



**GESTION DURABLE  
DE L'ENERGIE**  
en Isère

---

**Réseau de chaleur bois**  
-  
**Suivi du fonctionnement**  
-  
**Bilan économique**

**15 juin 2016**

---

---

# Données du projet

Mise en service : janvier 2016

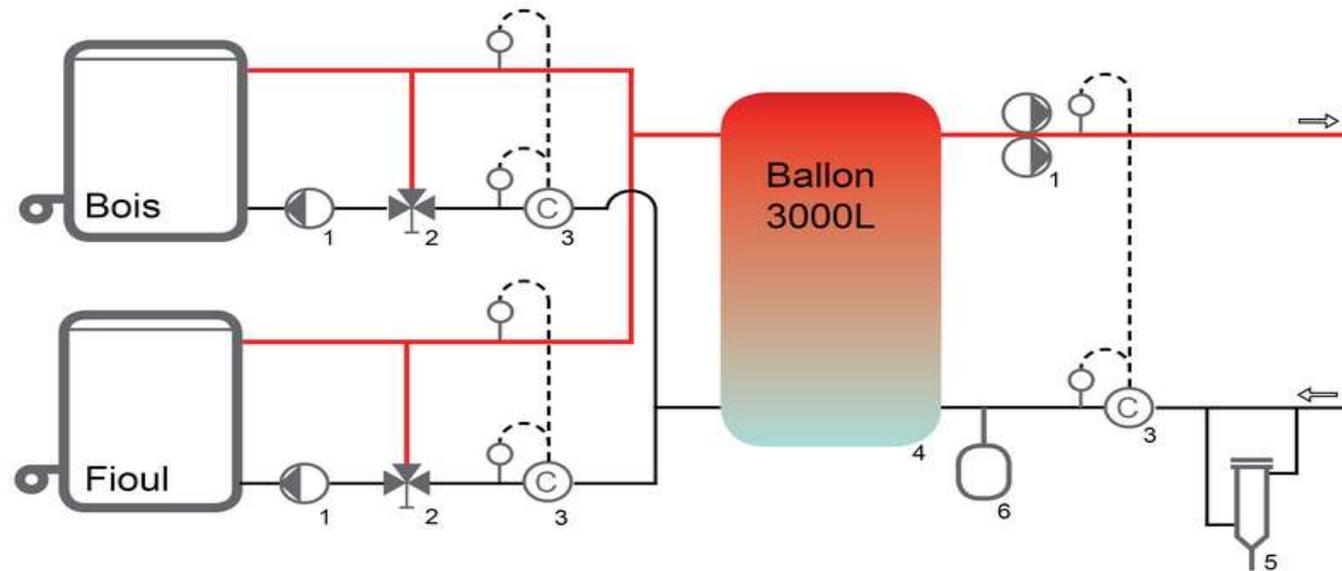
- **Commune de 1 900 habitants**
- **Puissance chaudière bois : 150 kW,**
- **Consommation annuelle prévisionnelle : 500 MAP (Mètre Apparent de Plaquettes),**
- **Bâtiments alimentés par le réseau de chaleur :**
  - Foyer logements intercommunal de 55 appartements
  - Maison médicale (6 cabinets de santé)
  - Garderie
  - 4 logements sociaux OPAC38
  - 23 logements sociaux PLURALIS (raccordement en 2017)

**Fonctionnement du réseau uniquement durant la période de chauffage**

# Schéma de principe

## Chaufferie :

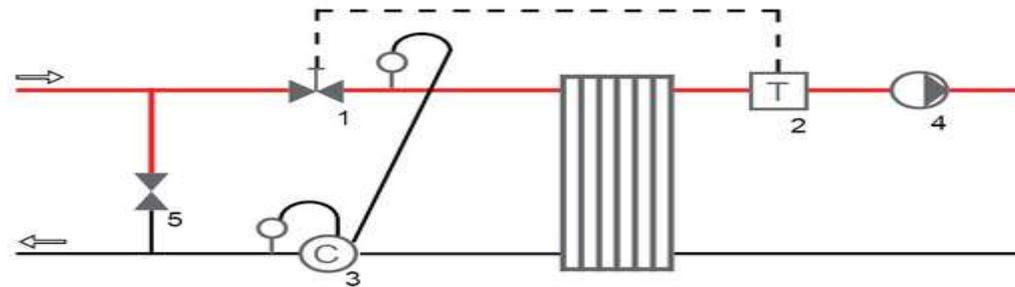
- Schéma de principe



# Schéma de principe

## Sous-station :

- Schéma de principe



Variation du débit en fonction des besoins au secondaire (vanne 2 voies motorisée)

---

# Relève des données

Relève manuelle hebdomadaire des données par l'agent communal :

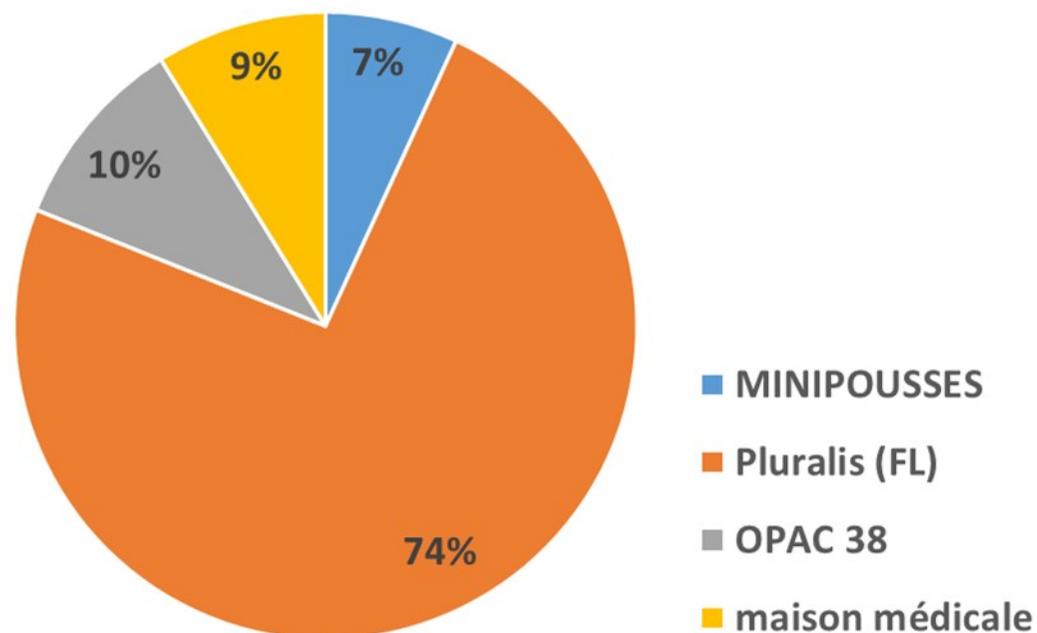
- Compteur sortie chaudière bois
- Compteur sortie chaudière fioul
- Compteurs sous-station
- Compteur électrique chaufferie
- Remplissage et niveau silo bois
- Remplissage et niveau cuve fioul
- Des paramètres de l'installation (température de consigne sortie chaudière bois, température de consigne départ réseau pour gestion de la cascade des chaudières,...)
- Temps d'intervention agent communal

---

# Bilan des consommations

## Répartition des consommations en sous-station

consommation réelle du 27/01/2016 au 27/05/2016 (999DJU) – extrapolation à 2 300 DJU.



---

# Bilan des consommations

## Ecart avec les consommations prévisionnelles en sous-station

consommation réelle du 27/01/2016 au 27/05/2016 (999DJU) – extrapolation à 2 300 DJU.

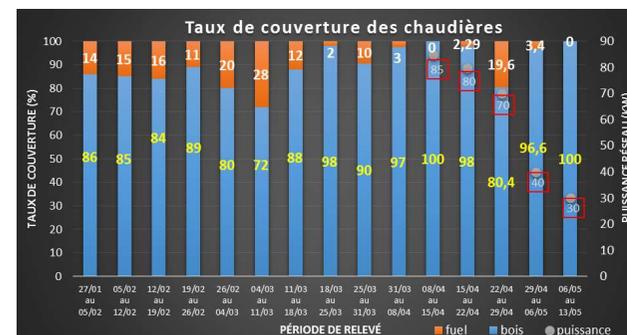
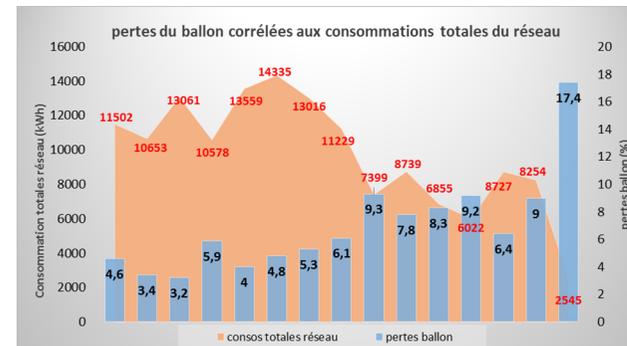
	Minipousses	Pluralis (FL)	OPAC38	Maison médicale	Total
Consommation prévisionnelle (kWh/an)	25 000	204 206	49 500	32 432	311 138
Consommation réelle extrapolée (kWh/an)	25 690	276 280	37 650	33 064	372 883
Ecart / prévisionnel (%)	<b>+2,8%</b>	<b>+35,4%</b>	<b>-23,9%</b>	<b>+2%</b>	<b>+19,8%</b>

**Consommation réelle totale en sous-station supérieure de 20% par rapport aux consommations prévisionnelles.**

# Les indicateurs de suivi

## Identification des indicateurs de suivi

- Taux de couverture bois
- Rendement chaudière bois et fioul
- Pertes chaufferie
- Pertes réseau de chaleur
- Consommation par bâtiment
- ...



---

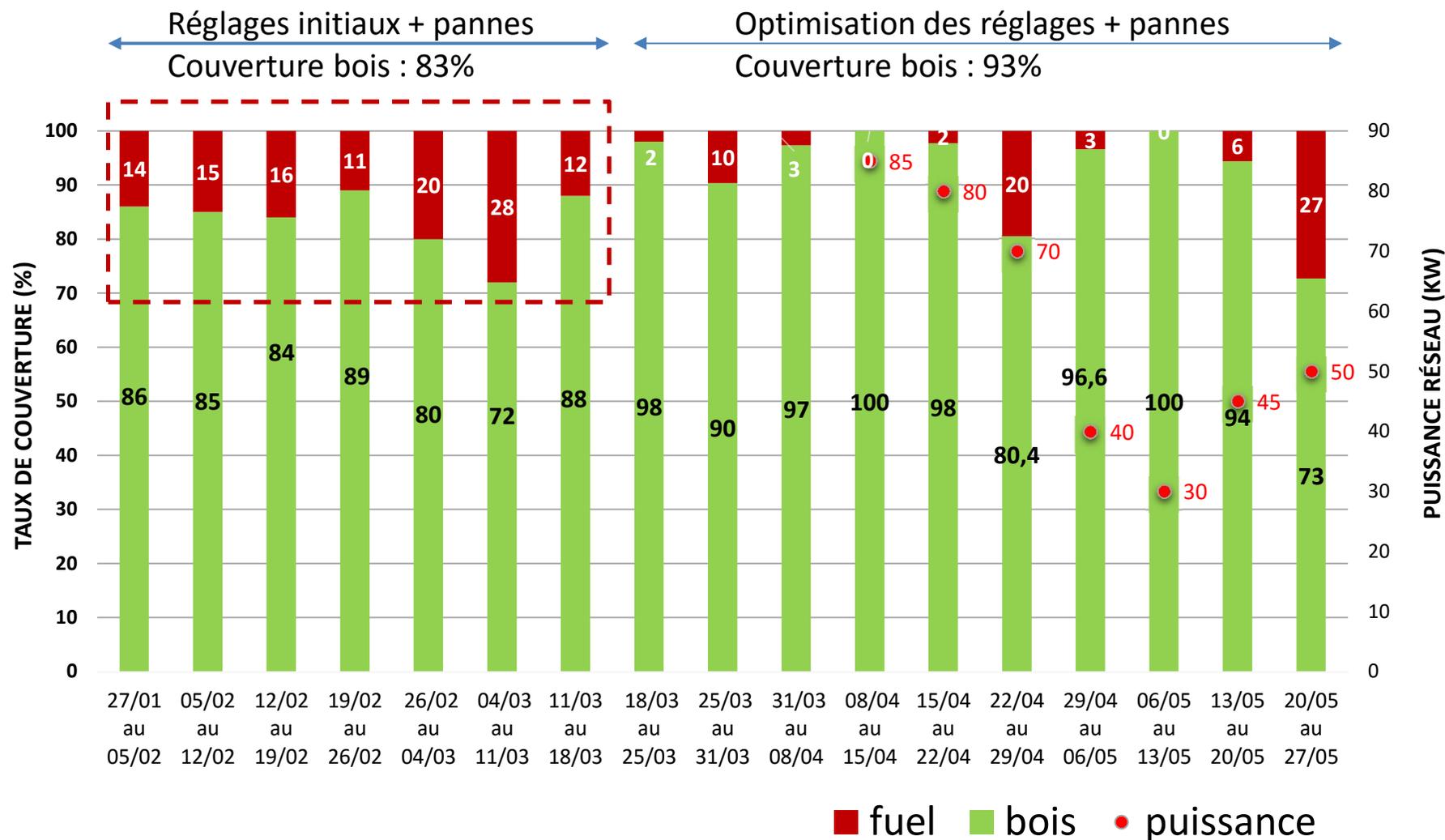
# Les indicateurs de suivi

## Identification des indicateurs de suivi

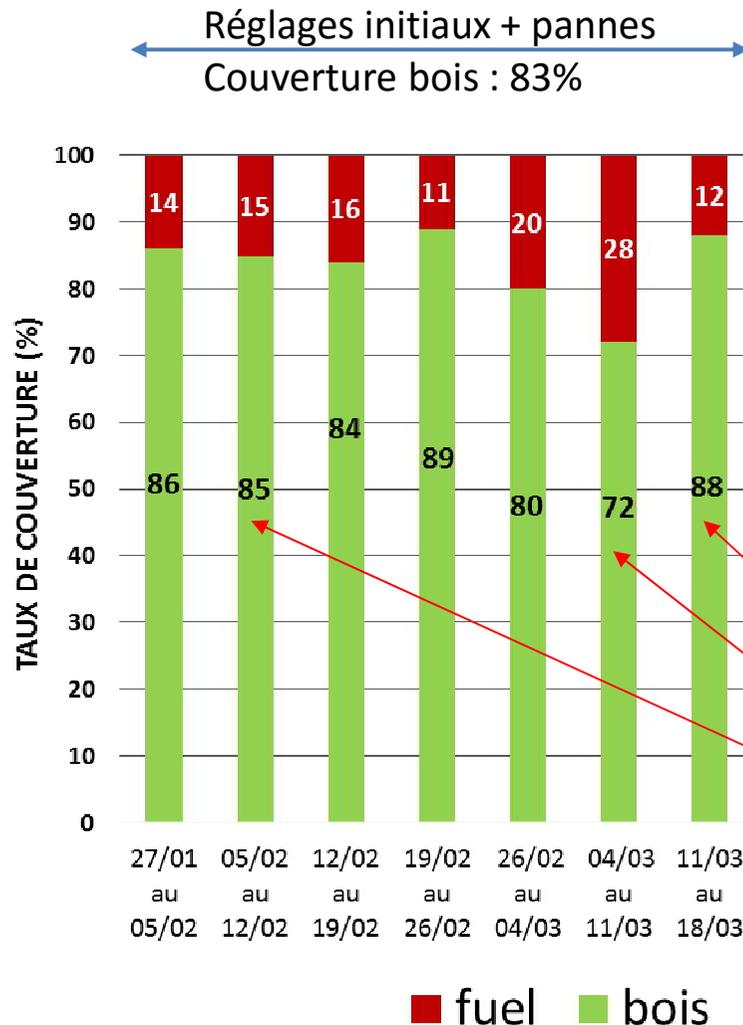
- Mise en service -mise au point
- Optimisation des réglages initiaux
- Pannes fréquentes (non-conformité du combustible)



# Taux de couverture



# Taux de couverture



## Réglages :

Fréquence de decendrage du foyer trop importante (2 fois par heure – arrêt de la combustion) entraînant la mise en route de la chaudière fioul : enclenchement de la chaudière fioul si température départ réseau inférieure à 75°C durant 10min.

*Modification du réglage le 7/03*

## Pannes :

15/03 : blocage vis d'alimentation – 2,5h d'arrêt  
12/03 : blocage vis d'alimentation – 10h d'arrêt  
6/03 : blocage vis d'alimentation – **30h d'arrêt**  
8/02 : blocage vis descendrage – 4h d'arrêt



# Taux de couverture

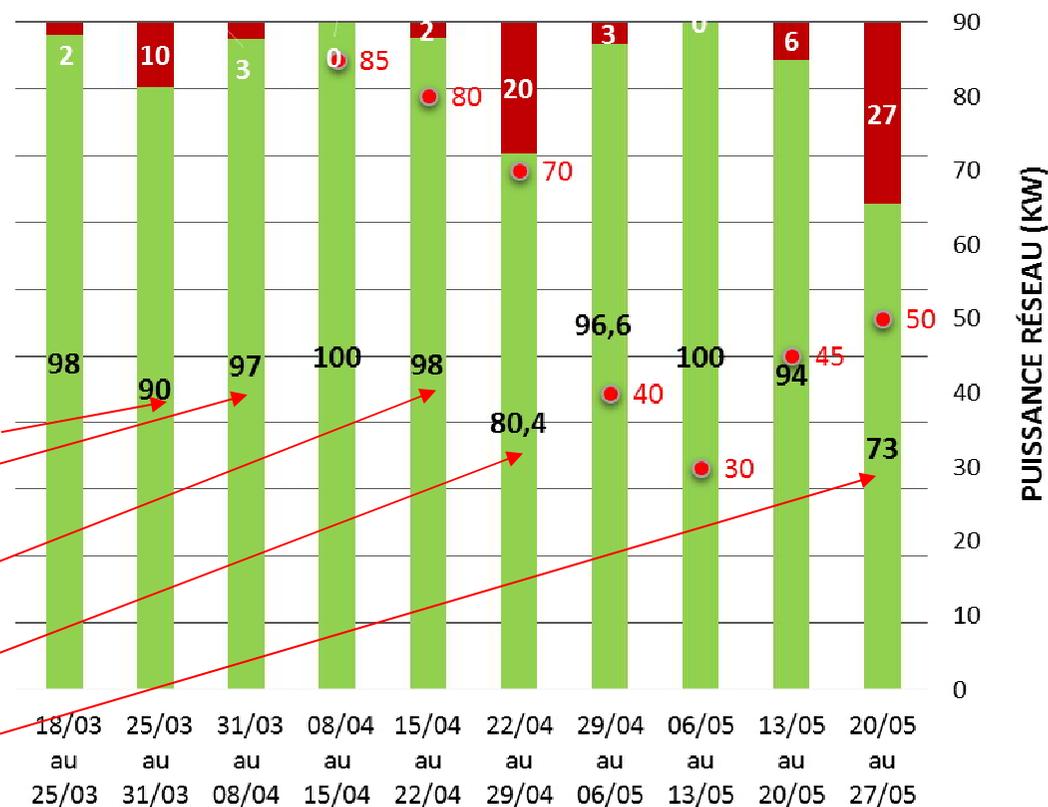
## Réglages optimisés :

7/03 : augmentation de la fréquence de decendrage du foyer (toutes les 2h)  
 Enclenchement de la chaudière fioul si température départ réseau inférieure à 63°C durant 30min.

## Pannes :

26/03 : blocage vis decendrage – 10h d'arrêt  
 8/04 : blocage grille d'évacuation – 4,5h d'arrêt  
 19/04 : blocage vis d'alimentation – 2h d'arrêt  
 27/04 : plus de bois dans le silo !  
 25/05 : blocage vis d'alimentation – 2h d'arrêt

← Optimisation des réglages + pannes →  
 Couverture bois : 93%



# Taux de couverture

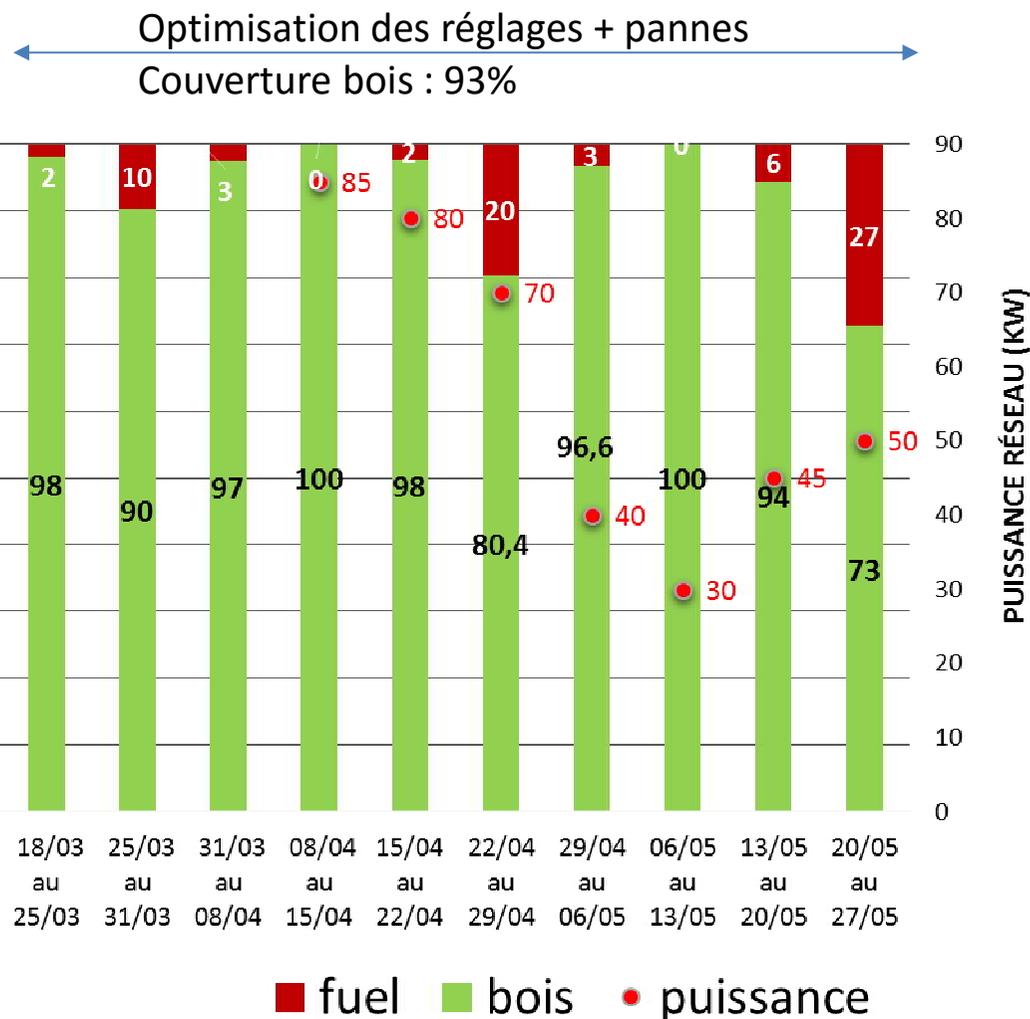
## Réglages optimisés :

- Taux de couverture bois avec réglages optimisés et pannes : 93%
- Taux de couverture bois avec réglages optimisés et hors pannes : 98% (estimation)

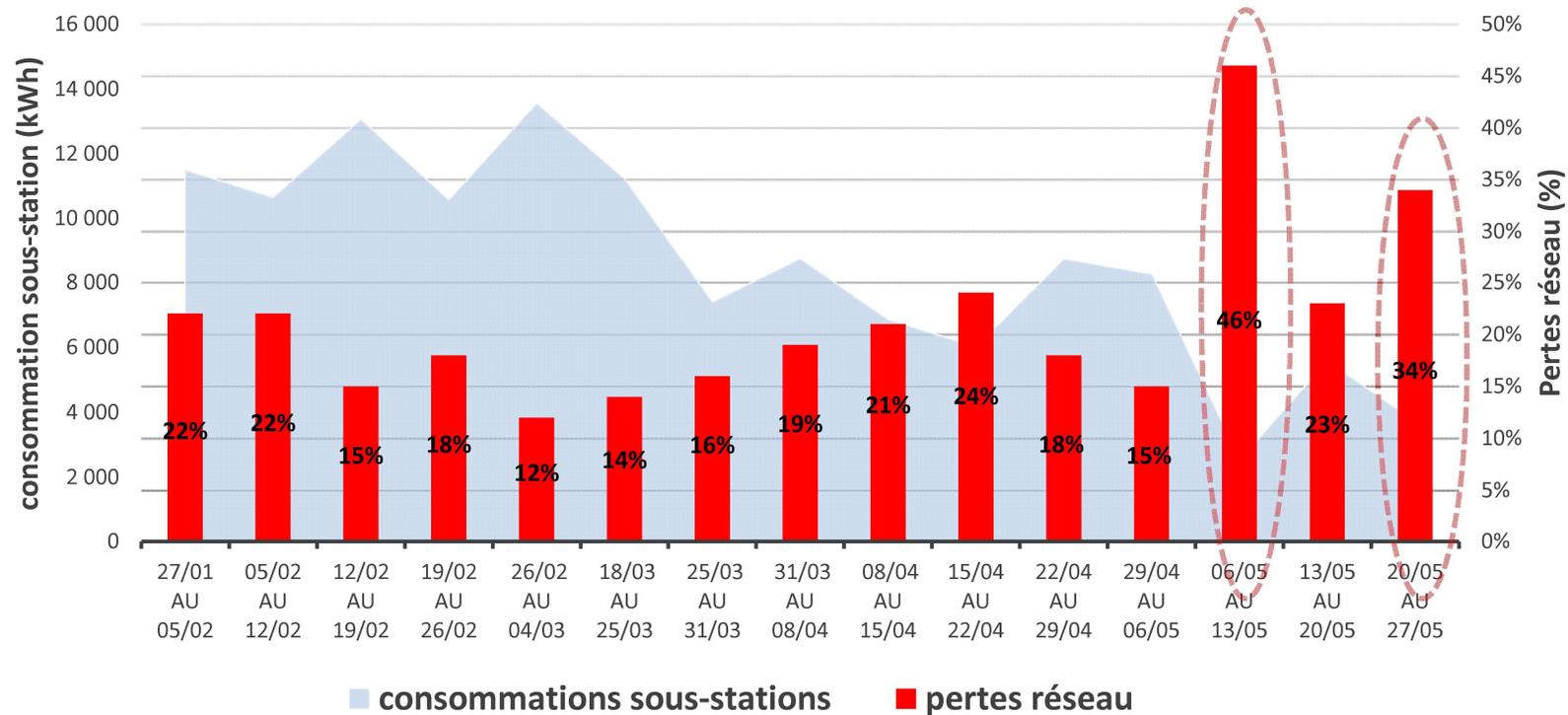
## Sur l'ensemble de la période (du 27/01 au 27/05)

- Taux de couverture bois : 88%
- Taux de couverture bois avec réglages optimisés et sans pannes : 98%

Remarque : la puissance moyenne du réseau est indiquée pour les derniers relevés afin de vérifier le taux de charge de la chaudière bois (ce dernier ne doit pas être inférieur à 25% de la puissance bois soit 37kW)



# Pertes réseau de chaleur



Pertes réseau sur la période : 17%

On peut donc espérer que les pertes moyennes du réseau, une fois le bâtiment de Pluralis raccordé ne dépassent pas 15% des besoins en sous-station sur une saison de chauffe complète.

---

# Rendement chaudières

## Identification du rendement de la chaudière bois

- La consommation de bois en entrée de la chaudière ne peut pas être évaluée sur une durée hebdomadaire. Les résultats montrent que l'incertitude sur l'estimation visuelle est beaucoup trop élevée.
- Analyse du rendement sur une période de 4 mois (de la mise en service jusqu'au 29/04) :
  - Consommation sortie chaudière bois (relevée au compteur) : 174 774 kWh
  - Consommation entrée chaudière bois : 235 MAP à 25% soit 206 800 kWh
  - **Rendement chaudière bois : 84,5%** (rendement théorique fabricant : 91%)

---

# Rendement chaudières

## Identification du rendement de la chaudière fioul

- La consommation de fioul en entrée de la chaudière s'obtient avec la jauge de remplissage. En revanche les résultats hebdomadaires semblent parfois incohérents ce qui s'explique par le manque de précision de la jauge électropneumatique. Une des solutions serait de remplacer la jauge actuelle par une jauge électronique.
- Analyse du rendement sur une période de 4 mois (de la mise en service jusqu'au 27/05) :
  - Consommation sortie chaudière fioul (relevée au compteur) : 30 440 kWh
  - Consommation entrée chaudière fioul : 4000 litres soit 39 440kWh
  - **Rendement chaudière bois : 77%**

# Fonctionnement

## Durée d'intervention (hors relève compteur et visite journalière)

type d'intervention	intervenant(s)	nombre d'interventions	nombre d'heures	coût employés (€HT)	répartition (%)	commentaires
stockage plateforme	agent et/ou élu	2	17	360	12%	spécifique au site
mise en silo	agent	12	17,5	404	14%	
utilisation tracteur	(coût tracteur)	12	25	500	17%	
petits travaux après mise en service	agent et/ou élu	3	7,5	151	5%	1ère année
<b>mise en place/formation/réglages initiaux</b>	<b>agent</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>877</b>	<b>30%</b>	<b>impact fort(1ère année)</b>
panne chaudières (bois ou fioul)	agent	4	6	146	5%	impact faible
<b>panne vis (déblocage vis)</b>	<b>agent</b>	<b>7</b>	<b>20,5</b>	<b>486</b>	<b>16%</b>	<b>impact fort</b>
décendrage	agent et/ou élu	4	2	42	1%	impact faible
Suivi journalier	agent	21	21	511		
<b>total</b>		<b>51</b>	<b>131,5</b>	<b>2 966</b>	<b>100%</b>	

---

# Fonctionnement

## Coût d'intervention (hors relève compteur) – en €HT

### Synthèse année 1 :

	jusqu'au 27/05	extrapolé sur une saison de chauffe
DJU	1 156	2 300
coûts fonction des DJU	1 939	3 857
coûts ponctuels année 1	516	516
coûts réguliers	511	901
total (€HT)	2 966	5 275

### Synthèse année 2 avec optimisation du temps et hors pannes :

	jusqu'au 27/05	extrapolé sur une saison de chauffe
DJU	1 156	2 300
coûts fonction des DJU (temps optimisé)	726	1 445
coûts ponctuels année 2	0	0
coûts réguliers / suivi	511	901
total (€HT)	1 238	2 346

---

# Fonctionnement

## Incidence économique des pannes

- semaine du 4/03 au 11/03 : 30h d'arrêt de la chaudière bois suite au blocage de la vis d'alimentation par plusieurs copeaux non conformes à la classe P31.
- Taux de couverture bois de 72% seulement contre 85% en moyenne durant la première période.
- Durée d'intervention de l'agent communal : 6h (coût horaire de l'agent 24,35€/h)
- **Nécessite une réactivité importante de l'agent communal**



---

# Fonctionnement

## Incidence économique des pannes – non conformité du combustible

- **Intervention de l'agent communal :**

- De fin décembre à fin mai la durée d'intervention de l'employé communal pour « déblocage de vis » est de 20,5 h pour 7 interventions. Ce coût de ces interventions représente 486 €HT. En extrapolant ce coût sur une saison de chauffe complète on obtient un coût d'intervention pour réparation de 1 673 €.
- Incidence sur le coût de la chaleur :

**+ 5€TTC/MWh (101€TTC/MWh au lieu de 96€TTC/MWh)**

---

# Fonctionnement

## Incidence économique des pannes – non conformité du combustible

- **Baisse du taux de couverture bois :**
  - Surcoût sur une saison de chauffe complète : 700 €.
  - Incidence sur le coût de la chaleur :  
**+ 2€TTC/MWh (98€TTC/MWh au lieu de 96€TTC/MWh)**

---

# Fonctionnement

## Incidence économique des pannes – non conformité du combustible

- **Intervention agent communal et baisse du taux de couverture bois :**
  - Surcoût sur une saison de chauffe complète : 2 373 €.
  - Incidence sur le coût de la chaleur :  
**+ 7€TTC/MWh (103€TTC/MWh au lieu de 96€TTC/MWh)**

---

# Fonctionnement

## Incidence économique des pannes – non conformité du combustible

- **Il est primordiale** de s'assurer de la bonne qualité du combustible en adéquation avec les préconisations du fabricant de la chaudières.
- Un combustible non-conforme entraînant des pannes régulières a une incidence directe sur l'équilibre budgétaire de la régie.
- Il semble pertinent de prévoir un contrat avec une clause de pénalité en cas de non-conformité

---

# Analyse financière

## Bilan économique année 1

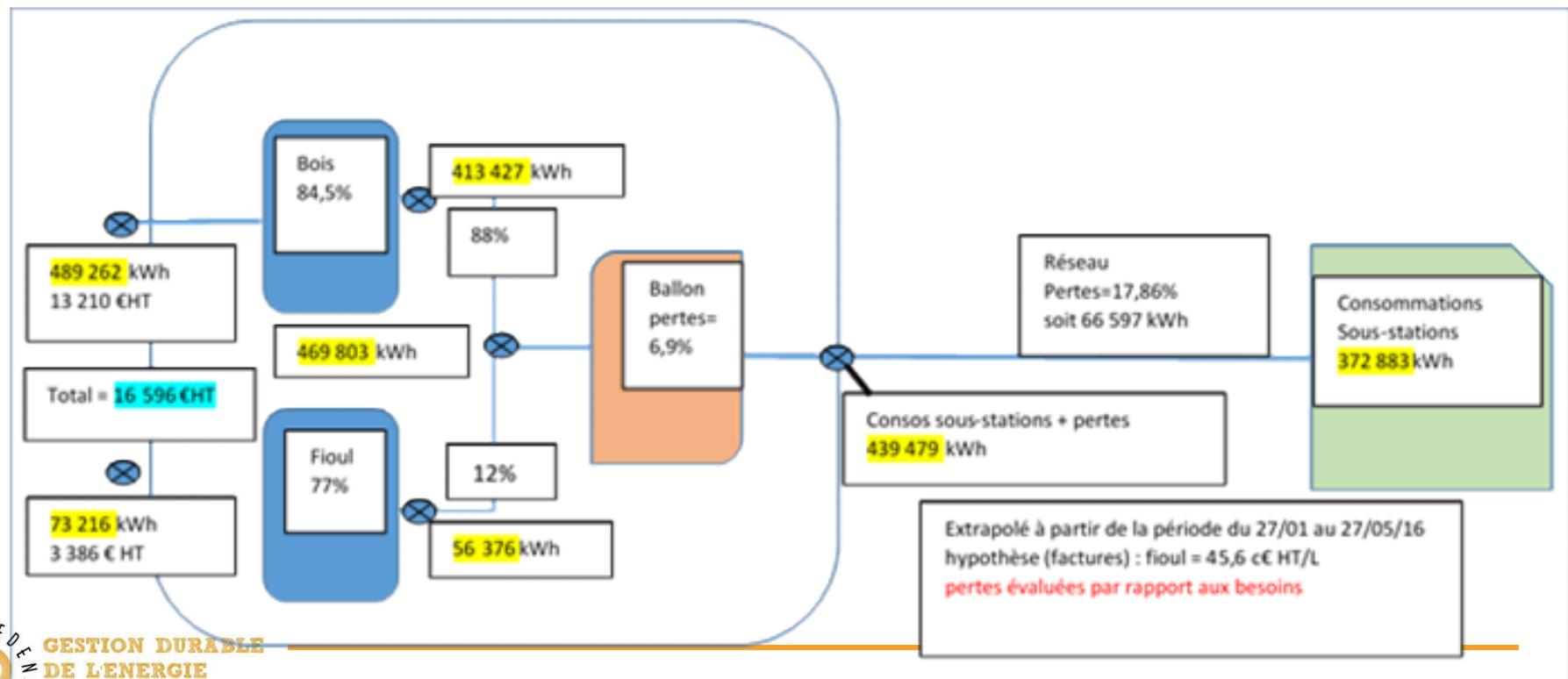
### Comparaison entre :

- **les recettes réelles (vente de chaleur auprès des abonnés) :**
  - $R1 = 44,38 \text{ €HT/MWh}$
  - $R2 = 58 \text{ €HT/KW}$
- **les dépenses réelles (dépenses combustibles, maintenance, provision, prêt,...)**
  - extrapolation des dépenses de combustible sur une saison complète à partir des consommations en sous-station (extrapolées/DJU) et des rendements obtenus sur la période de suivi (27/01 au 27/05)
- L'analyse se fait en €HT : régime de TVA assimilé à celui d'une entreprise (TVA neutre)

# Analyse financière

## Bilan économique année 1

Détermination des dépenses de combustible à partir des consommations en sous-station et des rendements réels



# Analyse financière

## Bilan économique année 1

	Pluralis Logements	OPAC38	Pluralis FPA	Maison médicale	crèche	total
<i>Consommation réelles en sous-station (kWh)</i>	0	37650	276480	33063	25690	372 883
<i>Puissance souscrite (kW)</i>	80	35	110	30	20	275

<b>recettes réelles (€ HT)</b>	R1 €HT	0	1 671	12 270	1 467	1 140	16 548
	R2 €HT	0	2 046	6 430	1 754	1 169	11 399
	<b>Total (€HT)</b>	0	3 717	18 700	3 221	2 309	<b>27 948</b>
<b>dépenses réelles (€ HT)</b>	P1 achat bois						13 210
	P1 achat fioul						3 386
	P2 électricité						2 069
	P2 contrat d'entretien						4 000
	P2 frais administratifs						500
	P3 provisions						2 500
	P4 annuités						7 489
	<b>Total (€HT)</b>						<b>33 154</b>

**Bilan budgétaire année 1 déficitaire -5 206**

**Le budget de l'année 1 est déficitaire en partie puisque les logements de Pluralis ne sont pas encore raccordés.**

---

# Analyse financière

## Bilan économique année 2

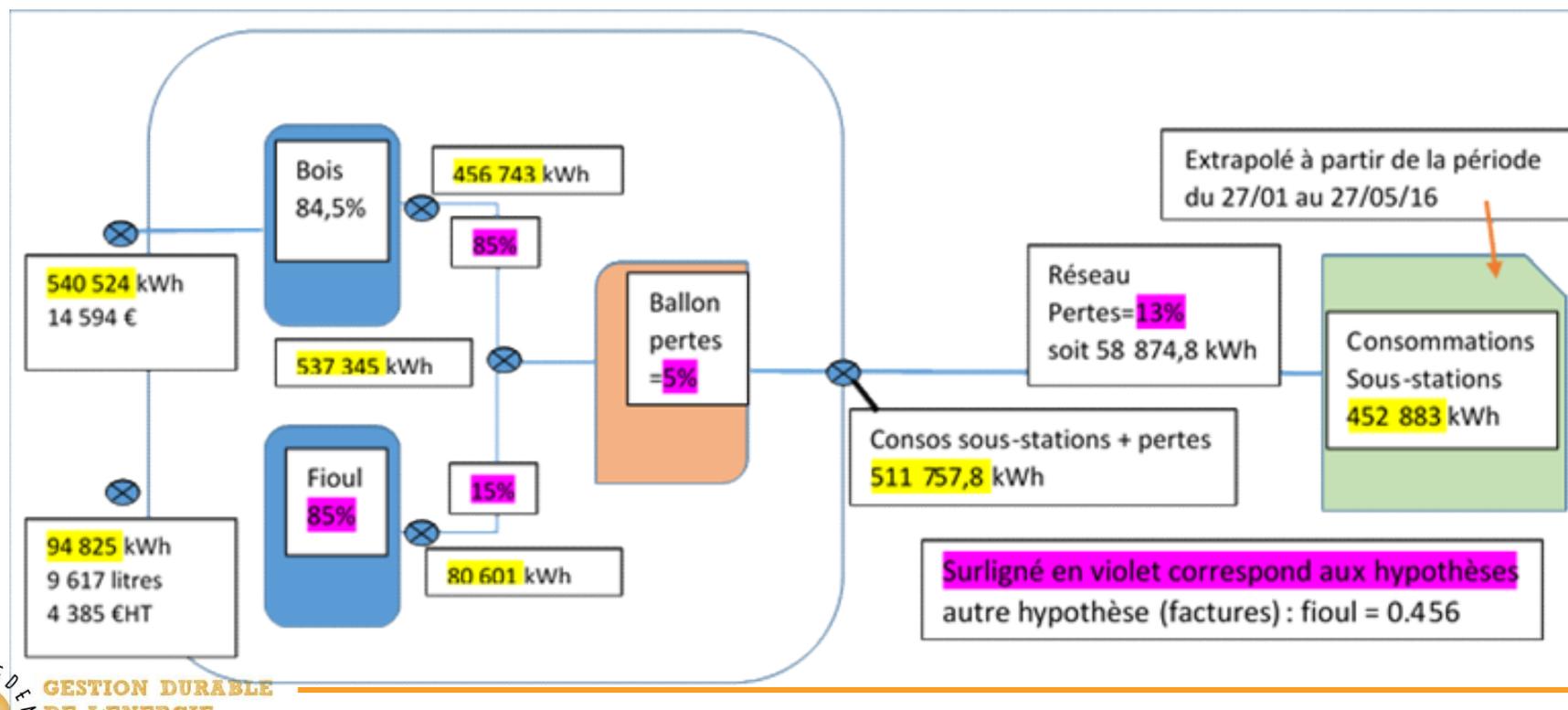
Raccordement des logements de Pluralis :

- **Consommations en sous-station : 80 000 kWh (estimation BE)**
- **Prix de la chaleur identique :**
  - R1 = 44,38 €HT/MWh
  - R2 = 58 €HT/KW
- **les dépenses réelles (dépenses combustibles, maintenance, provision, prêt,...)**
  - extrapolation des dépenses de combustible sur une saison complète à partir des consommations en sous-station (extrapolées/DJU) et des rendements obtenus sur la période de suivi (27/01 au 27/05)

# Analyse financière

## Bilan économique année 2

Détermination des dépenses de combustible à partir des consommations en sous-station et des rendements réels



# Analyse financière

## Bilan économique année 2

	Pluralis Logements	OPAC38	Pluralis FPA	Maison médicale	crèche	total
<i>Consommation réelles en sous-station (kWh)</i>	80000	37650	276480	33063	25690	452 883
<i>Puissance souscrite (kW)</i>	80	35	110	30	20	275

<b>recettes réelles (€ HT)</b>	R1 €HT	3 550	1 671	12 270	1 467	1 140	20 099
	R2 €HT	4 677	2 046	6 430	1 754	1 169	16 076
	<b>Total (€HT)</b>	<b>8 227</b>	<b>3 717</b>	<b>18 700</b>	<b>3 221</b>	<b>2 309</b>	<b>36 175</b>
<b>dépenses réelles (€ HT)</b>	P1 achat bois						14 594
	P1 achat fioul						4 385
	P2 électricité						2 069
	P2 contrat d'entretien						4 000
	P2 frais administratifs						500
	P3 provisions						2 500
	P4 annuités						7 489
	<b>Total (€HT)</b>						<b>35 537</b>

**Bilan budgétaire année 2 excédentaire 638**

**Le budget de l'année 2 devient excédentaire**

# Analyse financière

## Bilan économique année 2 (avec hypothèse subvention région à 92 300 €HT)

	Pluralis Logements	OPAC38	Pluralis FPA	Maison médicale	crèche	total
Consommation réelles en sous-station (kWh)	80000	37650	276480	33063	25690	452 883
Puissance souscrite (kW)	80	35	110	30	20	275

<b>recettes réelles (€ HT)</b>	R1 €HT	3 550	1 671	12 270	1 467	1 140	20 099
	R2 €HT	4 677	2 046	6 430	1 754	1 169	16 076
	<b>Total (€HT)</b>	<b>8 227</b>	<b>3 717</b>	<b>18 700</b>	<b>3 221</b>	<b>2 309</b>	<b>36 175</b>
<b>dépenses réelles (€ HT)</b>	P1 achat bois						14 594
	P1 achat fioul						4 385
	P2 électricité						2 069
	P2 contrat d'entretien						4 000
	P2 frais administratifs						500
	P3 provisions						2 500
	P4 annuités						6 682
	<b>Total (€HT)</b>						<b>34 730</b>

**Bilan budgétaire année 2 excédentaire 1 445**

**Le budget de l'année 2 devient excédentaire de 1 445 €HT se qui permettra d'intégrer une partie des interventions**

# Analyse financière

**Bilan économique année 2** (avec hypothèse subvention région à 92 300 €HT et en intégrant le coût d'intervention de l'agent communal dans le cas d'un scénario optimisé)

	Pluralis Logements	OPAC38	Pluralis FPA	Maison médicale	crèche	total
Consommation réelles en sous-station (kWh)	80000	37650	276480	33063	25690	452 883
Puissance souscrite (kW)	80	35	110	30	20	275

recettes réelles (€ HT)	R1 €HT	3 550	1 671	12 270	1 467	1 140	20 099
	R2 €HT	4 677	2 046	6 430	1 754	1 169	16 076
	Total (€HT)	<b>8 227</b>	<b>3 717</b>	<b>18 700</b>	<b>3 221</b>	<b>2 309</b>	<b>36 175</b>
dépendances réelles (€ HT)	P1 achat bois						14 594
	P1 achat fioul						4 385
	P2 électricité						2 069
	P2 contrat d'entretien						4 000
	P2 agent communal						2 346
	P2 frais administratifs						500
	P3 provisions						2 500
	P4 annuités						6 682
Total (€HT)						<b>37 076</b>	

**Bilan budgétaire année 2 déficitaire - 901**



Le budget de l'année 2 devient déficitaire de 901 €HT mais reste très proche de l'équilibre.  
L'équilibre peut s'obtenir en ajustant ou en optimisant certains autres postes de dépense.

# Analyse financière

## Synthèse économique année 2

	Année 1 réelle (hors coût d'intervention commune)		Année 2 (hors coût d'intervention commune)		Année 2 (hors coût d'intervention commune) - ajustement subvention région		Année 2 (hors coût d'intervention commune) - ajustement subvention région + coût intervention commune optimisé	
	recettes	dépenses	recettes	dépenses	recettes	dépenses	recettes	dépenses
vente de chaleur Pluralis logement	0		8 227		8 227		8 227	
vente de chaleur OPAC38	3 717		3 717		3 717		3 717	
vente de chaleur Pluralis FPA	18 700		18 700		18 700		18 700	
vente de chaleur Maison médical	3 221		3 221		3 221		3 221	
vente de chaleur Crèche	2 309		2 309		2 309		2 309	
P1 achat bois		13 210		14 594		14 594		14 594
P1 achat fioul		3 386		4 385		4 385		4 385
P2 electricité chaufferie		2 069		2 069		2 069		2 069
P2 contrat d'entretien		4 000		4 000		4 000		4 000
P2 intervention agent communal		nc		nc		nc		2 346
P2 frais administratifs (facturation)		500		500		500		500
P3 provisions		2 500		2 500		2 500		2 500
P4 annuités		7 489		7 489		6 682		6 682
<b>Total</b>	<b>27 948</b>	<b>33 154</b>	<b>36 175</b>	<b>35 537</b>	<b>36 175</b>	<b>34 730</b>	<b>36 175</b>	<b>37 076</b>
<b>résultat</b>		<b>-5 206</b>		<b>638</b>		<b>1 445</b>		<b>-901</b>

---

# Préconisations

- **Fonctionnement :**

- **Prévoir un contrat de fourniture** de bois avec clause de pénalité en cas de combustible non conforme (si fréquence trop importante)
  - dédommagement des surcoûts d'exploitation liées aux pannes pour non-conformité
- Prévoir un contrat de fourniture de bois sur 2 ou 3 ans (relation de confiance)
- Inversion du sens de rotation en cas de blocage de la vis (option : environ 3 000 €HT – semble peu pertinent au regard du coût)
- Prévoir la **mise en concurrence du contrat de maintenance** pour l'année 2
- Prévoir une **réduction de la fréquence de relève des compteurs** (tous les mois par exemple)
- Prévoir une **jauge électronique pour la cuve fioul** afin de limiter l'incertitude sur le rendement de la chaudière fioul (jauge pneumatique actuellement)
- **Maintenir les interventions sur les réglages** des températures de consigne en chaufferie selon la période de la saison de chauffe

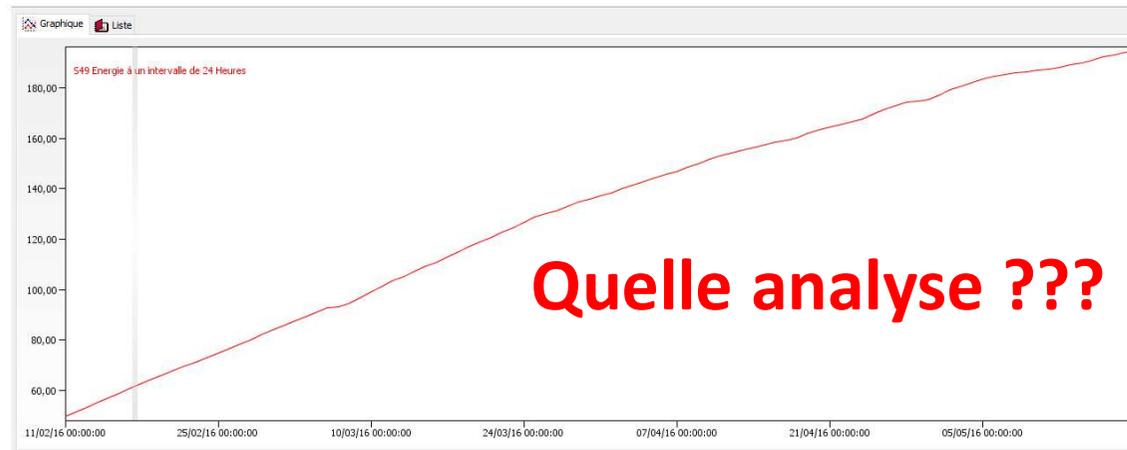
---

# Préconisations

- **Suivi : les indicateurs**
  - **Maintenir la relève des compteurs et le suivi des indicateurs**
    - Consommation sortie chaudière fioul
    - Consommation sortie chaudière bois
    - Consommation départ réseau
    - Consommation sous-station
  - Taux de couverture bois
  - Pertes ballon
  - Pertes réseau de chaleur
  - *Signature énergétique de chaque bâtiment ? (nécessite l'intégration des DJU...) - est-ce adapté aux services de la commune ?*

# Préconisations

- **Suivi : outil de supervision actuel (TREND)**
  - Consommation et puissance sortie chaudière fioul
  - Consommation et puissance départ réseau
  - Consommation est puissance sortie chaudière bois
  - exemple graphique ci-dessous (consommation sortie chaudière bois) :



- **Revoir avec TREND la mise en forme des indicateurs de suivi (nécessitera un avenant...)**

---

# BILAN

- Plan de comptage - une obligation pour le suivi
- Importance du suivi des indicateurs
- Importance de l'optimisation des réglages (température de consigne, cascade de chaudière,...)
- Importance de la qualité du combustible, fiabilité du matériel,...
- Implication et réactivité du MO (point très positif pour ce projet - implication forte de l'employé communal),...
- Importance du suivi du bilan financier annuel