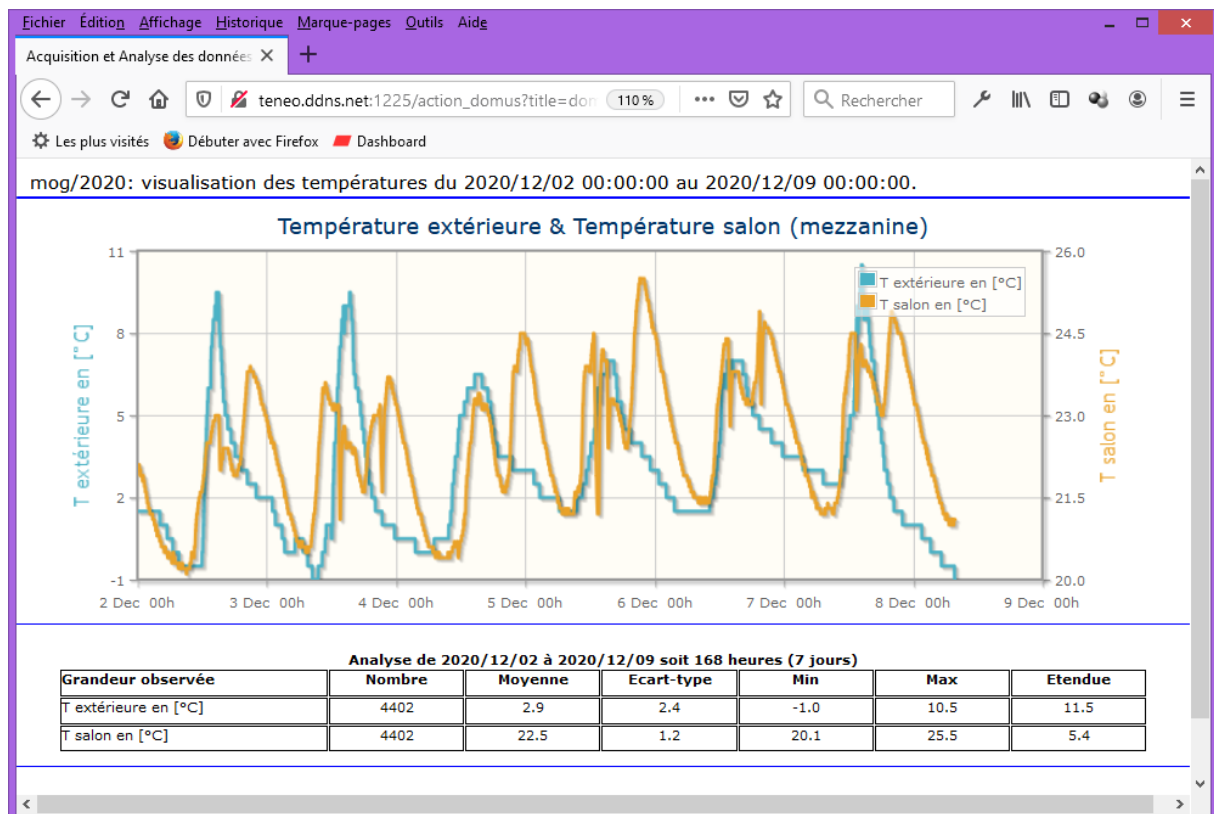


Figure 16 : Evolution de la température extérieure et de la température au niveau de la mezzanine.

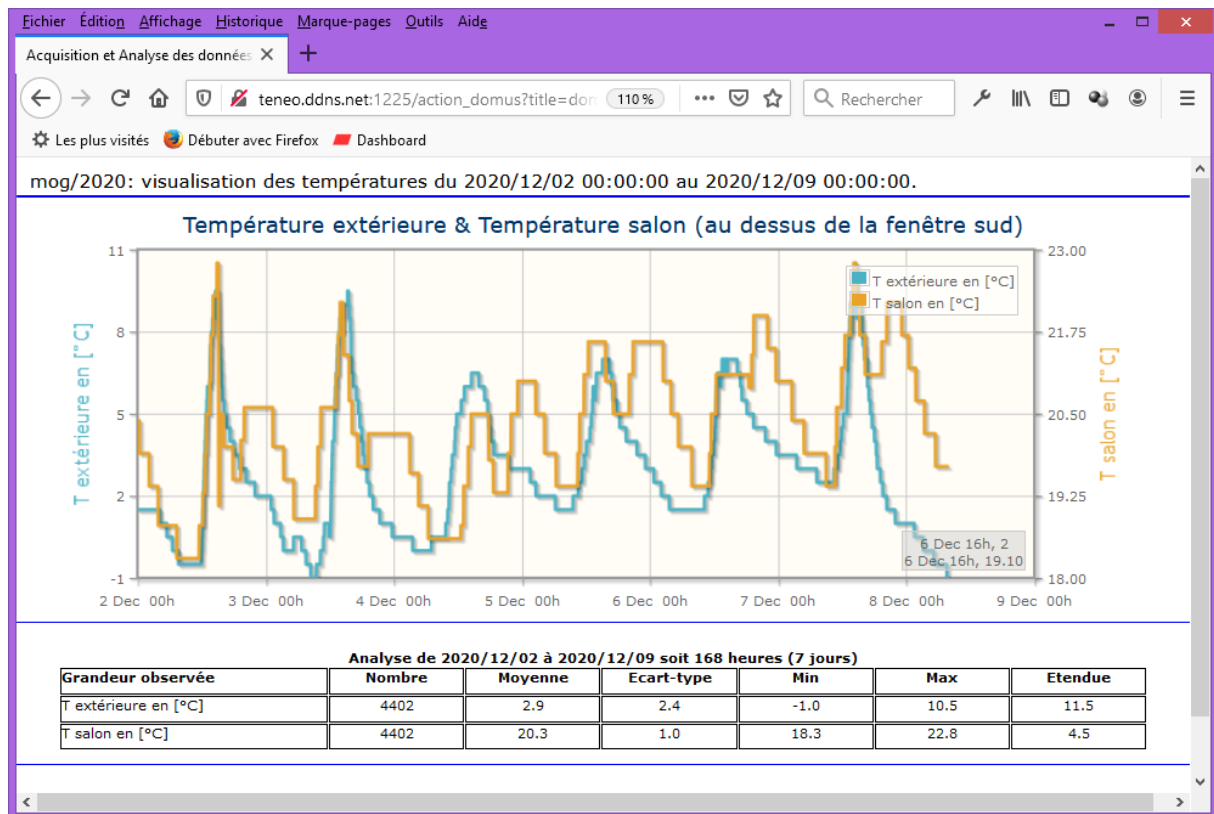


Figure 17 : Evolution de la température extérieure et de la température au niveau du salon.

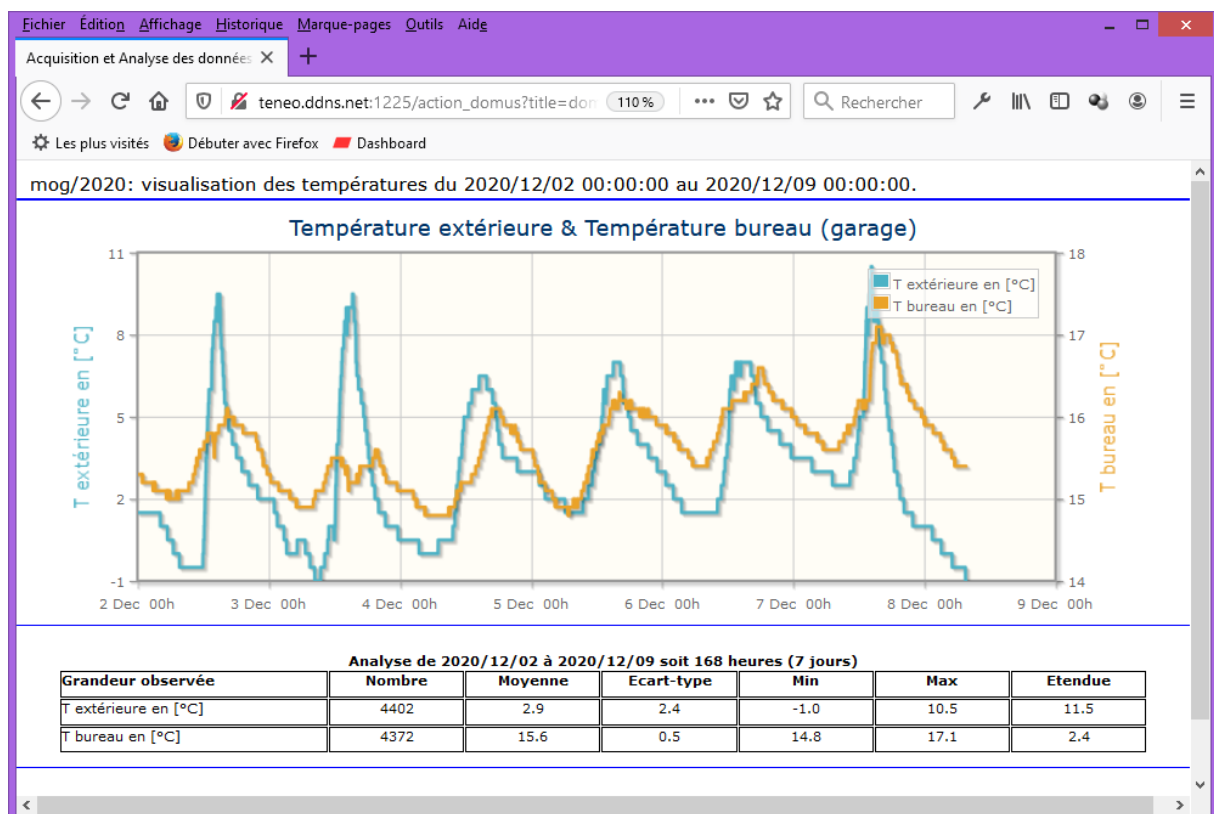
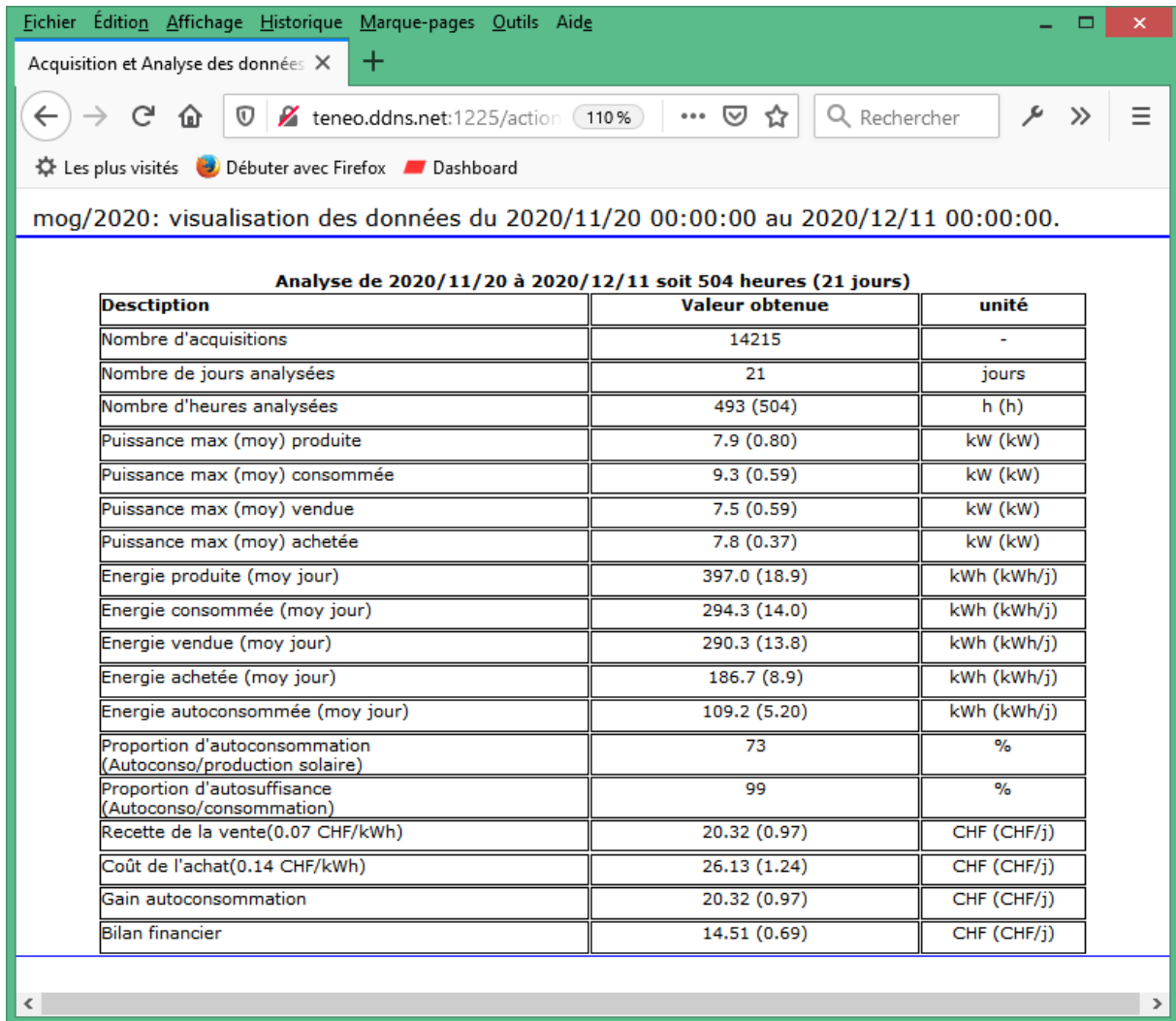


Figure 18 : profil de température dans le bureau et dans la serre d'hivernage.

Réponses tabulaire

Par un clic sur « analyse résumée », le serveur va effectuer une analyse et présente les résultats sous forme de tableau comme montré dans la figure 19.

Le temps de calcul est négligeable, bien que le nombre de points analysé soit grand (ici 14'215 acquisitions).



Acquisition et Analyse des données X +

teneo.ddns.net:1225/action 110% Rechercher

Les plus visités Débuter avec Firefox Dashboard

mog/2020: visualisation des données du 2020/11/20 00:00:00 au 2020/12/11 00:00:00.

Analyse de 2020/11/20 à 2020/12/11 soit 504 heures (21 jours)

Description	Valeur obtenue	unité
Nombre d'acquisitions	14215	-
Nombre de jours analysées	21	jours
Nombre d'heures analysées	493 (504)	h (h)
Puissance max (moy) produite	7.9 (0.80)	kW (kW)
Puissance max (moy) consommée	9.3 (0.59)	kW (kW)
Puissance max (moy) vendue	7.5 (0.59)	kW (kW)
Puissance max (moy) achetée	7.8 (0.37)	kW (kW)
Energie produite (moy jour)	397.0 (18.9)	kWh (kWh/j)
Energie consommée (moy jour)	294.3 (14.0)	kWh (kWh/j)
Energie vendue (moy jour)	290.3 (13.8)	kWh (kWh/j)
Energie achetée (moy jour)	186.7 (8.9)	kWh (kWh/j)
Energie autoconsommée (moy jour)	109.2 (5.20)	kWh (kWh/j)
Proportion d'autoconsommation (Autoconso/production solaire)	73	%
Proportion d'autosuffisance (Autoconso/consommation)	99	%
Recette de la vente(0.07 CHF/kWh)	20.32 (0.97)	CHF (CHF/j)
Coût de l'achat(0.14 CHF/kWh)	26.13 (1.24)	CHF (CHF/j)
Gain autoconsommation	20.32 (0.97)	CHF (CHF/j)
Bilan financier	14.51 (0.69)	CHF (CHF/j)

Figure 19 : tableau qui résume l'analyse de données faite par le serveur.

6. Conclusion

Fiabilité

Le raspberry pi offre une grande fiabilité. L'accès à distance des systèmes est particulièrement apprécié. La mise à jour des logiciels et des systèmes perturbe souvent, selon mon expérience, le bon fonctionnement et l'accès aux systèmes.

**Centrali-
sation des
données**

Cette étape est primordiale. Pour des raisons de sécurité des données et de réactivités, elle repose sur un simple principe qui consiste à dire que dès que les données sont acquises, elles doivent être « mises au chaud » sur un serveur.

Force est de constater, qu'à chaque nouvelle version de son firewall ou de son antivirus, un contrôle sévère des applications développées doit être fait pour vérifier le bon fonctionnement de chaque processus et de chacune des communications mises en place.

**Supervision
WEB**

La visualisation par un serveur WEB est véritablement un plus. Les versions du logiciel et des documentations sont toujours à jour. La possibilité de copier les données de l'interface WEB jusque vers excel pour faire des analyses pointues reste possible et simple à mettre en œuvre. Un ctrl-c et ctrl-v suffisent à gérer l'opération.

7. Table des figures

Figure 1 : Photographie du toit solaire.....	4
Figure 2: Raspberry pi.....	5
Figure 3 : tableau électrique avec compteurs d'énergie 1) solaire et 2) réseau. (Aeotec-Compteur de consommation électrique Z-wave Plus 3 pinces (60A, GEN5))	6
Figure 4: vue du salon depuis la mezzanine. On distingue les deux capteurs de température.....	7
Figure 5: Mesure de la production solaire sur chacune des phases et mesure de la consommation sur chacune des phases.	8
Figure 6: Relation entre l'énergie produite, consommée achetée et vendue.....	10
Figure 7: photographie de la serre d'hivernage.....	11
Figure 8 : serre d'hivernage, avec et sans neige, lorsque la serre est réchauffée pour la garder hors gel.....	12
Figure 9: photographie de la serre d'hivernage avec le capteur de température de type DS18B20 pour déterminer la température extérieure.	12
Figure 10: vue intérieure de la serre d'hivernage. Prise intelligente et module Qubino. ...	13
Figure 11 : vue de la page internet pour accéder au serveur.	16
Figure 12 : vue de la page qui permet de contrôler la reception des fichiers d'acquisition des différentes machines.	17
Figure 13 : vue schématique de ma maison et de la serre d'hivernage à gauche.....	18
Figure 14 : vue schématique de ma maison.	18
Figure 15 : diverses valeurs de puissances.	19
Figure 16 : Evolution de la température extérieure et de la température au niveau de la mezzanine.	19
Figure 17 : Evolution de la température extérieure et de la température au niveau du salon.....	20
Figure 18 : profil de température dans le bureau et dans la serre d'hivernage.	20
Figure 19 : tableau qui résume l'analyse de données faite par le serveur.	21

Références

- [1] «https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi,» [En ligne].
- [2] «<https://en.wikipedia.org/wiki/1-Wire>,» [En ligne].
- [3] «<https://fr.wikipedia.org/wiki/Z-Wave>,» [En ligne].
- [4] G. Morand, «Programme d'acquisition de données,» 2020.
- [5] «https://www.vese.ch/wp-content/uploads/VESE_Manuel_optimiser_l_autoconsommation.pdf,» [En ligne].