

# Projet save&sustain

Automne 2023 – Hiver 2024

E. Nedelec, V. Garibian (Wise4future)

G.-R. Stauffer, H. Marques Reis, A. Maire, S. Carrino (HE-Arc)

AI Days - 06/02/2024

# Contexte général :

## D'une énergie abondante et bon marché vers une économie à énergie pilotée

- L'activité économique est dépendante de l'énergie
- L'énergie a été abondante et (trop) bon marché

## Des contraintes qui appellent un changement de paradigme :

- Augmentation des prix
- Disponibilité de l'énergie, quotas en cas de pénurie (plan Ostral)
- Impact environnemental
- Objectifs de la Loi Energie Suisse

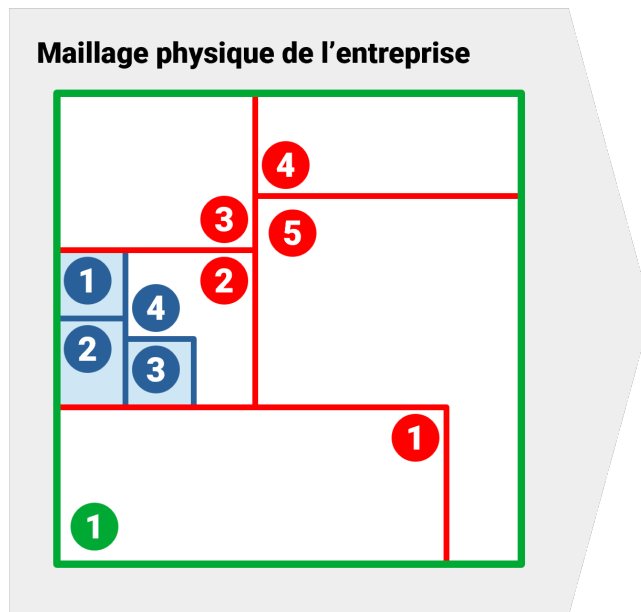
## Besoin de piloter l'énergie inéluctable :

- Compréhension de l'utilisation de l'énergie dans les entreprises en lien avec leur activité
- Nécessaire optimisation de l'utilisation de l'énergie

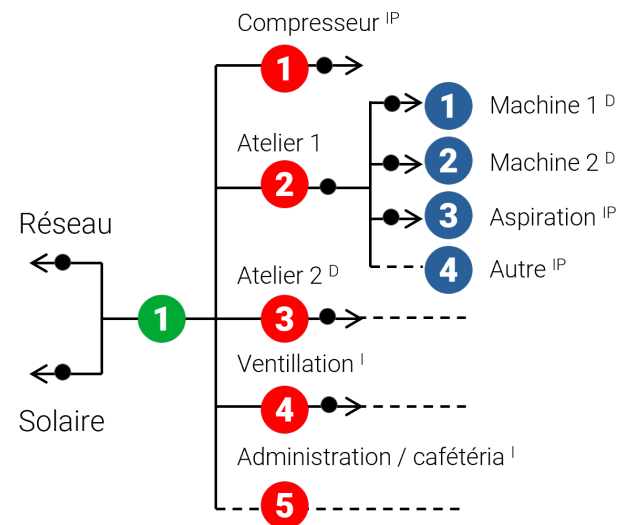
# La solution save&sustain :

- Développée par l'entreprise **Wise4Future**
- Nécessite un **maillage** de l'entreprise devant être défini préalablement
- Ajout nécessaire de **capteurs plug&play** permettant d'enregistrer la consommation des mailles

## Exemple de maillage illustratif d'un site industriel

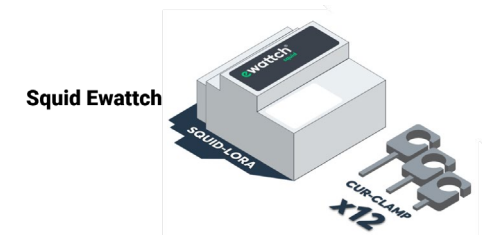


## Topologie du maillage de mesure \*



- Capteur
- Non détaillé

Destination	
XX <sup>D</sup>	Direct
XX <sup>IP</sup>	Indirect de production
XX <sup>I</sup>	Indirect



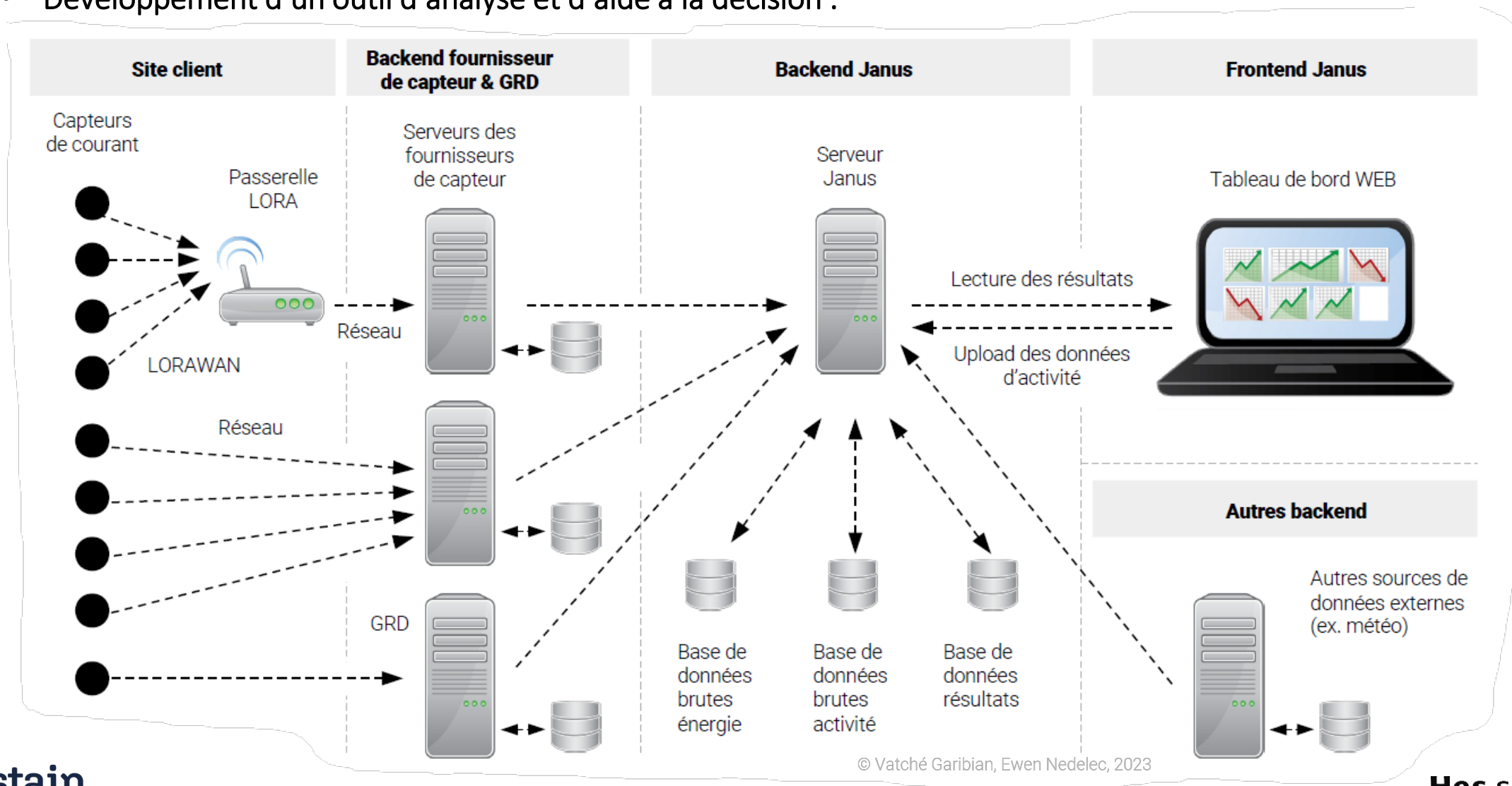
Exemple de capteurs utilisés

\* Une ou plusieurs redondances complémentaires peuvent être utiles à des fins de validation des données  
SOURCE : Équipe projet



# La solution save&sustain :

- Développement d'un outil d'analyse et d'aide à la décision :



# La solution save&sustain :

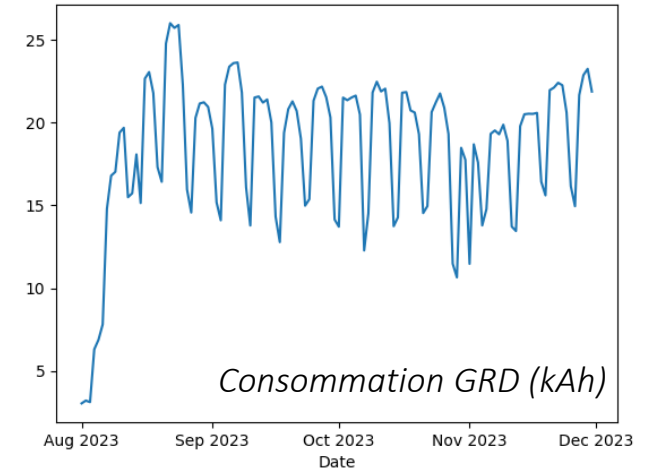
## La solution offre aux clients quatre principales fonctionnalités incrémentales et complémentaires

	Courbe de charge	Flux	Influences	Modélisation
<b>Éléments nécessaires</b>				
Courbe de charge GRD	●	●	●	●
Capteurs de sous-comptage	○	●	○	○
Historique d'activité	○	○	●	●
Planification d'activité	○	○	○	●
<b>Proposition de valeur</b>				
	«Je comprends l'évolution de la consommation énergétique de mon entreprise»	«Je sais où est utilisée l'énergie dans mon entreprise et je comprends les phénomènes temporels»	«Je comprends les paramètres influents de la consommation de mon entreprise»	«Je peux prédire la consommation de mon entreprise et anticiper son pilotage»

SOURCE : Équipe projet

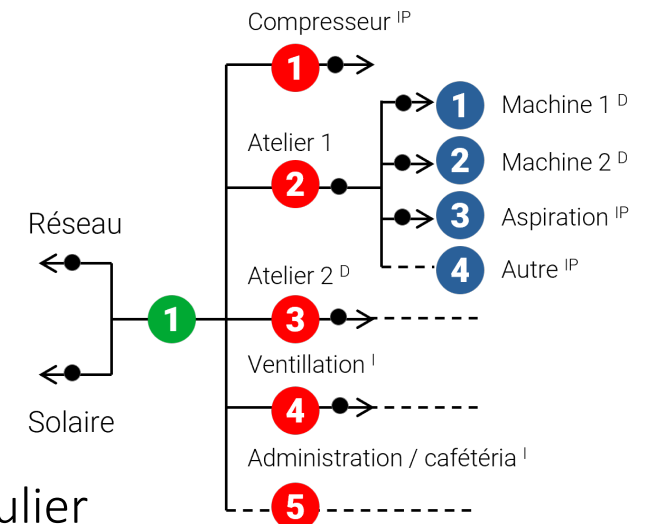
# Données à disposition et pré-traitement

Données	Unité	Pas de temps	Début des mesures
Conso GRD	kAh	15 min	Jan-21
Conso sous-comptage	kAh	15 min	Sept-23 et nov-23
Température extérieure moyenne	°C	Journalier	Jan-21
Données d'activités (mise en stocks 5 types de pièces)	-	Journalier	Jan-21



- Nécessaire **alignement des valeurs** des données au ¼ h
- Mise en place de **sanity checks** :
  - Identification et remplissage des valeurs manquantes
  - Identification et remplissage de valeurs aberrantes
- Développement d'un **algorithme récursif** permettant de calculer les consommations pour les mailles non mesurées

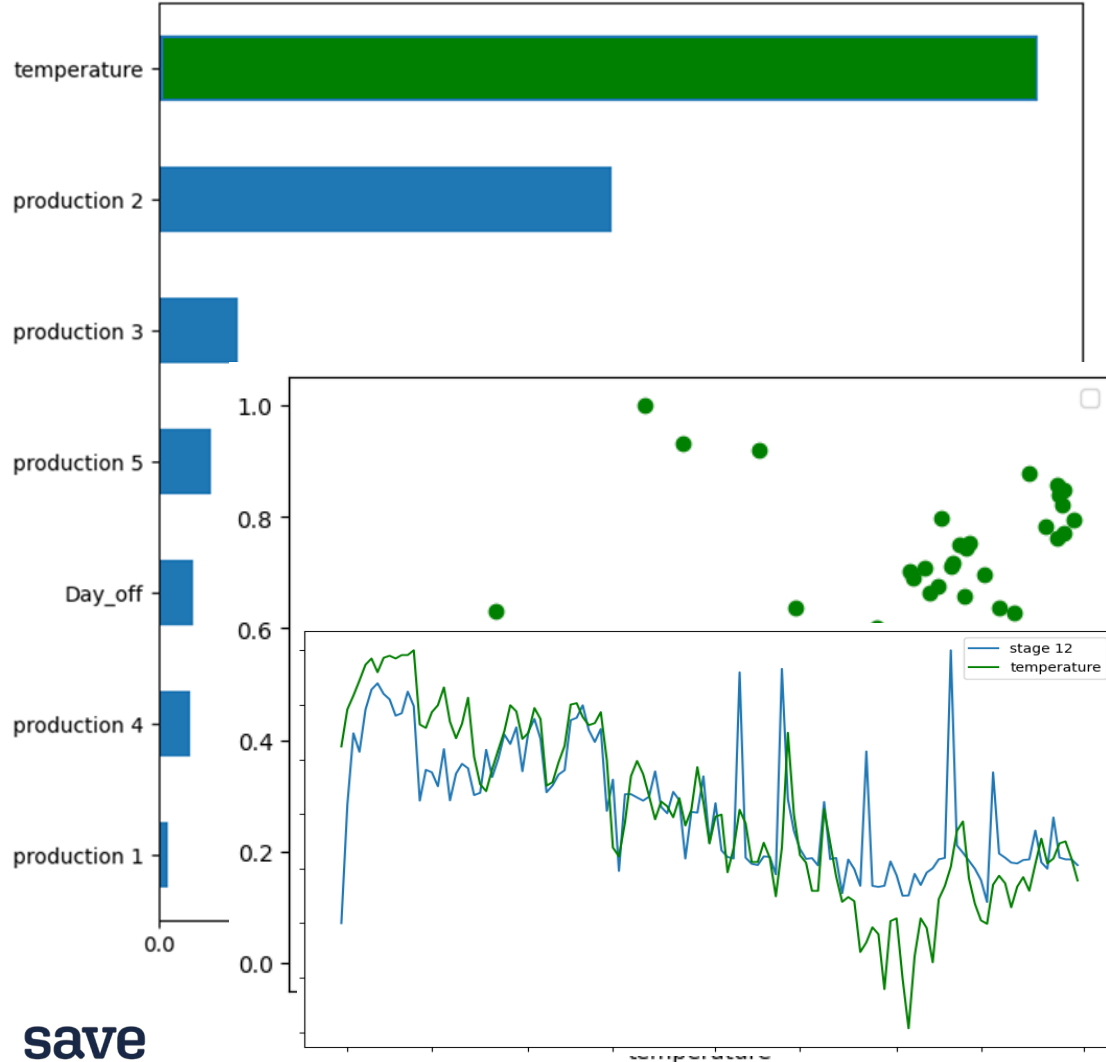
➔ Base de données de séries temporelles «clean» mise à jour à intervalle régulier



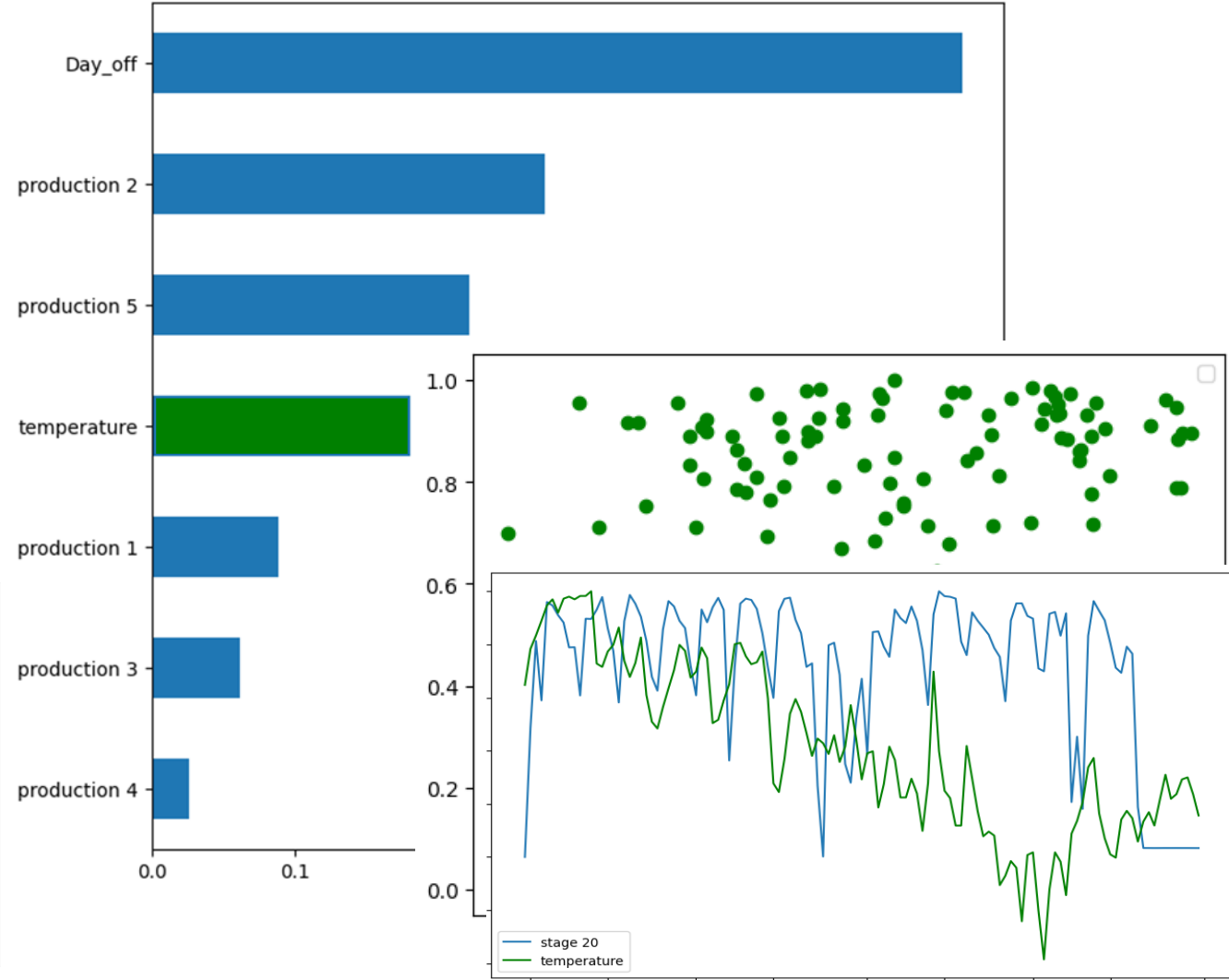
Exemple de maillage

# Influences - Corrélations

correlation with stage 12

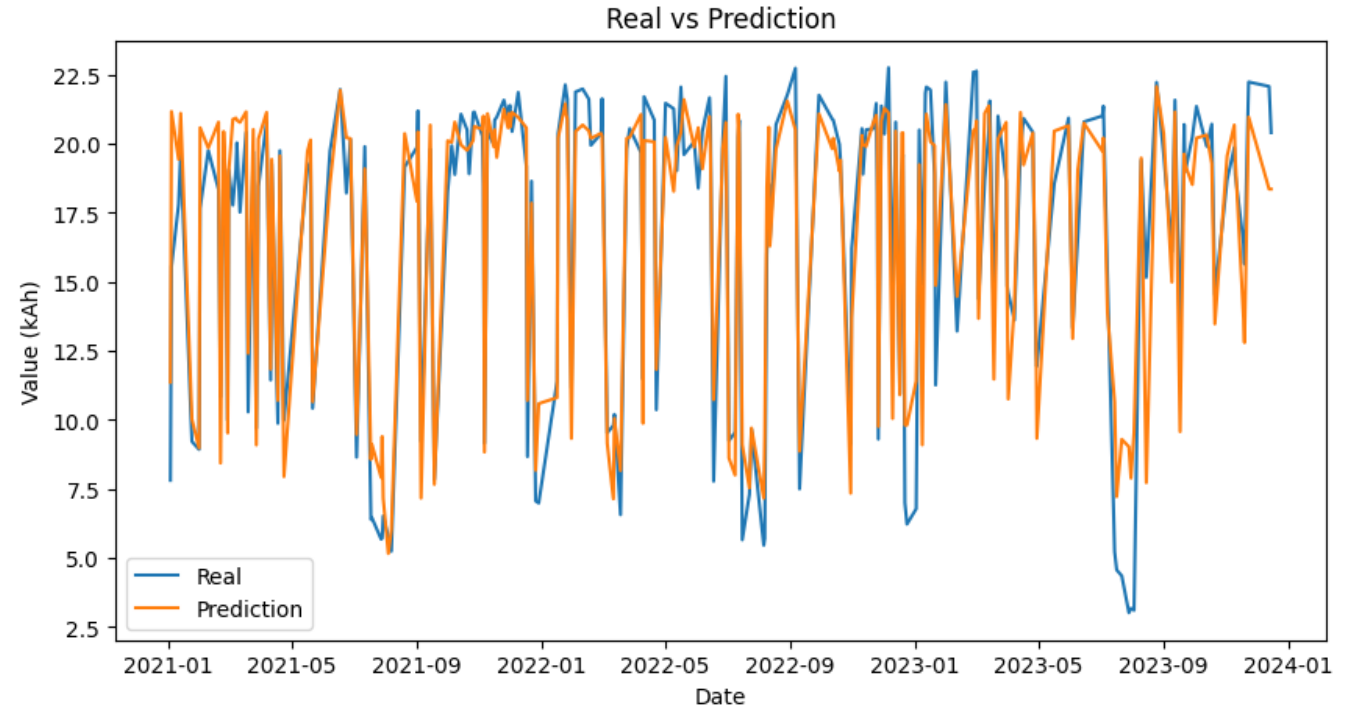
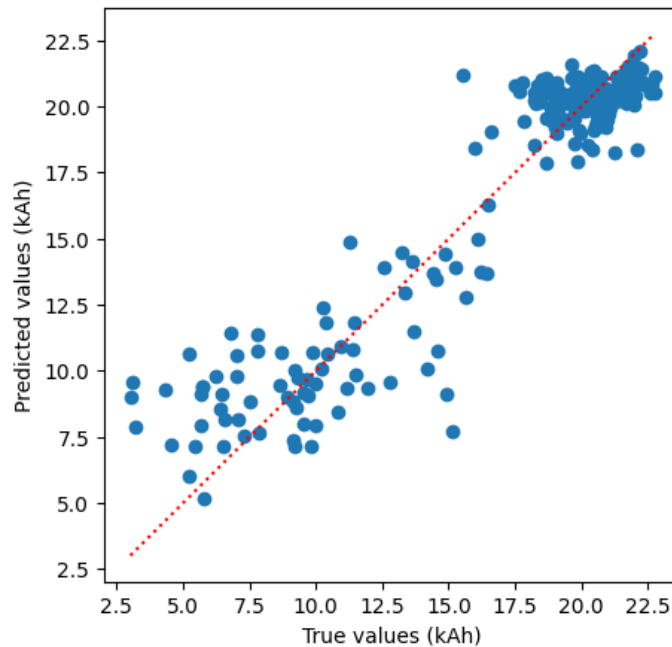


correlation with stage 20



# Influences – ML – feature importance

- Entraînement d'un **modèle de prédiction de la consommation journalière** de l'entreprise A à partir des données de production, de la température et des Day-off
- Modèle : **Random Forest**
- 3 années de données (2021-2023)
- Train/Test (80 % / 20 %)

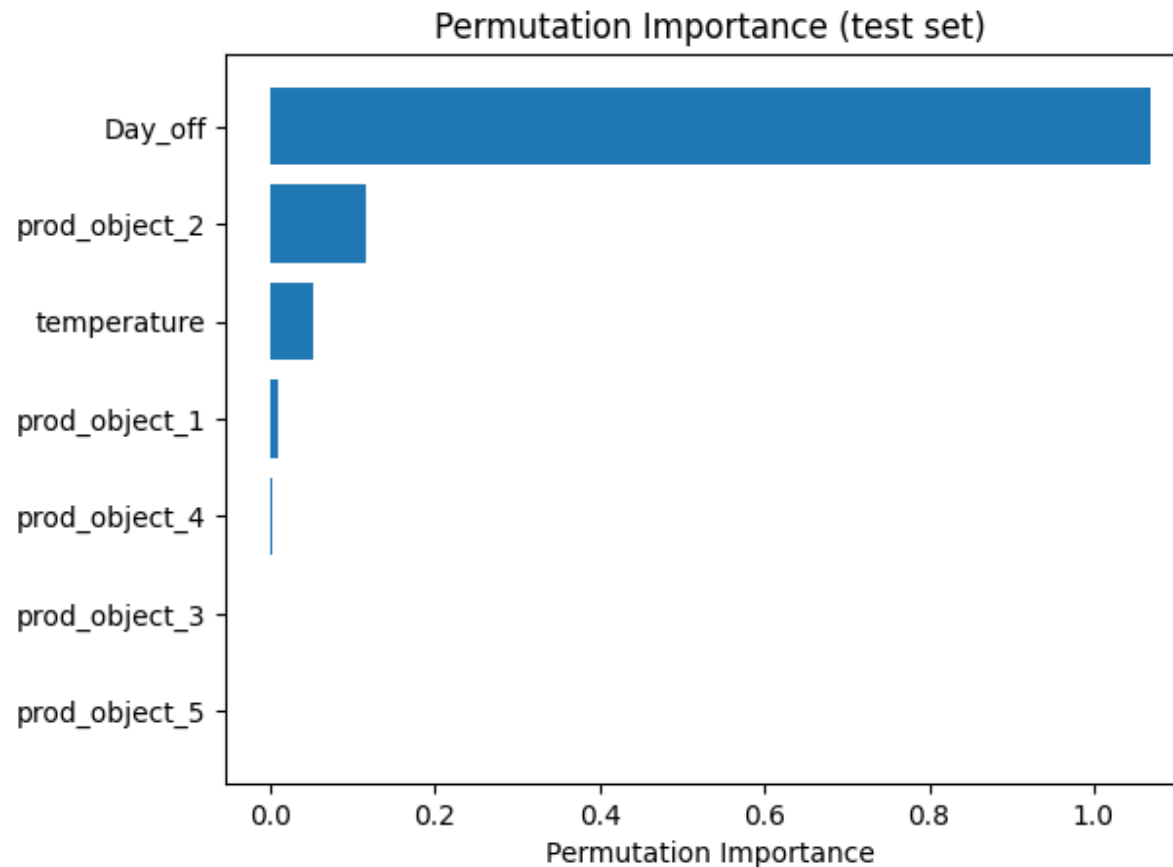


- **MAE:**
  - Train/Test : 0.75 / 1.44 kAh
- **MAPE :**
  - Train/Test : 0.07 / 0.13



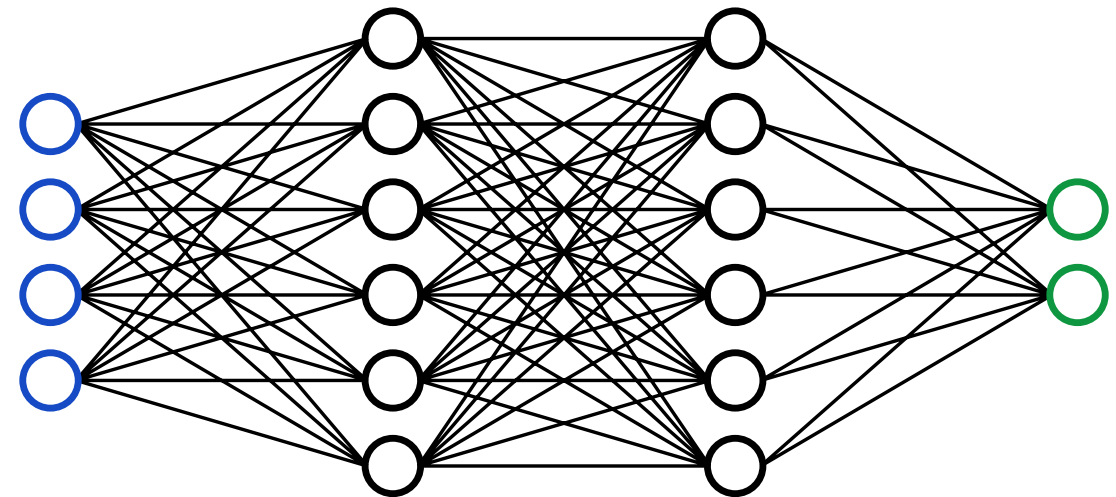
# Influences – ML – feature importance

- Extraction de la «feature importance (permutation importance)» permettant de hiérarchiser l'importance des différents paramètres utilisés dans le modèle:



## Prochaines étapes :

- Prédiction (Random Forest) de la consommation en fonction des différents paramètres (données d'activités, température, calendrier day-off) aux différentes mailles de l'entreprise (moins de données) et extraction des «features importance»
- Prédiction de la consommation à l'échelle de l'entreprise à l'aide d'un réseau de neurones simple
- Explication des prédictions avec l'outil **LIME**



*Exemple de réseau de neurones*

- Projet HES-SO à démarrer en avril 2024
- Objectifs :
  - Analyse et compréhension de la consommation et de l'autoproduction :
    - IA pour analyse et prédiction de la consommation et autoproduction d'énergies en fonction des différents paramètres disponibles (données de production, météo, ...)
    - Détection d'anomalies contextuelles
    - Travail sur davantage de use-cases (entreprises)
  - Identification des gains potentiels :
    - IA pour identifier et quantifier les potentiels de gains en analysant les courbes de charge.
    - **Objectif** : optimiser rapidement l'activité de l'entreprise pour réduire son empreinte environnementale et augmenter sa compétitivité.



Merci pour votre attention !