

JOURNÉE TECHNIQUE « STOCKAGE THERMIQUE » DU CIBE

LIMEIL-BREVANNES

20 NOVEMBRE 2024

Rappels

Intérêt de l'hydro-accumulation

Principales technologies

Bonnes pratiques

Schémas hydrauliques

Dimensionnement



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 inadéquat
- ▶ 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 par transport routier (diamètre maximum $\approx 3,5$ m)
- ▶ Pression service limitée (PN6, PN10,..) selon construction (impact coût)
- ▶ Capacité (volume) unitaire limitée (plusieurs dizaines de m^3)
- ▶ Technologie développée pour des eaux industrielles
- ▶ Implantation intérieur 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^3)
- ▶ 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 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

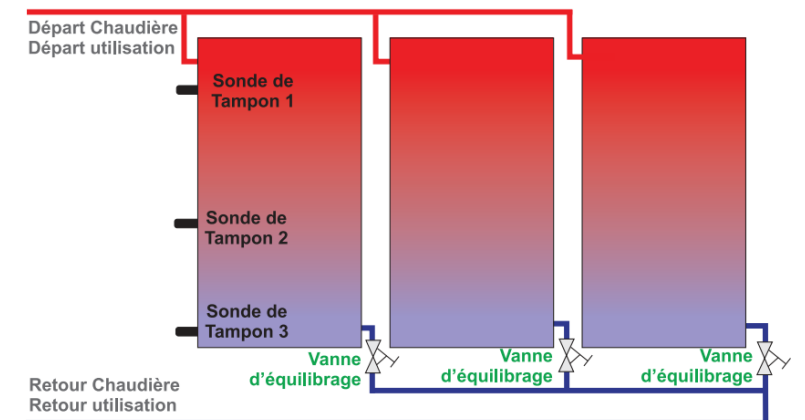
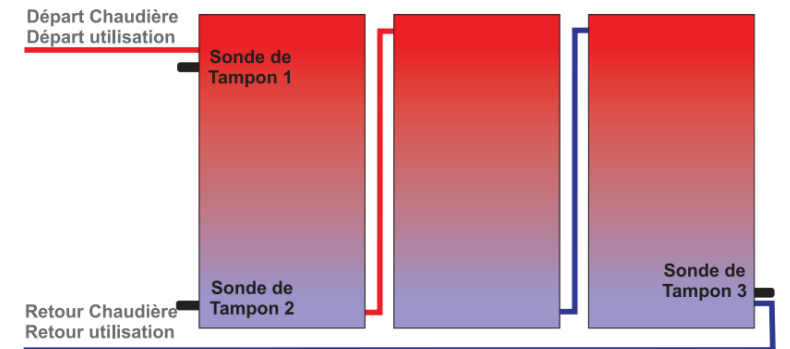
► Dispositif brise jet ou diffuseur

- 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

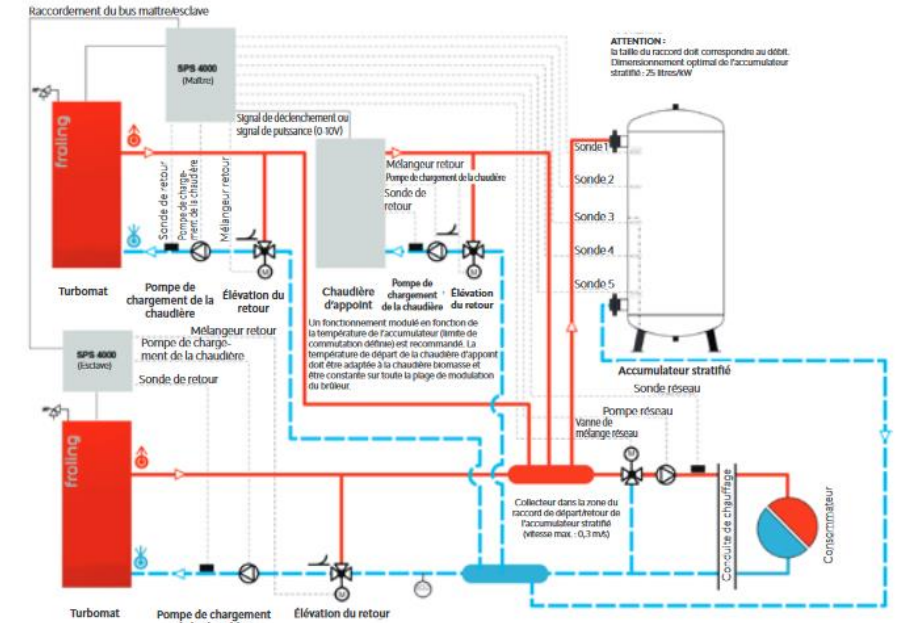


Réflexions préalables

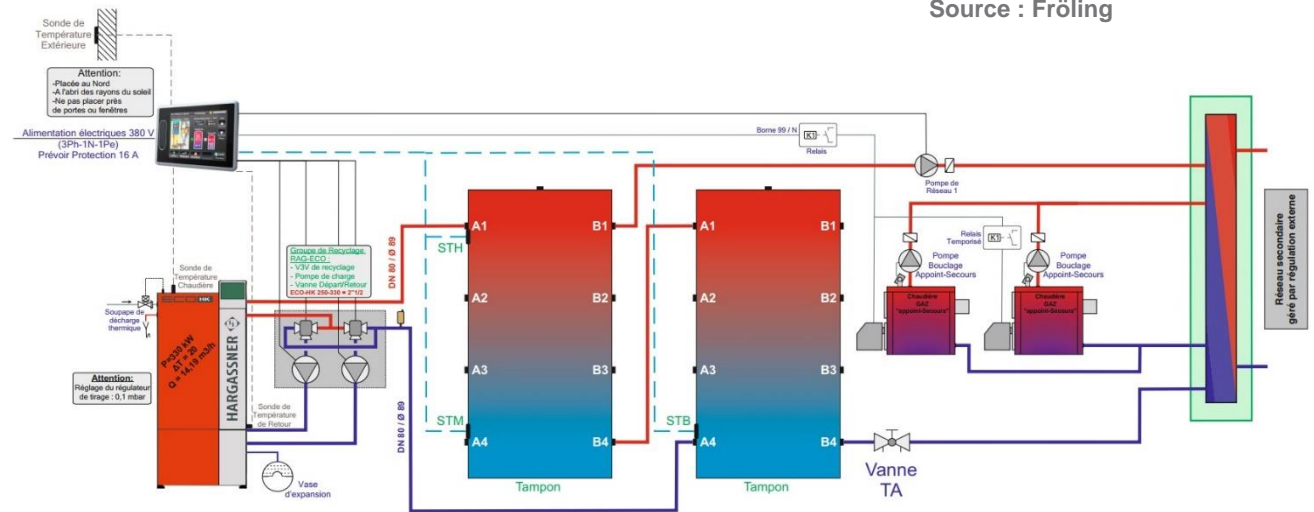
- ▶ Installation mono ou bi-énergie ?
- ▶ Technologie chaudière biomasse (plage de variation)
- ▶ Nombre de chaudières biomasse
- ▶ Dimensionnement biomasse (rapport $P_{biomasse}$ vs $P_{nominale}$)
- ▶ Profil de consommation
 - ▶ Stable ou variable
 - ▶ Process ou climatique
- ▶ Objectifs
 - ▶ Optimisation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

Requis / Exigences

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



Source : Fröling



IMPORTANT :
 Σ Débit primaire \geq Σ Débit secondaire

Source : Hargassner

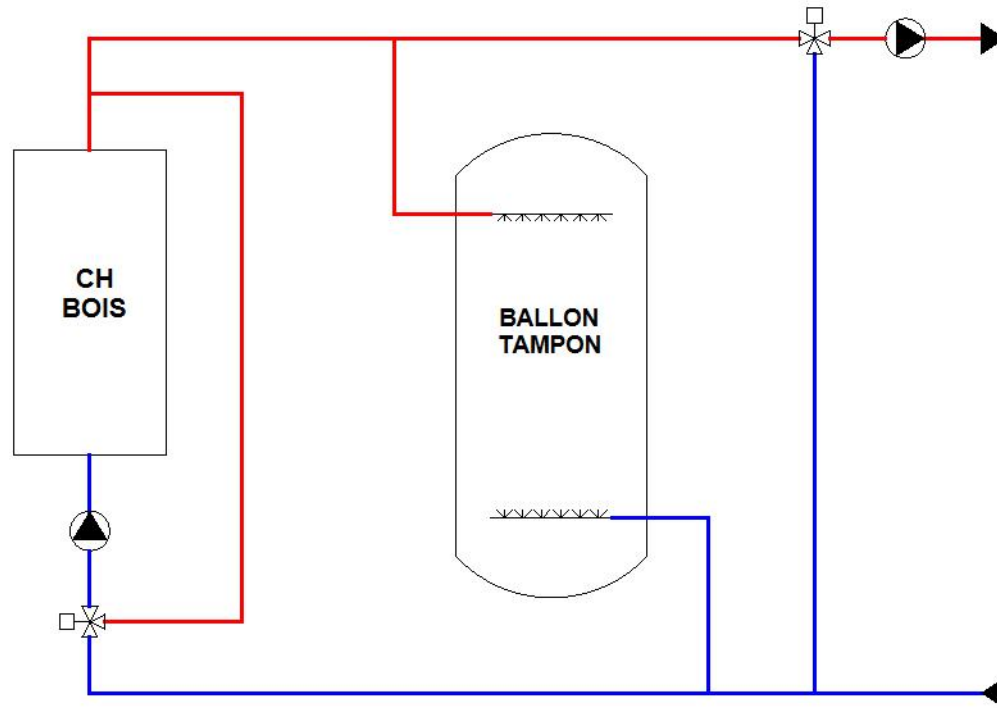
Enjeux d'un bon fonctionnement

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

Proposition schéma simple suite REX projets

Côté production

- Température départ élevé
- ΔT Faible
- Débit important
- Débit fixe



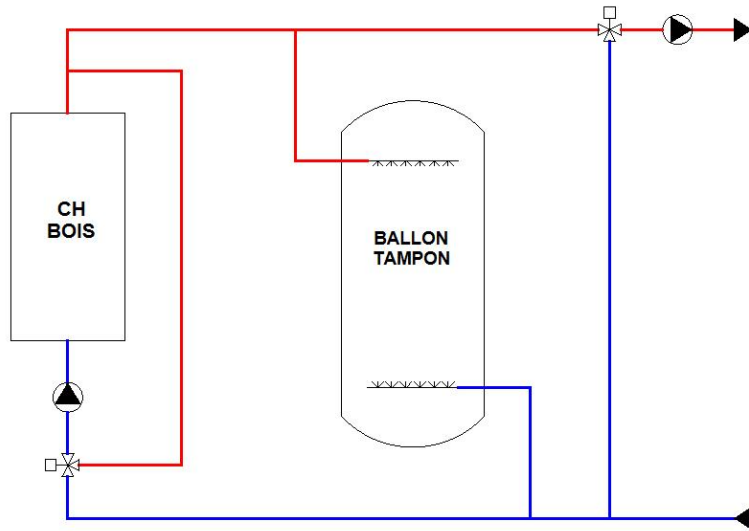
Côté distribution

- Température départ basse
- ΔT Important
- Débit faible
- Débit variable

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

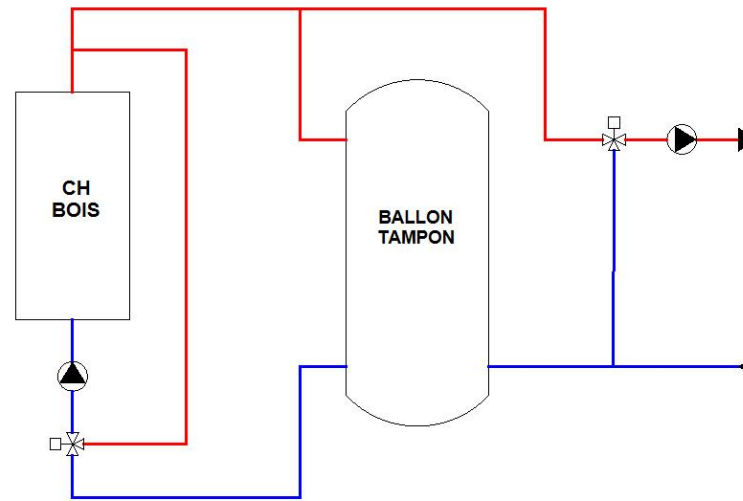
Variantes du schéma simple

MONTAGE BALLON PARALLELE - 2 PIQUAGES



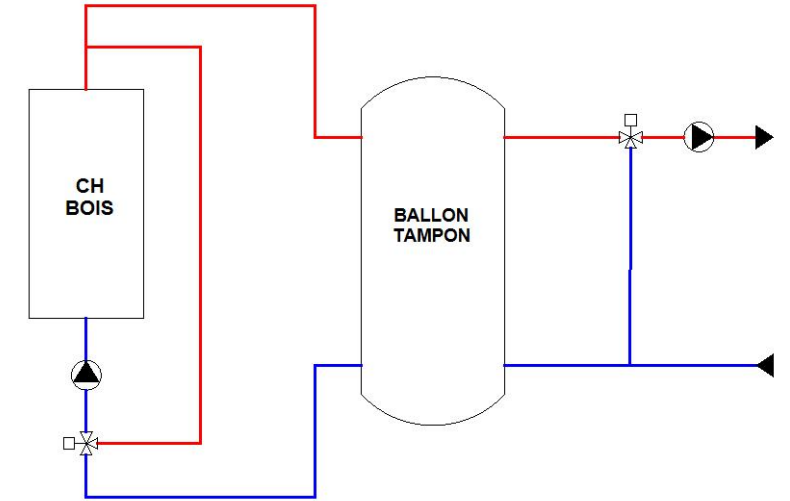
- ▶ Débit minimum dans le ballon 😊
- ▶ Meilleure stratification 😊
- ▶ Température chaude vers réseau 😊
- ▶ Température froide vers chaudière 😞

MONTAGE BALLON PARALLELE - 3 PIQUAGES



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

MONTAGE BALLON PARALLELE - 4 PIQUAGES



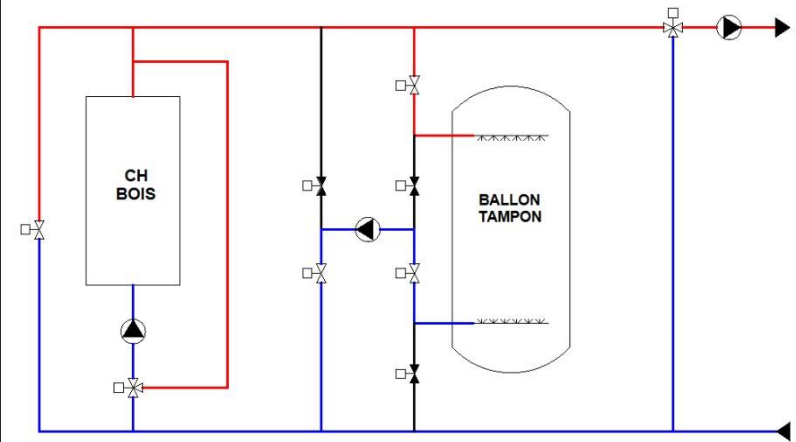
- ▶ Température plus chaude vers chaudière 😊
- ▶ Température plus froide vers réseau 😊
- ▶ Ballon en mélange 😞
- ▶ Absence de stratification 😞

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

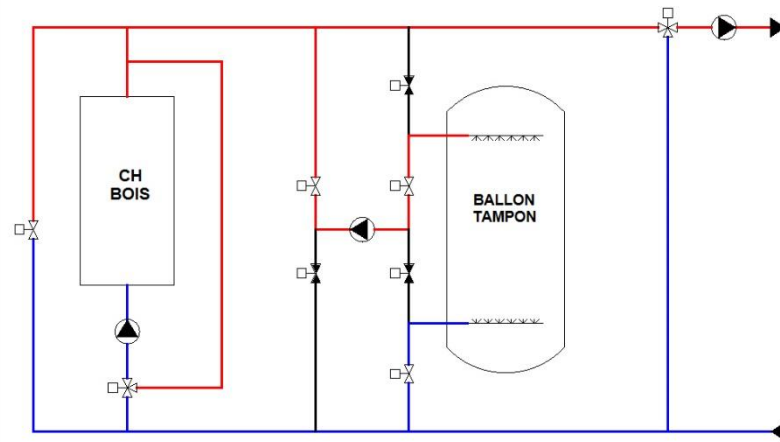
Schéma avec charge et décharge maîtrisé

- 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 continue de la charge chaudière(s) et du besoin réseau

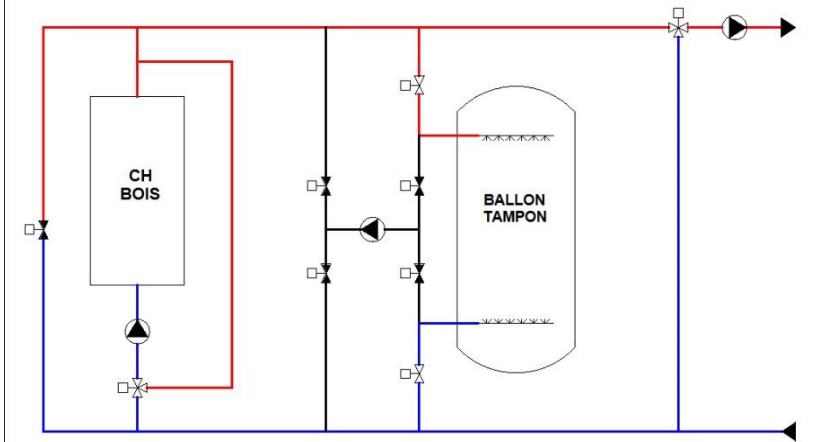
MONTAGE BALLON AVEC POMPE - CHARGE BALLON



MONTAGE BALLON AVEC POMPE - DECHARGE BALLON



MONTAGE BALLON AVEC POMPE - MODE DECOUPLAGE

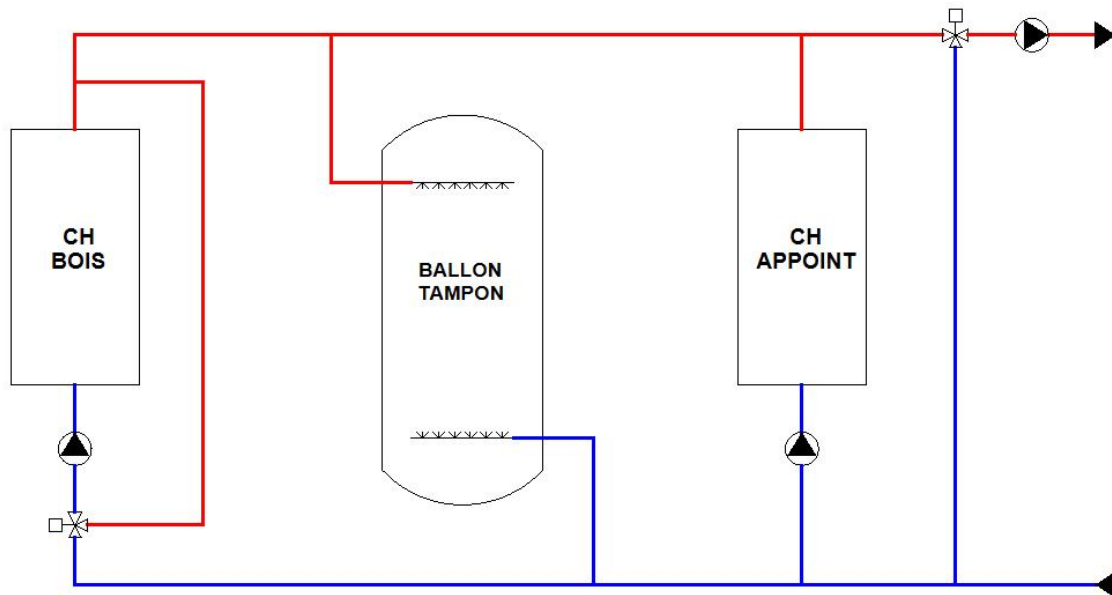


Opportunité d'optimisation pour des installations de moyenne ou grande puissance

Schéma avec intégration de l'appoint

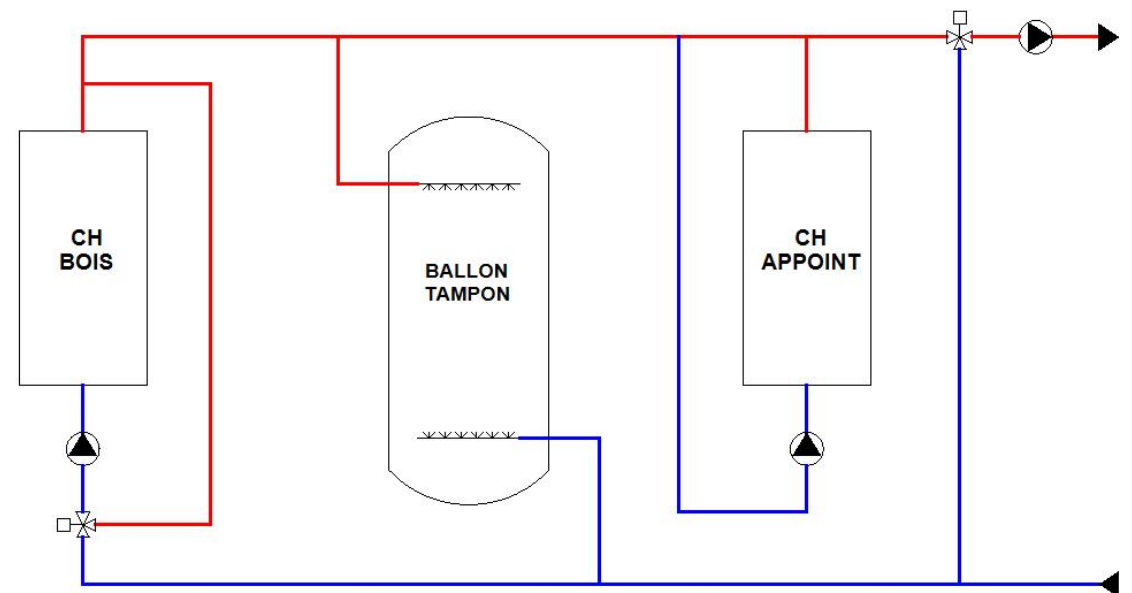
- ▶ Intégration d'appoint avant ou après ballon
- ▶ Intégration appoint en série ou parallèle

MONTAGE BALLON PARALLELE - APPOINT EN PARALLELE



- ▶ Amélioration du rendement de l'appoint

MONTAGE BALLON PARALLELE - APPOINT EN SERIE



- ▶ Facilite la régulation cascade / mixité

Différentes méthodes de dimensionnement

► 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).
- ρ : la masse volumique du fluide caloporteur de l'installation de chauffage (égale à 1000 pour de l'eau pure non glycolée), en kg/m³.

Différentes méthodes de dimensionnement

► Suivant norme EN 303.5

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

V_{sp} = volume du ballon d'accumulation en litres

T_b = Autonomie de la chaudière à la puissance nominale en heures

Q_N = Puissance nominale en kW de la chaudière

Q_H = Besoins thermique en kW

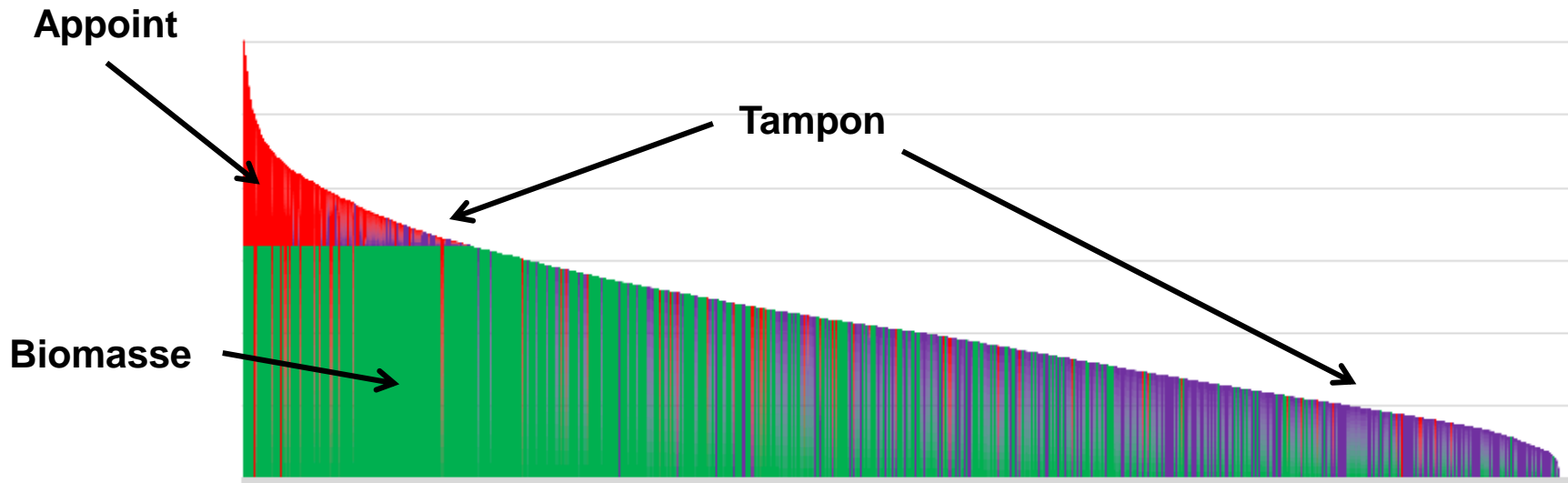
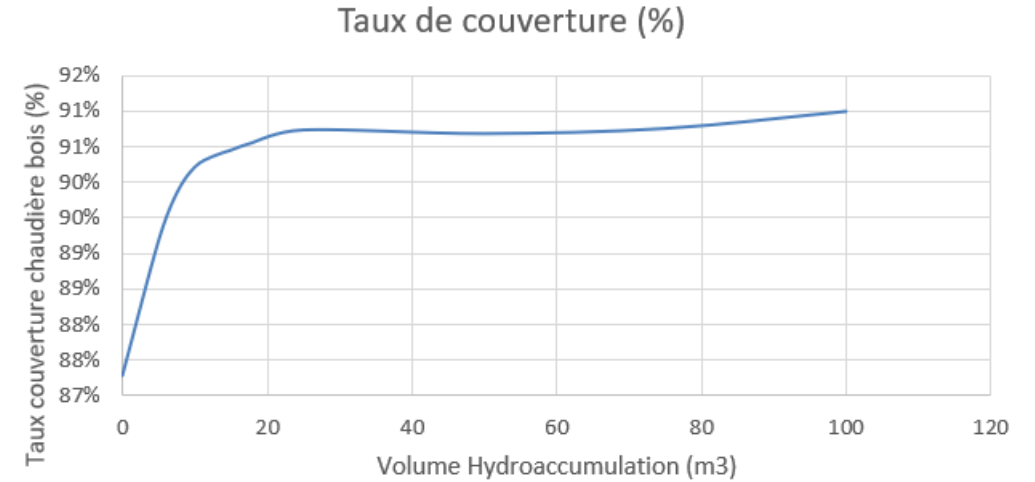
Q_{mini} = Puissance utile minimale en kW de la chaudière (régime réduit)

- 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 / ΔT)
- 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

Merci pour votre attention

