

QM Chauffages au bois recommande de réaliser, si possible, les installations de chauffage au bois avec accumulateur. Quels sont les avantages d'un accumulateur et comment le dimensionner?

Contrairement à une chaudière alimentée par du combustible fossile, la puissance d'une chaudière à bois peut être adaptée beaucoup plus progressivement à la charge requise. Ceci vaut aussi bien pour la montée en charge que pour la réduction. En principe, la montée en puissance d'une chaudière à bois de 30% à 100% dure de 30 à 45 minutes. Côté consommateur, la charge peut cependant varier beaucoup plus rapidement, aussi bien vers le haut que vers le bas, que la chaudière à bois ne peut y adapter sa puissance. Un accumulateur placé en guise de tampon entre le générateur de chaleur et les consommateurs permet de compenser la différence de réactivité des deux systèmes.

Du côté de la production comme de la consommation de chaleur, il existe des systèmes plus ou moins rapides. Un foyer à poussée inférieure pour plaquettes sèches est, par exemple, beaucoup plus rapidement réglable qu'un foyer à grille pour écorce humide. De même un réseau de chaleur étendu (volume important d'eau) comptant de nombreux petits utilisateurs présente une plus grande inertie qu'un réseau court (faible volume d'eau) avec de grands consommateurs.

Les pointes de charge apparaissent au sein d'un réseau de chaleur en cas de retour brutal à faible température (système de distribution froid) associé à un débit important (dû à des vannes de régulation entièrement ouvertes et souvent à des pompes surdimensionnées).

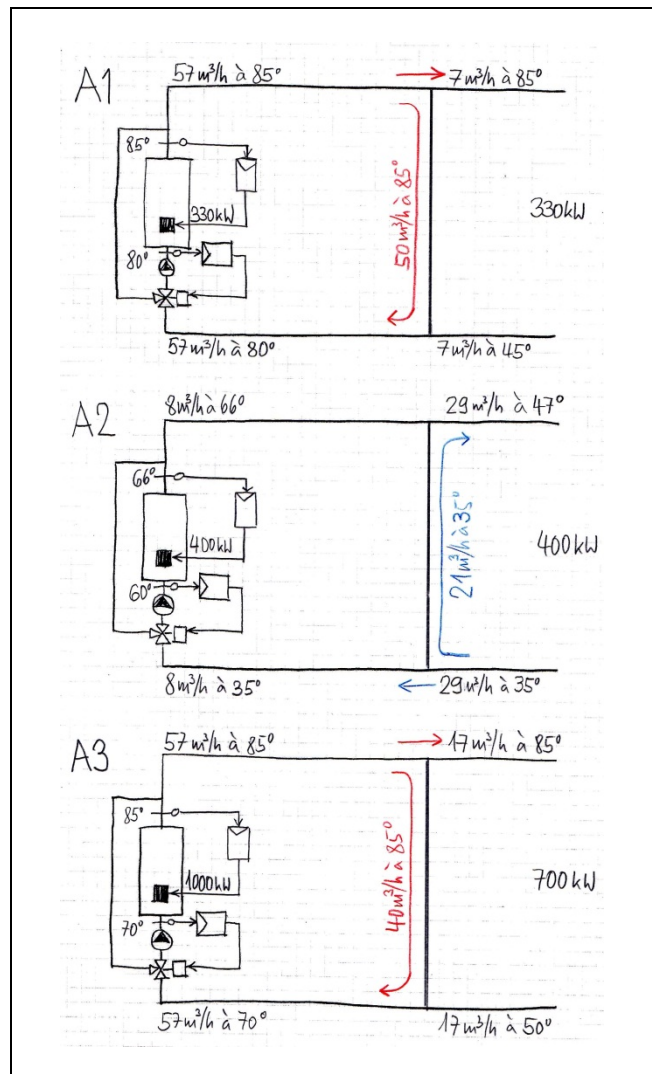
Une production de chaleur rapide associée à un système de distribution à forte inertie peut fonctionner sans accumulateur. A l'inverse, plus la production de chaleur est lente et le système de distribution rapide, plus un accumulateur s'impose.

La FAQ 21 Figure 1 et la FAQ 21 Figure 2 illustrent le comportement d'une installation à production de chaleur lente et distribution de chaleur rapide en cas de changement brutal de charge, avec et sans accumulateur. Trois états de charge typiques sont examinés dans chaque cas:

1. Fonctionnement équilibré à faible puissance (chaudière à bois = 330 kW; consommation = 330 kW).
2. Environ 10 minutes après un changement brutal de charge, lorsque de nombreux secteurs s'ouvrent soudainement. Le débit côté consommateur augmente au maximum et le retour revient quasiment froid.
3. Environ 45 minutes après le changement de charge, en supposant qu'à ce moment-là la puissance de combustion a quasiment atteint la puissance maximale de 1000 kW.

Comportement sans accumulateur

A1 Fonctionnement équilibré, circuit de dérivation de haut en bas, toutes les températures correspondent aux valeurs de consigne.



FAQ 21 Figure 1: Comportement d'une installation sans accumulateur en cas de modification soudaine de la charge

A2 La dérivation fonctionne soudain de bas en haut et la température de départ vers les consommateurs s'effondre. Conséquence: les secteurs ne peuvent pas maintenir les valeurs de consigne et ouvrent les vannes de régulation jusqu'en butée. Le retour vers la chaudière à bois revient à 35° C en raison du système de distribution froid. Cela entraîne l'activation du maintien de la température de retour et l'effondrement de la température de sortie de la chaudière.

L'écart considérable par rapport aux valeurs de consigne provoque une augmentation de la puissance de combustion.

A3 Une fois que la puissance de combustion a atteint un niveau suffisant, la circulation dans la dérivation s'effectue à nouveau de haut en bas, les consommateurs sont à nouveau approvisionnés de façon régulière avec de l'eau de chauffage à 85° C, les secteurs peuvent réguler la perturbation et les vannes de régulation reviennent en position intermédiaire.

La chaudière à bois fonctionne alors à puissance maximum, mais les besoins des consommateurs sont nettement inférieurs. La puissance de combustion pourra-t-elle être réduite suffisamment vite?

Comportement avec un accumulateur

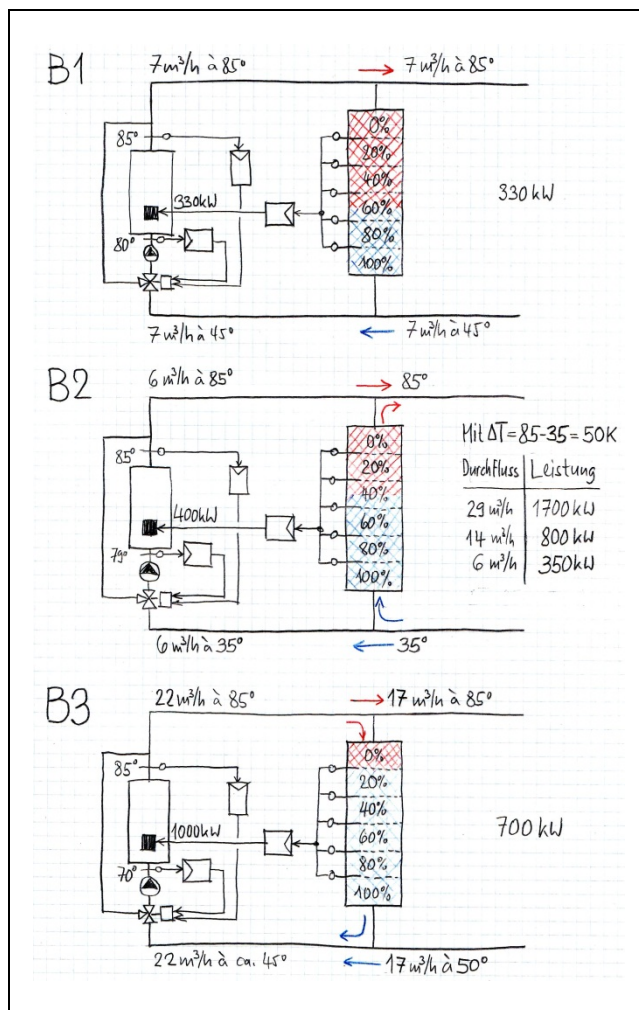
B1 Fonctionnement équilibré, l'accumulateur est constamment rempli à 60%, toutes les températures correspondent aux valeurs de consigne.

B2 En lieu et place de la dérivation, la circulation s'effectue de haut en bas dans l'accumulateur. L'accumulateur constituant une sorte de «dérivation de très fort diamètre», remplie à 60% d'eau à 85°C, la température de départ vers les consommateurs ne s'effondre pas. Conséquence: les secteurs parviennent à réguler la perturbation et les vannes de régulation retrouvent rapidement une position intermédiaire. Le retour vers la chaudière à bois est là aussi si faible que le maintien de la température de retour est susceptible d'entrer vite en action, mais la régulation de la température de sortie veille rapidement à ce que cette dernière revienne à la valeur de consigne. Contrairement à A2, la température de sortie de la chaudière ne s'effondre que très brièvement, voire pas du tout.

On remarque ici l'importance des puissances pouvant être brièvement délivrées. Avec un débit maximum de 29 m³/h (configuration à 85/55° C) et une température de retour momentanée de 35° C (système de distribution froid), la puissance peut brièvement atteindre 1700 kW en pointe!

La chute de l'état de charge de l'accumulateur entraîne une augmentation de la puissance de combustion.

B3 La perturbation décrite en A2 ne s'étant pas vraiment manifestée en B2, le fonctionnement revient, dans ce cas, plus rapidement à l'équilibre. L'excédent de puissance de la chaudière à bois est réinjecté dans l'accumulateur (dans lequel la circulation s'effectue à nouveau de haut en bas). Au fur et à mesure que l'état de charge de l'accumulateur augmente, la puissance de combustion diminue en continu jusqu'à revenir à une situation d'équilibre à 60%.



FAQ 21 Figure 2: Comportement d'une installation avec accumulateur en cas de modification soudaine de la charge

(Durchfluss = Débit / Leistung = Puissance)

Dimensionnement de l'accumulateur pour 1 heure d'autonomie

QM Chauffages au bois recommande de dimensionner l'accumulateur pour ≥ 1 h d'autonomie (en fonction de la puissance maximale de la chaudière à bois avec le combustible de référence). Pour l'installation de la FAQ 21 Figure 2, une chaudière à bois d'une puissance maximale de 1000 kW, une température de sortie de la chaudière de 85° C et une température maximale du primaire retour de 55° C appelleraient le dimensionnement suivant:

$$\text{Volume de l'accumulateur} = 0,86 \times 1000 \text{ kW} \times 1 \text{ h} / (85 - 55) \text{ K} = 29 \text{ m}^3$$

Pourquoi la chaudière à bois peut-elle être de dimension inférieure en présence d'un accumulateur ?

L'état de charge B2 de la FAQ 21 Figure 2 a montré qu'avec un accumulateur, il est possible d'atteindre une pointe de charge très élevée pendant un bref laps de temps. Cette pointe de charge est uniquement limitée par la température du primaire retour et le débit (déterminé par la perte de pression des conduites/robinets et la puissance des pompes).

Hypothèse: dimensionnement d'accumulateur ci-dessus, la chaudière à bois fonctionne déjà à 1000 kW, l'accumulateur est rempli à 60%. Si une forte charge avec un débit important (29 m³/h) est brutalement activée et que la température du primaire retour chute à 35° C (système de distribution froid), la puissance maximale fournie est de

$$29 \text{ m}^3/\text{h} \times 50 \text{ K} / 0,86 = 1700 \text{ kW}$$

et ce (jusqu'à ce que l'accumulateur soit vide) pendant une durée maximum de

$$(17,4 \text{ m}^3 \times 50 \text{ K}) / (0,86 \times 700 \text{ kW}) = 1,45 \text{ heure.}$$

L'installation peut par conséquent fournir 1,7 fois la puissance de la chaudière à bois pendant 1,45 heure. C'est pour cette raison que cette dernière peut être de dimension inférieure dans les installations avec accumulateur. QM Chauffages au bois recommande:

- Dans les installations monovalentes sans accumulateur (WE1, WE5), la/les chaudière(s) à bois doi(ven)t être dimensionnée(s) à 100% de la puissance thermique requise, pointes de charge comprises (relevé de la situation [7]: ligne de charge continue).
- Dans les installations monovalentes avec accumulateur (WE2, WE6), la/les chaudière(s) à bois peu(ven)t être dimensionnée(s) à 100% de la puissance thermique requise hors pointes de charge (relevé de la situation [7]: ligne de charge en pointillés) (uniquement valable pour les installations servant essentiellement au chauffage des locaux).
- Pour pouvoir couvrir 80 à 90% des besoins annuels de chaleur grâce à l'énergie-bois, la/les chaudière(s) à bois des installations bivalentes sans accumulateur (WE3, WE7) peu(ven)t être dimensionnée(s) à 60-70% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux).
- Pour pouvoir couvrir 80 à 90% des besoins annuels de chaleur grâce à l'énergie-bois, la/les chaudière(s) à bois des installations bivalentes avec accumulateur (WE4, WE8) peu(ven)t être dimensionnée(s) à seulement 50-60% de la puissance thermique requise (valeur de référence pour installations servant essentiellement au chauffage des locaux).

Pourquoi l'accumulateur n'est-il rempli qu'à 60%?

Pourquoi ne pas le remplir à 100%? L'autonomie serait d'autant plus importante en cas d'augmentation soudaine de la charge! La réponse est que la situation peut précisément aussi être inverse, c'est-à-dire quand de nombreux secteurs sont brusquement verrouillés et que le débit devient quasi-nul côté consommateurs. De même, en mode de maintien du lit de braises, le plus simple est également de pouvoir injecter l'excédent de chaleur dans l'accumulateur.

Pourquoi des paliers à 0% – 20% – 40% – 60% – 80% – 100%?

Cette gradation est obtenue grâce aux 5 sondes qui subdivisent l'accumulateur en 6 zones de même volume (comme à la FAQ 21 Figure 2). «Toutes les sondes sont froides» correspond à 0% et «Toutes les sondes sont chaudes» à 100%. Il convient en tous cas de choisir un palier en guise de valeur de consigne (même en cas de lissage du signal par interpolation ou un élément PT1).

On ne peut que recommander plus de 5 sondes (p.ex. 10 sondes pour des paliers de 10%), étant donné qu'une gradation plus fine permettra d'améliorer sensiblement la régulation.

Quand un dimensionnement de l'accumulateur pour une autonomie supérieure à 1-1,5 heure est-il justifié?

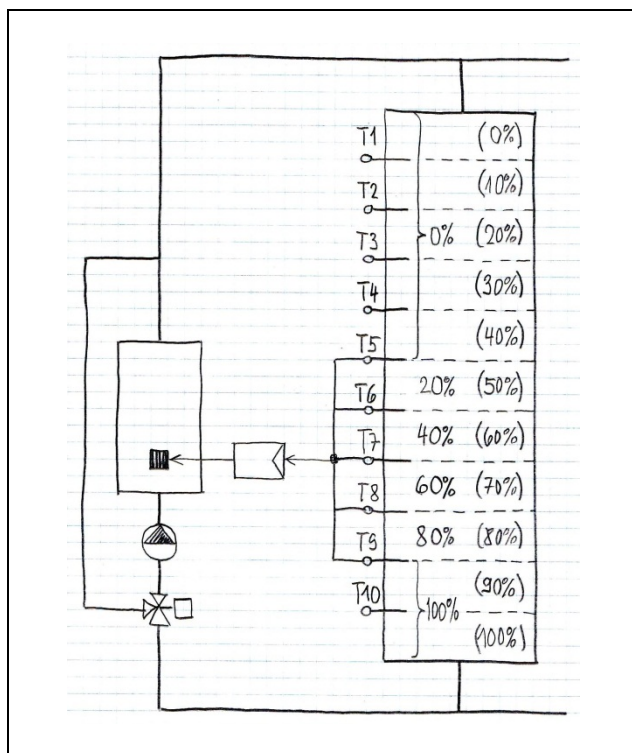
Un accumulateur plus important étant plus coûteux, nécessitant davantage de place (engendrant des coûts de construction supplémentaires) et impliquant en outre des pertes d'accumulation supérieures, une capacité accrue est uniquement justifiée si celle-ci est réellement utilisée. Pour les installations normales servant essentiellement au chauffage de locaux, le rapport coût-utilité est généralement mauvais.

Un dimensionnement pour 1,5 heure d'autonomie peut être judicieux en cas de recours majoritaire à du combustible humide (> 50%).

Un accumulateur surdimensionné, possédant une autonomie nettement supérieure à 1,5 heure, peut être intéressant pour des consommateurs ayant des pointes de charge extrêmes (p.ex. des serres durant la nuit), afin de couvrir les besoins de chauffages journaliers avec une chaudière à bois de puissance nominale relativement réduite (à l'exception des jours d'hiver les plus froids). La puissance nominale réduite de la chaudière à bois permet d'améliorer sensiblement le taux d'utilisation de cette dernière (c'est-à-dire les heures de marche à pleine charge). Dans une installation effectivement réalisée, le dimensionnement de la chaudière à bois servant à chauffer des serres a ainsi pu être réduit de moitié.

En raison du manque d'expérience avec ce type d'accumulateur surdimensionné, il convient de prévoir un concept de régulation facilement ajustable au fil de l'optimisation de l'exploitation. La FAQ 21 Figure 3 propose une solution adaptée aux pointes de charge extrêmes:

- Au moins 10 sondes sont réparties sur toute la hauteur de l'accumulateur, de façon à obtenir 11 zones de taille égale. Sur les 10 sondes, seul un nombre librement définissable (p.ex. 5 sondes) sert à la régulation de puissance, mais l'ensemble des sondes est consigné et visualisé pour l'optimisation de l'exploitation.
- La partie supérieure de l'accumulateur, de T1 à T4, est disponible pour les pointes de charge extrêmes. Les sondes T5 à T9 captent l'état de charge de l'accumulateur 0% – 20% – 40% – 60% – 80% en vue de la régulation de la puissance. La partie inférieure de l'accumulateur T10 sert à absorber l'excédent de chaleur en cas de chute brutale de la charge ou en mode de maintien du lit de braises. Les zones 0% et 100% sont ainsi sensiblement plus grandes que dans le concept de régulation standard.
- Le nombre et l'affectation des sondes de mesure actives servant à saisir l'état de charge de l'accumulateur en vue de la régulation de la puissance doit pouvoir être librement ajusté au fil de l'optimisation de l'exploitation. Dans les cas extrêmes, la totalité des 10 sondes peuvent être activées pour la régulation, ce qui correspond alors au concept de régulation standard à 10 sondes (les valeurs des zones correspondantes sont indiquées entre parenthèses).



FAQ 21 Figure 3: Suggestion de concept de régulation avec un accumulateur surdimensionné