

# Journée technique « Stockage Thermique » du CIBE

PLOUZANE / BREST (29)

10 JUIN 2026

- ▶ **Rappels**
- ▶ **Intérêt de l'hydro-accumulation**
- ▶ **Principales technologies**
- ▶ **Bonnes pratiques**
- ▶ **Schémas hydrauliques**
- ▶ **Dimensionnement**
- ▶ **REX fonctionnement**

## Rappels sur l'hydro-accumulation

- ▶ Stockage d'eau (exploitation de la chaleur sensible)
- ▶ Stockage d'énergie dédié à la chaudière biomasse

## Intérêt de l'hydro-accumulation

### ▶ Avantages :

- ▶ Stockage eau chaude / réserve d'énergie
- ▶ Lisser l'appel de puissance
- ▶ Réduire les variations de charge de la chaudière biomasse / amélioration du rendement
- ▶ Améliorer la mixité EnR

### ▶ Inconvénients :

- ▶ Encombrement
- ▶ Masse / descente de charge
- ▶ Coût d'investissement
- ▶ Augmentation du volume en eau
- ▶ Impact nul ou limité si montage / gestion inadéquate
- ▶ Volume d'eau déjà important sur chaudière et / ou réseau de chaleur

## Principales technologies

### ▶ **Ballon tampon :**

- ▶ Élément préfabriqué en chaudronnerie
- ▶ Volume fermé, sous-pression
- ▶ Encombrement limité / gabarit routier (diamètre max  $\approx 3,5$  m)
- ▶ Pression service limitée (PN6, PN10,..) selon construction (coût)
- ▶ Capacité (volume) unitaire limitée (plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>)
- ▶ Technologie développée pour des eaux industrielles
- ▶ Implantation intérieure ou extérieure

### ▶ **Buffer ou Open-buffer :**

- ▶ Montage assemblage sur site
- ▶ Volume ouvert, faible pression admissible
- ▶ Peut nécessiter une séparation hydraulique (échangeur)
- ▶ Capacité (volume) importante (plusieurs milliers de m<sup>3</sup>)
- ▶ Encombrement important (hauteur limité)
- ▶ Technologie développée pour les serres
- ▶ Implantation extérieure



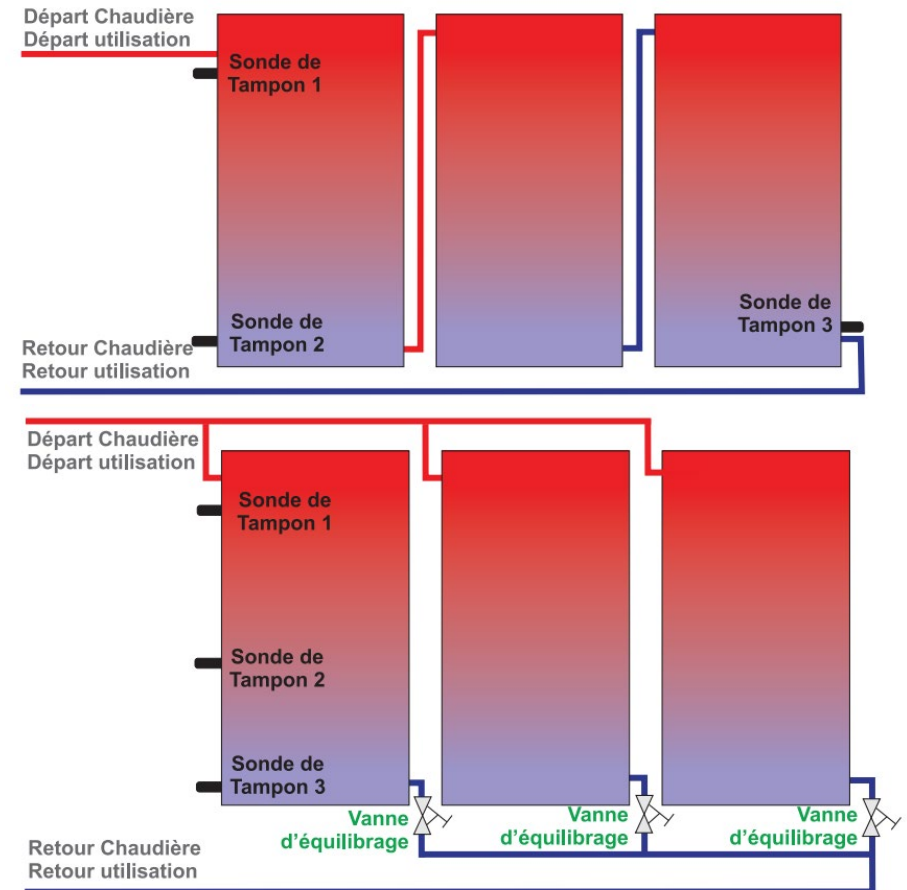
Vic-en-Bigorre (Photo Best Energies)



Jarry Production (Guide CIBE)

## Bonnes pratiques

- ▶ **Températures / Capacité thermique stockage est directement proportionnel au :**
  - ▶ Volume stocké
  - ▶ Différentiel de température
- ▶ **Raccordement hydraulique**
  - ▶ Raccordement en parallèle de la chaudière biomasse préconisé
  - ▶ Raccordement série déconseillé  
(pratique utilisé sur des générateurs thermodynamiques)
- ▶ **Rapport hauteur / diamètre**
  - ▶ Rapport hauteur / diamètre important favorise la stratification
  - ▶ Rapport hauteur / diamètre trop important augmente la vitesse d'écoulement
- ▶ **Dispositif brise jet ou diffuseur**
  - ▶ Limite la vitesse de circulation
  - ▶ Réduit les turbulences
- ▶ **Profondeur des doigts de gant pour sondes de températures**
- ▶ **Ballons multiples**
  - ▶ Montage en série augmente la hauteur de stratification
  - ▶ Montage en parallèle réduit la vitesse de circulation



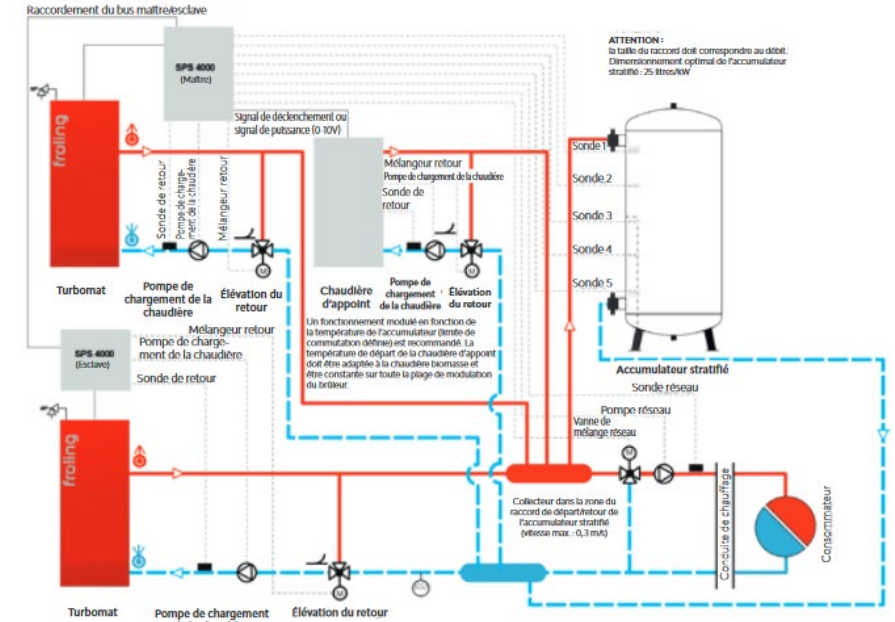
Source : Hargassner

## Réflexions préalables

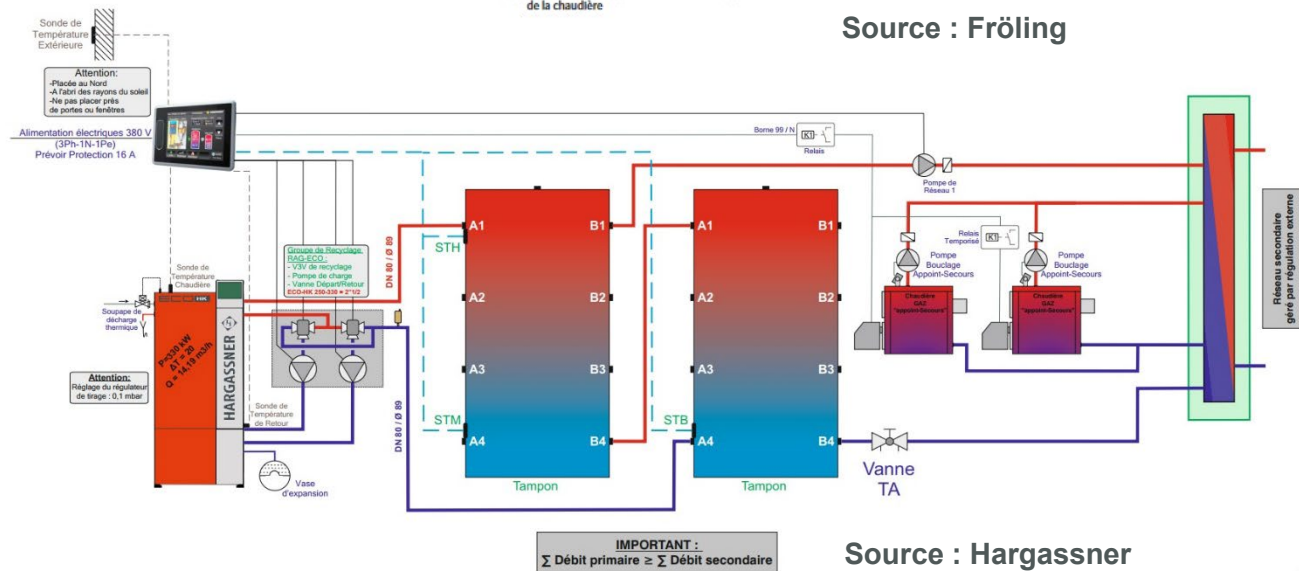
- ▶ Installation mono ou bi-énergie ?
- ▶ Technologie chaudière biomasse (plage de variation)
- ▶ Nombre de chaudières biomasse
- ▶ Dimensionnement biomasse (rapport  $P_{\text{biomasse}}$  vs  $P_{\text{nominale}}$ )
- ▶ Profil de consommation
  - ▶ Stable ou variable
  - ▶ Process ou climatique
- ▶ Objectifs
  - ▶ Optimisation couverture
  - ▶ Réduction des arrêts / veilles

## Requis / Exigences

- ▶ Préconisations constructeur (garantie)
  - ▶ Volume
  - ▶ Montage hydraulique (gamme petite puissance)
- ▶ Adéquation avec le projet



Source : Fröling



Source : Hargassner

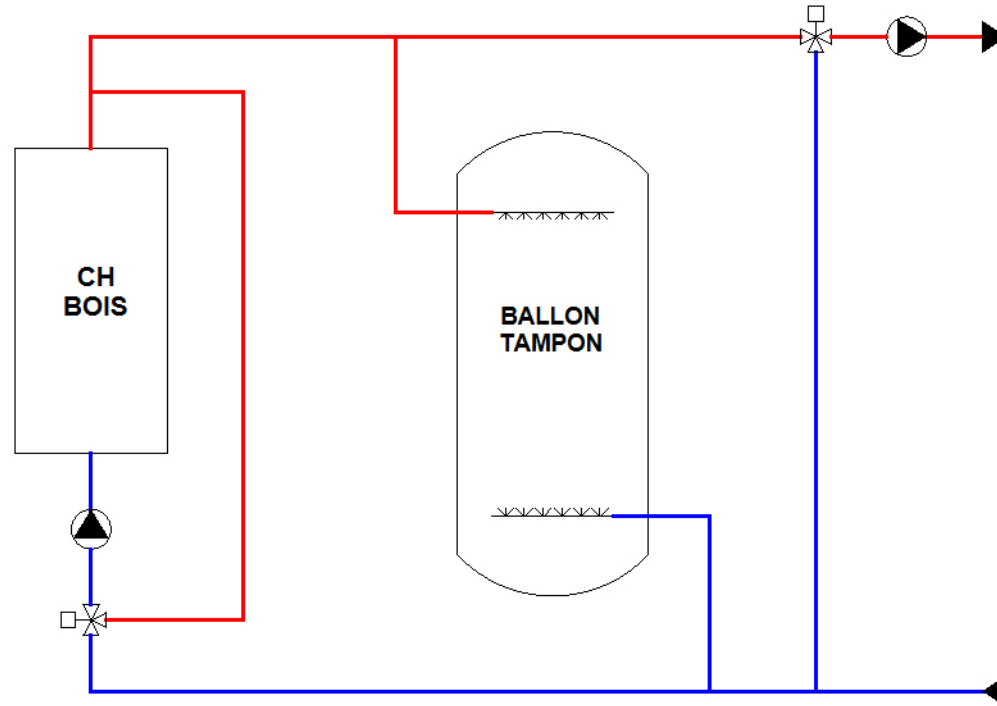
## Enjeux d'un bon fonctionnement

- ▶ Assurer la bonne température de distribution
- ▶ Limiter le recours à l'appoint

## Proposition schéma simple suite REX projets

### Côté production

- Température départ élevé
- $\Delta T$  Faible
- Débit important
- Débit fixe



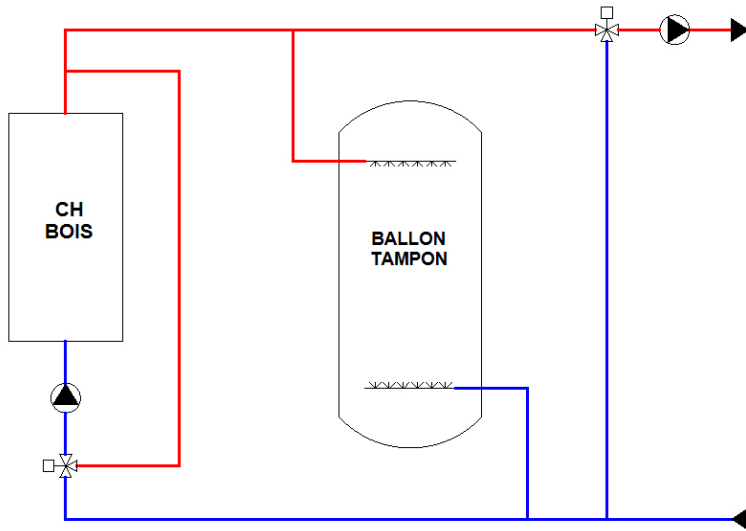
### Côté distribution

- Température départ basse
- $\Delta T$  Important
- Débit faible
- Débit variable

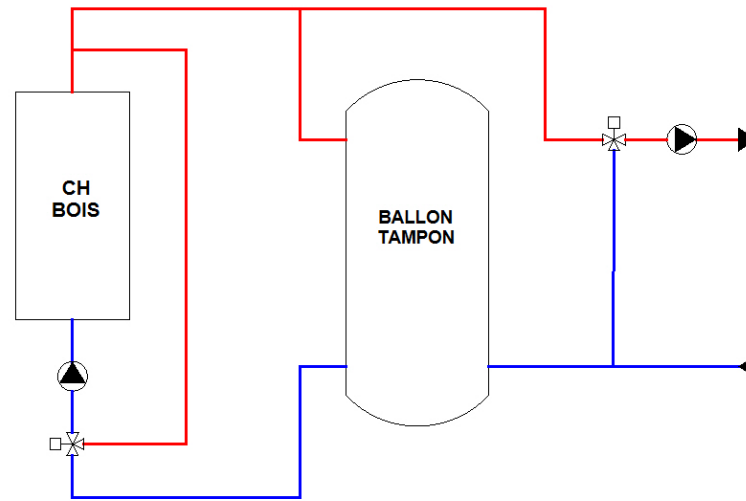
*Ballon assure le découplage, charge & décharge en fonction de la variation de la distribution*

## Variantes du schéma simple

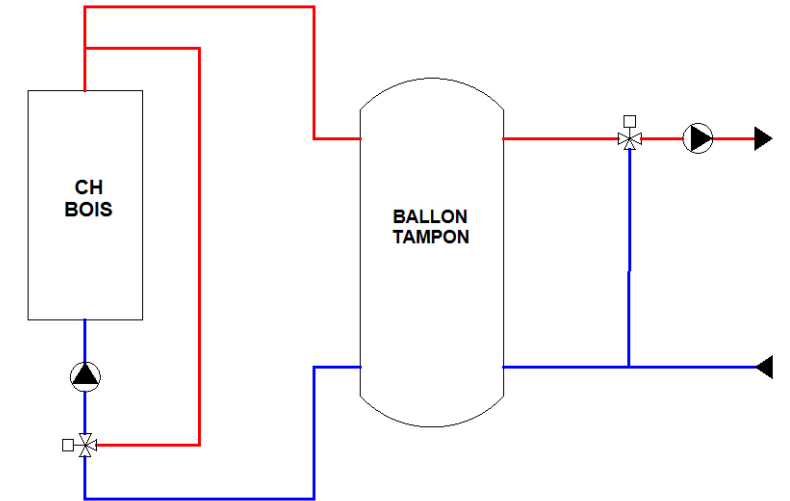
MONTAGE BALLON PARALLELE - 2 PIQUAGES



MONTAGE BALLON PARALLELE - 3 PIQUAGES



MONTAGE BALLON PARALLELE - 4 PIQUAGES



- ▶ Débit minimum dans le ballon 😊
- ▶ Meilleure stratification 😊
- ▶ Température chaude vers réseau 😊
- ▶ Température froide vers chaudière ☹️

- ▶ Température plus chaude vers chaudière 😊
- ▶ Température chaude vers réseau 😊
- ▶ Brassage dans le ballon ☹️
- ▶ Dégradation de la stratification ☹️

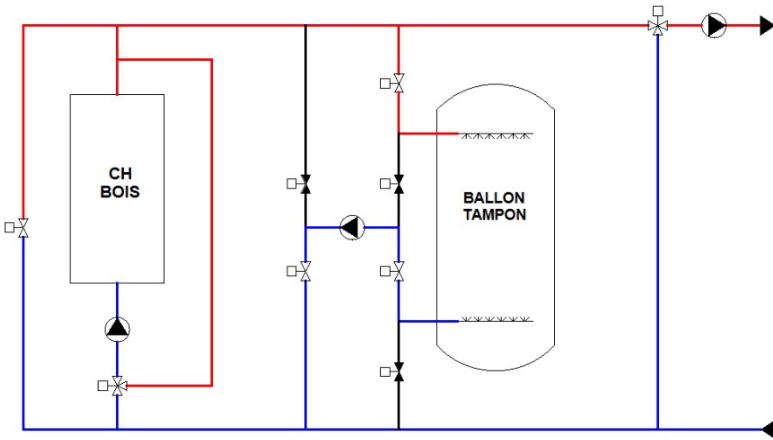
- ▶ Température plus chaude vers chaudière 😊
- ▶ Température froide vers réseau ☹️
- ▶ Ballon en mélange ☹️
- ▶ Absence de stratification ☹️

**Néanmoins ces schémas ne permettant pas de maîtriser le débit et l'état (charge/décharge) du stockage**

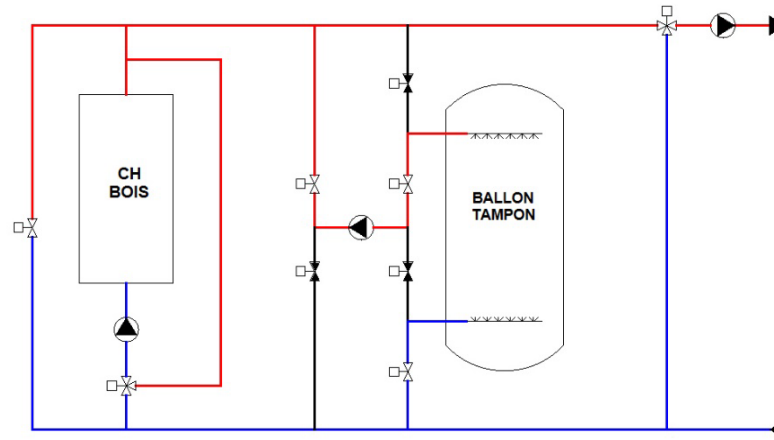
## Schéma avec charge et décharge maîtrisée

- Pour des installations plus complexes, possibilité de maîtriser la charge et décharge du stockage tampon
- Intérêt essentiellement pour des stockages avec déphasage important dans le temps
- Nécessite une régulation ad-hoc et une analyse en continu de la charge chaudière(s) et du besoin réseau

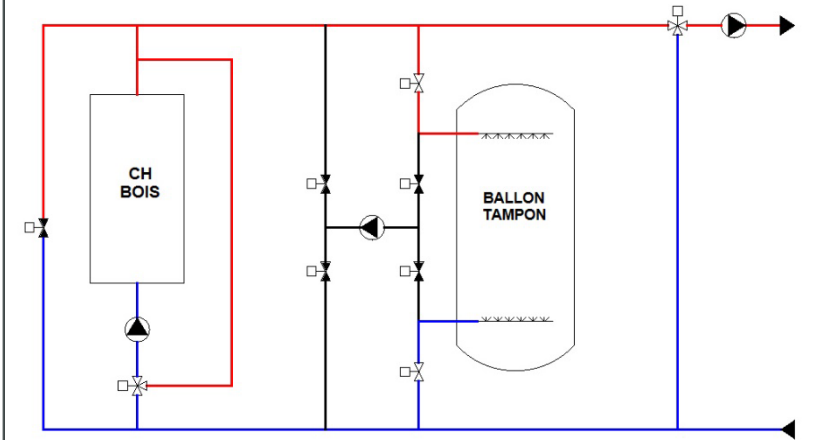
MONTAGE BALLON AVEC POMPE - CHARGE BALLON



MONTAGE BALLON AVEC POMPE - DECHARGE BALLON



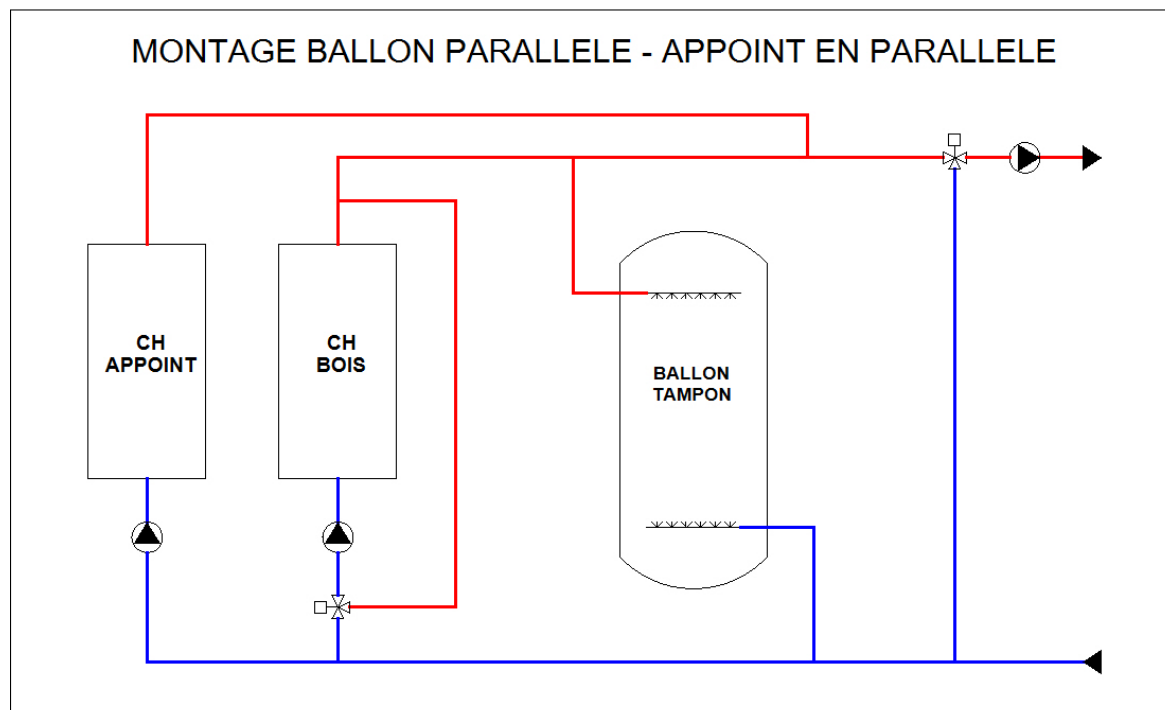
MONTAGE BALLON AVEC POMPE - MODE DECOUPLAGE



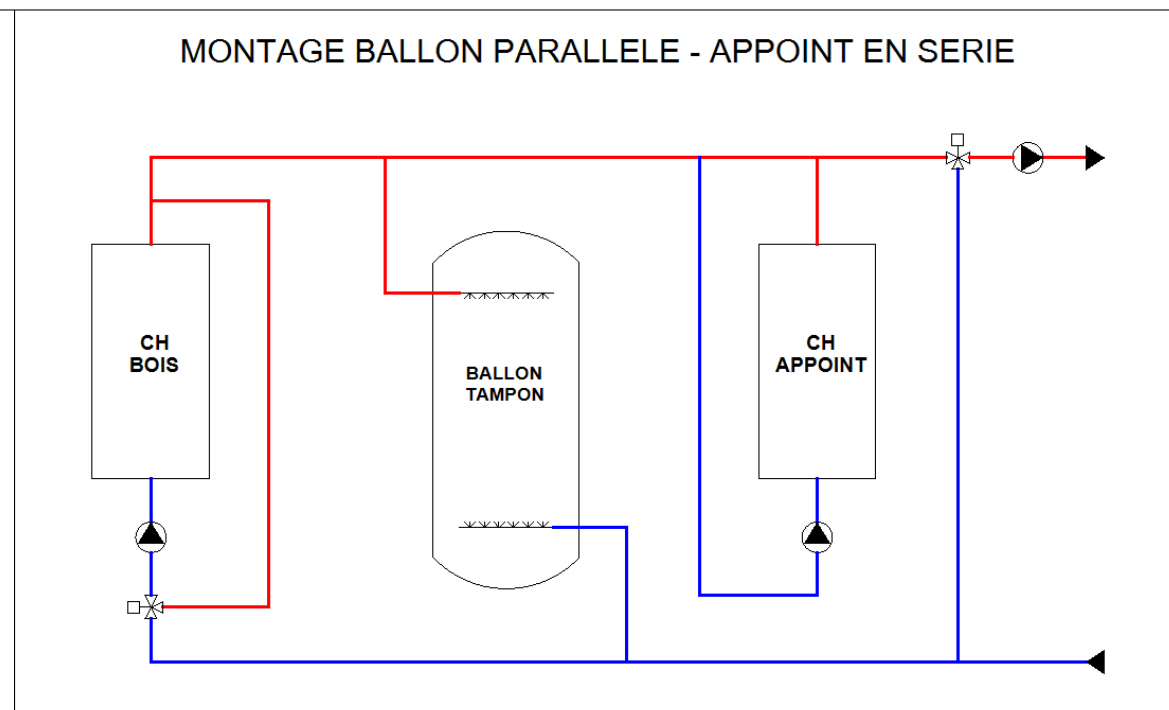
Opportunité d'optimisation pour des installations de moyenne ou grande puissance

## Schéma avec intégration de l'appoint

- Intégration appoint en série ou parallèle
- Chaudière prioritaire alimenté en premier sur le retour



→ Amélioration du rendement de l'appoint



→ Amélioration de la régulation cascade / mixite

## Différentes méthodes de dimensionnement statiques

### ► Méthode empirique

- Volume fonction de la puissance installée
- Ratio allant de 10 à 30 L/kW selon donnée

### ► Utilisation du guide RAGE

- Guide - Les chaufferies bois - Décembre 2015 :

**45 à 55 litres/kW x facteur de modulation**

- Guide - Conception et dimensionnement des volumes tampons - Février 2013 :

$$\frac{3,6 \times Q_{\text{EnergieBois}} \times 1000}{\rho \times C_p \times \text{DifférenceTempérature}}$$

Avec :

- $Q_{\text{EnergieBois}}$  : l'énergie dégagée durant la combustion d'une charge de bois pour les chaudières manuelles ou d'un cycle pour les chaudières automatiques, en kWh.
- $\text{DifférenceTempérature}$  : la différence de température entre les points haut et bas du volume tampon, en Kelvin.
- $C_p$  : la capacité thermique massique du fluide caloporteur de l'installation (égale à 4,185 pour de l'eau non glycolée), en kJ/(kg.K).
- $\rho$  : la masse volumique du fluide caloporteur de l'installation de chauffage (égale à 1000 pour de l'eau pure non glycolée), en kg/m<sup>3</sup>.

## Différentes méthodes de dimensionnement statiques

### ► Suivant norme EN 303.5

$$V_{sp} = 15 \times T_b \times Q_N \times (1 - 0,3 \times Q_H/Q_{mini})$$

*V<sub>sp</sub> = volume du ballon d'accumulation en litres*

*T<sub>b</sub> = Autonomie de la chaudière à la puissance nominale en heures*

*Q<sub>N</sub> = Puissance nominale en kW de la chaudière*

*Q<sub>H</sub> = Besoins thermique en kW*

*Q<sub>mini</sub> = Puissance utile minimale en kW de la chaudière (régime réduit)*

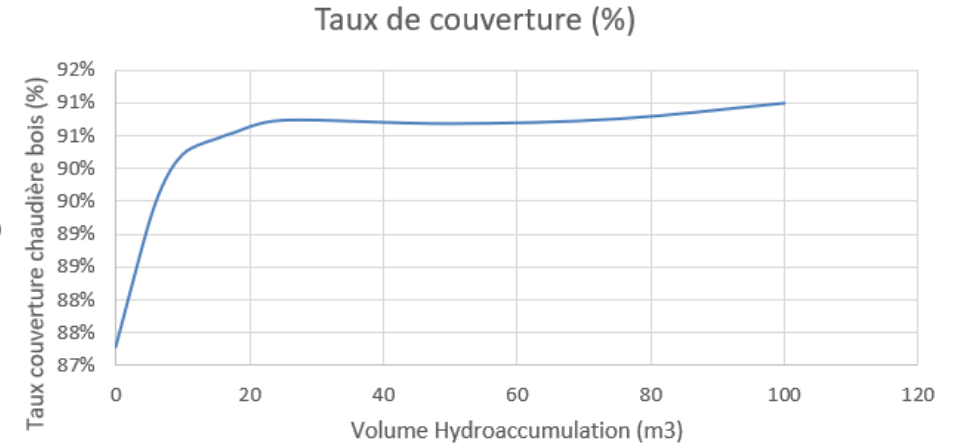
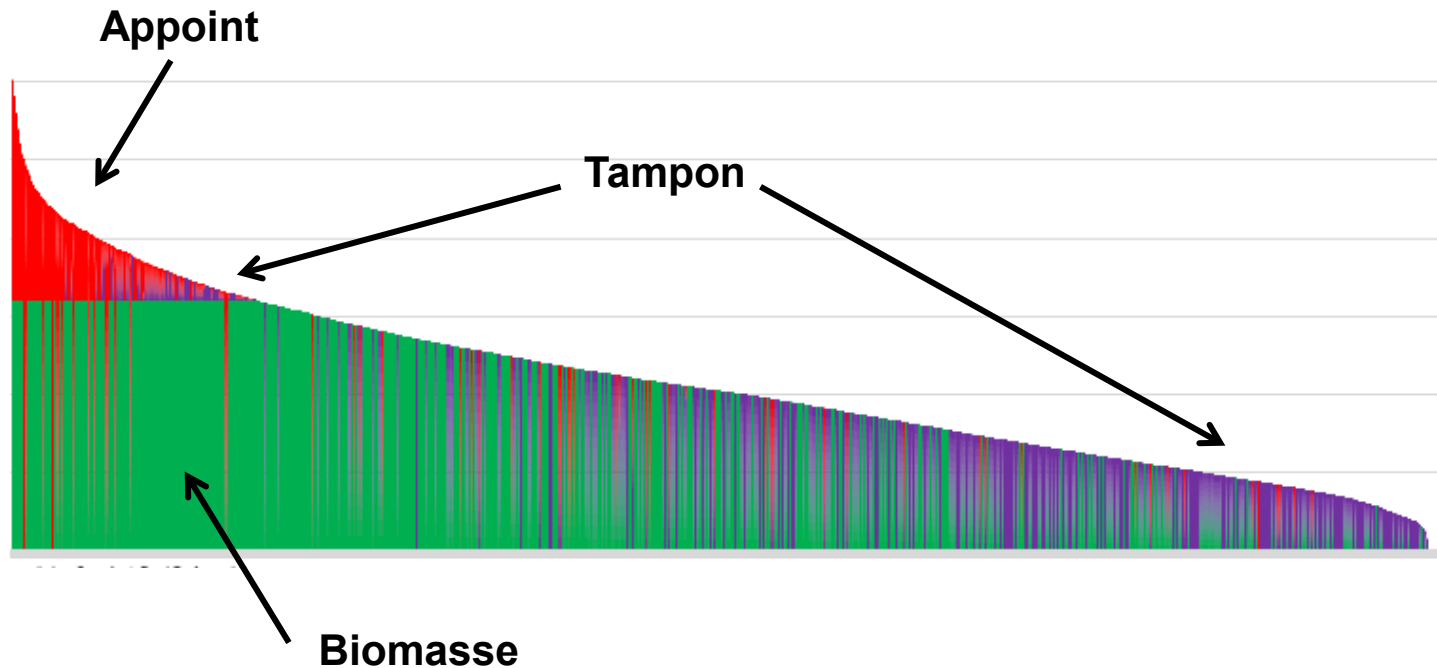
### ► Méthode statique

- Ces différentes méthodes ont pour objectif de définir le volume de stockage nécessaire afin d'absorber l'énergie résiduelle du foyer en cas d'absence de demande sur le réseau
- L'optimisation de la mixité EnR nécessite d'intégrer une analyse des besoins du réseau avec une analyse dynamique

## Méthode dynamique / Optimisation du taux EnR

### ► Méthode

- Définition d'une capacité thermique intégrée à l'installation (Volume /  $\Delta T$ )
- Analyse de la variation d'appel de puissance sur le réseau
- Analyse de la capacité de la chaudière biomasse (cas de marche)
- (Dé)Charge selon cas de marche



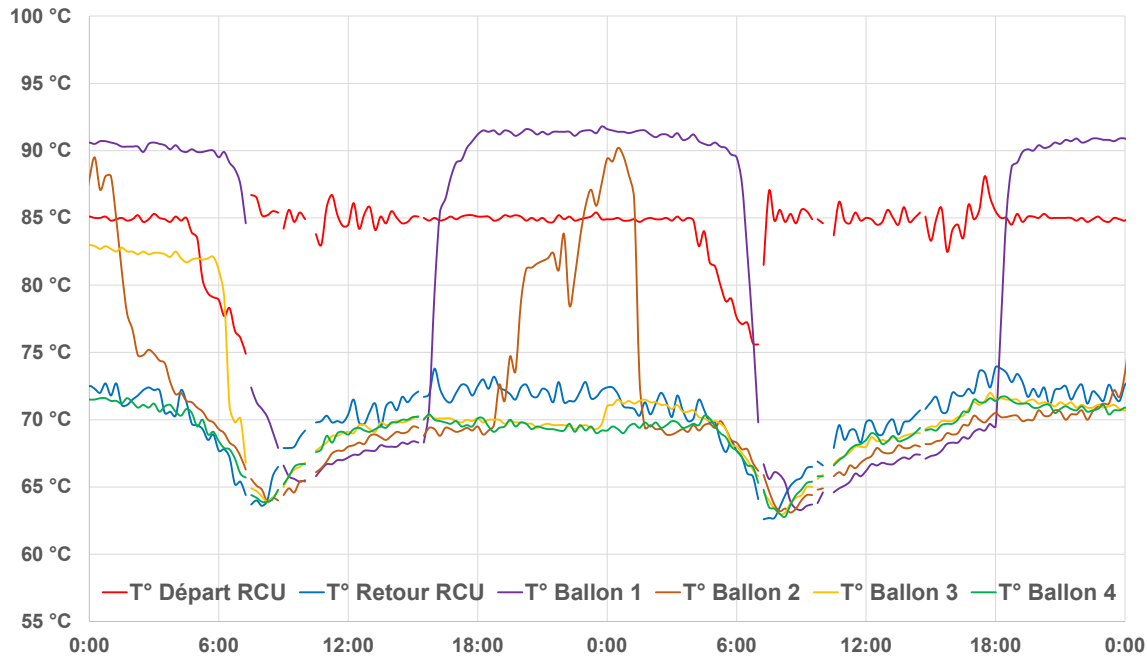
### ► REX

- Impact important sur la mixité des premiers volumes
- Surdimensionnement inutile, impact mixité nulle
- Résultat généralement inférieur aux méthodes empiriques / statiques
- Impact variable selon profil du réseau (usages intermittents ou stables)
- Réduit mais n'élimine pas totalement la contrainte du minimum technique

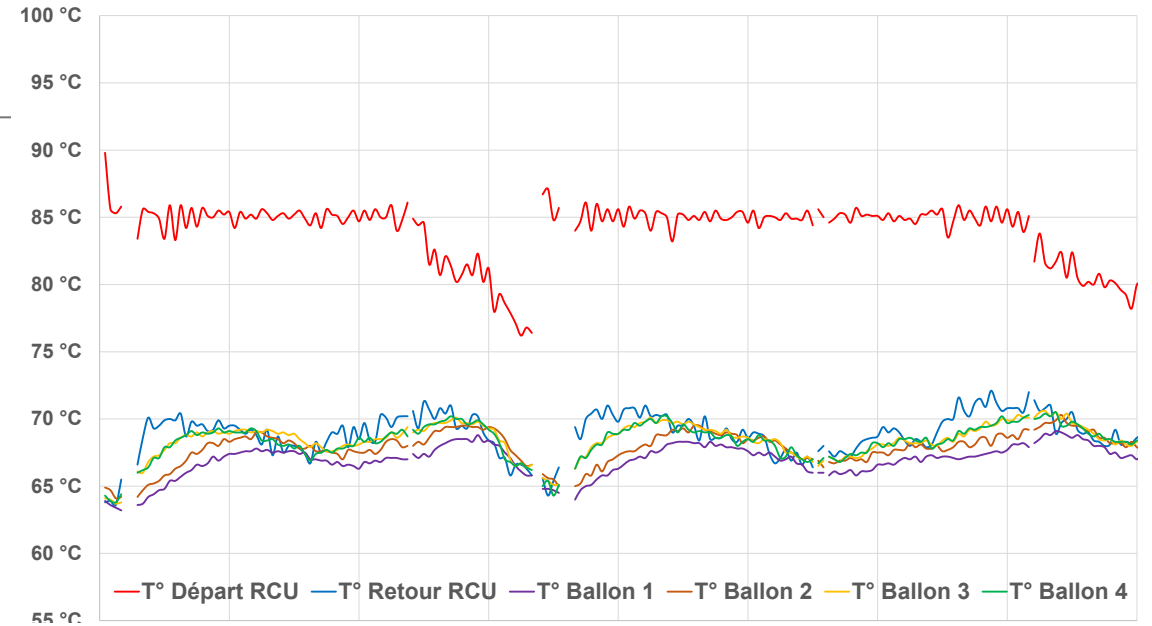
## Fonctionnement d'une installation existante

- Schéma - Chaudière & Ballon en parallèle
- Sans pilotage charge / décharge - découplage
- Appoint en série
- Dimensionnement 25 L/kW
- Fonctionnement climatique (chauffage & ECS)

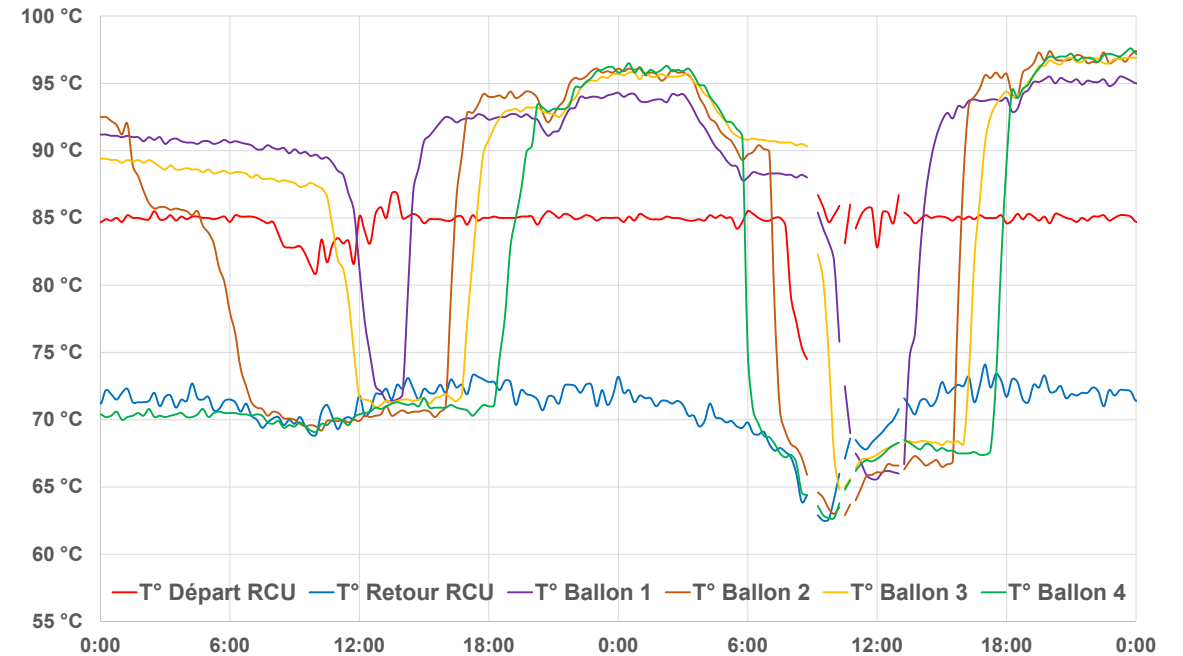
Profil de température Réseau & Ballon - Charge Partielle



Profil de température Réseau & Ballon - Charge Nulle



Profil de température Réseau & Ballon - Charge Complète





Réussissons **la transition énergétique**



02 97 22 03 30



[contact@exoceth.fr](mailto:contact@exoceth.fr)



[Best Energies](#)



Découvrez notre site internet