



Plan  
Climat



Grand  
Besançon  
Métropole



# LES RENDEZ-VOUS DU BÂTIMENT INNOVANT

 Pôle énergie  
Bourgogne  
Franche-Comté  
Réussir la transition écologique du bâtiment

## Au programme

Focus sur le développement des énergies renouvelables, notamment sur la biomasse

- Principe de fonctionnement et avantages de la solution mobile
- Observation du conteneur mobile et présentation de ses composants
- Démonstration du processus de chargement des plaquettes

## Intervenants

**Philippe Chambrelent**, Chargé de mission énergies renouvelables - [AJENA](#)

**Jean-Camille Titeux**, Chargé d'études bois énergie - [VILLE DE BESANCON](#)

**Damien Compagnon**, Gérant, [Bureau d'études B2EC](#)

**Stéphane Millet**, Responsable technique - [ISBA Besançon](#)



# Centre de ressources régional du bâtiment durable

au service des professionnels  
et acteurs du bâtiment

Financé par :

Membre du :

Avec le soutien de :

# Le Pôle énergie,

## L'ACTEUR CLÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE DU BÂTIMENT EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Établissement public au service des professionnels et acteurs du bâtiment



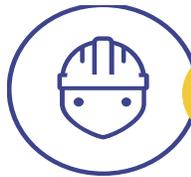
### NOS MISSIONS

- **Mobiliser les professionnels et acteurs du bâtiment** sur toutes les questions en lien avec la transition énergétique et écologique
- **Les accompagner** dans l'évolution de leurs pratiques professionnelles et dans l'acquisition de nouvelles compétences

# Le Pôle énergie,

## L'ACTEUR CLÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE DU BÂTIMENT EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Établissement public au service des professionnels et acteurs du bâtiment



### NOS PUBLICS

- **Artisans et entreprises du bâtiment**
- **Acteurs de la maîtrise d'œuvre et de l'accompagnement technique**  
Architectes, bureaux d'études, diagnostiqueurs, économistes, bureaux de contrôle, conseillers...
- **Acteurs de la maîtrise d'ouvrage publique et privée**  
Collectivités, bailleurs sociaux, syndicats de copropriétés, promoteurs, établissements de santé et médico-sociaux...
- **Acteurs de la formation professionnelle et de l'emploi**

# Le Pôle énergie,

## L'ACTEUR CLÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET ÉCOLOGIQUE DU BÂTIMENT EN BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

Établissement public au service des professionnels et acteurs du bâtiment



### NOS PRINCIPAUX DOMAINES DE COMPÉTENCES

- La sobriété et l'efficacité énergétique
- Les énergies renouvelables intégrées au bâti
- Le réemploi des matériaux
- Les matériaux biosourcés
- La qualité de l'air intérieur
- Le confort d'été



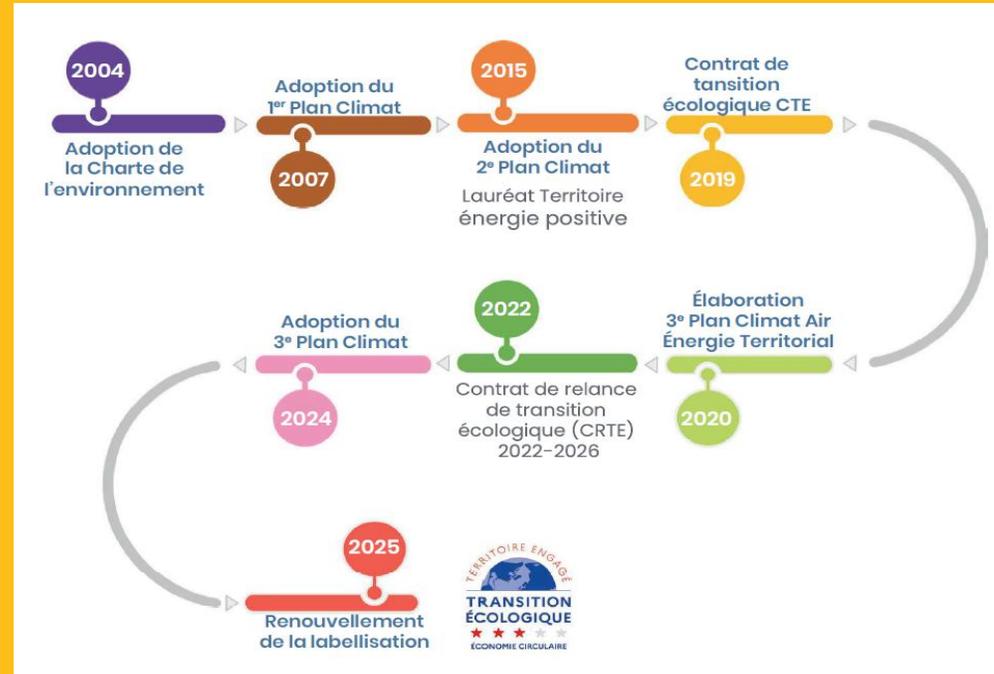
Plan  
Climat



Grand  
Besançon  
Métropole

# Plan Climat 2024-2029





Le territoire de grand Besançon est historiquement engagé sur la voie de la transition écologique. Adoptant une charte de l'environnement dès 2004, suivie par deux plans climat. Il a été lauréat de différents appels à projets nationaux et bénéficie de labels d'excellence en la matière.

Afin d'être à la hauteur face aux enjeux, Grand Besançon a élaboré une stratégie autour de 4 ambitions, déclinées en 40 actions principales.

L'objectif reste de devenir un territoire à énergie positive à horizon 2050, et adapté aux conditions climatiques futures.

- Devenir un territoire à énergie positive suppose à la fois de réduire de moitié les consommations d'énergie du territoire d'ici 2050 et de multiplier par 8,6 la production d'Energie Renouvelable et de Récupération (EnRR) par rapport à 2016.

- Le maintien voire le développement des capacités de séquestration et de stockage de carbone sur le territoire.
- L'adaptation du territoire au changement climatique passe à la fois par des politiques d'aménagement urbain durable, de gestion de la ressource en eau et de préservation des corridors écologiques.

- Enfin, l'amélioration de la qualité de l'air demeure une priorité afin de réduire l'exposition de la population.

Pour y parvenir, la stratégie se fonde sur l'idée de « penser autrement afin de mieux préserver, mieux vivre et mieux produire ».

# 4 AMBITIONS - 40 ACTIONS CIBLES

AMBITION 1 : Penser autrement

AMBITION 2 : Mieux préserver et valoriser notre capital naturel

AMBITION 3 : Mieux vivre au quotidien

AMBITION 4 : Mieux produire



## 28 – Coopérer avec les acteurs professionnels du bâtiment et de l'immobilier afin d'organiser la montée en puissance des professionnels de la rénovation énergétique des bâtiments

La rénovation des bâtiments : axe fort du Plan Climat.

- mesures d'accompagnement des particuliers et des bailleurs dans des rénovations ou constructions exemplaires
  - accompagnement des acteurs de la filière bâtiment pour être en capacité d'assurer des réalisations optimales du point de vue de l'efficacité énergétique et de l'utilisation de nouveaux matériaux.
- 



## 3 Déclinaisons opérationnelles

- Pérenniser les Rendez-vous du bâtiment innovant en partenariat avec le Pôle Energie BFC
  - Poursuivre la sensibilisation et la formation des professionnels à la rénovation globale et performante, aux nouvelles pratiques et aux nouveaux matériaux
  - Proposer une filière de formation professionnelle des métiers de la rénovation énergétique
- 



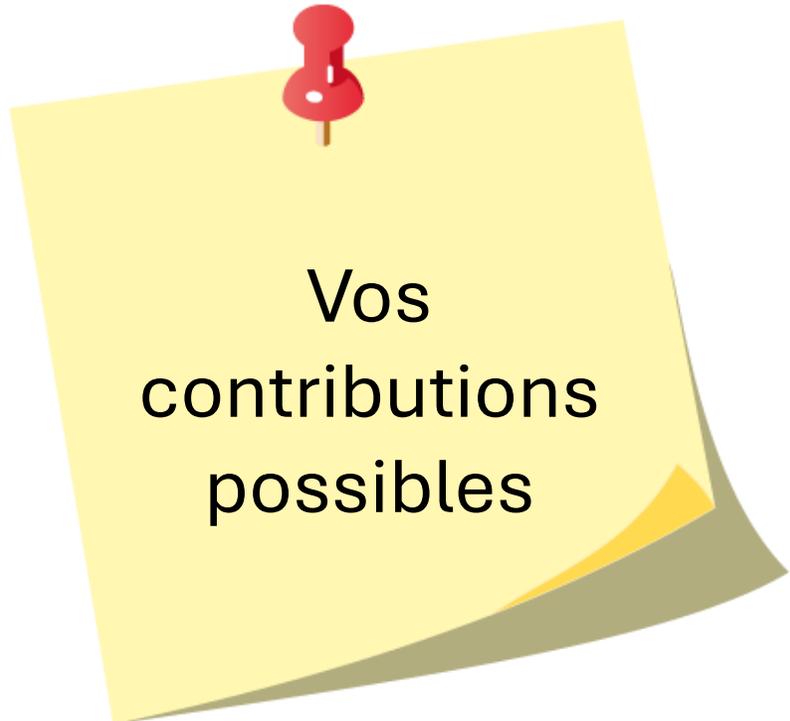
Plan  
Climat



Grand  
Besançon  
Métropole



Vos besoins



Vos  
contributions  
possibles

**Elsa DUPONT**

Chargée de mission transition  
écologique  
Département Transition Ecologique  
Service Environnement et cadre de vie

Tél : 03 81 87 88 65

[elsa.dupont@grandbesancon.fr](mailto:elsa.dupont@grandbesancon.fr)

<https://www.grandbesancon.fr/infos-pratiques/environnement/developpement-durable/plus-de-developpement-durable/plan-climat-nouvel-elan/>

**Le Bois Energie**  
**&**  
**Quelques points clés pour réussir**  
**un projet Bois Energie**



**AJENA**

# L'association AJENA

## La structure

### STRUCTURE

- Association reconnue d'intérêt général
- Créée en 1980
- 130 adhérents et 10 salariés

### OBJET

- Accompagnement de la transition énergétique (Sobriété, efficacité, énergies renouvelables)

### IMPLANTATION

- Région Franche-Comté
- Réseaux nationaux et européens



**AJENA**

## Ses missions

### CONSEIL

- Particuliers
- Copropriétés
- Professionnels du bâtiment
- ...

### ACCOMPAGNEMENT DE PROJETS

- Energie renouvelable
- Rénovation

### ANIMATION, FORMATION, SENSIBILISATION

- Scolaires
- Professionnels de l'immobilier
- EnR Citoyenne
- Particuliers.

## L'animation Chaleur Renouvelable

Prospection  
de projets

Sensibilisation  
Promotion

Accompagnement  
des porteurs de  
projet



### Porteurs éligibles

Porteurs publics et privés  
à l'exception des particuliers

### Types de projet

Bois Energie - Géothermie  
Solaire thermique



Convention avec  
l'ADEME et la Région

En partenariat avec

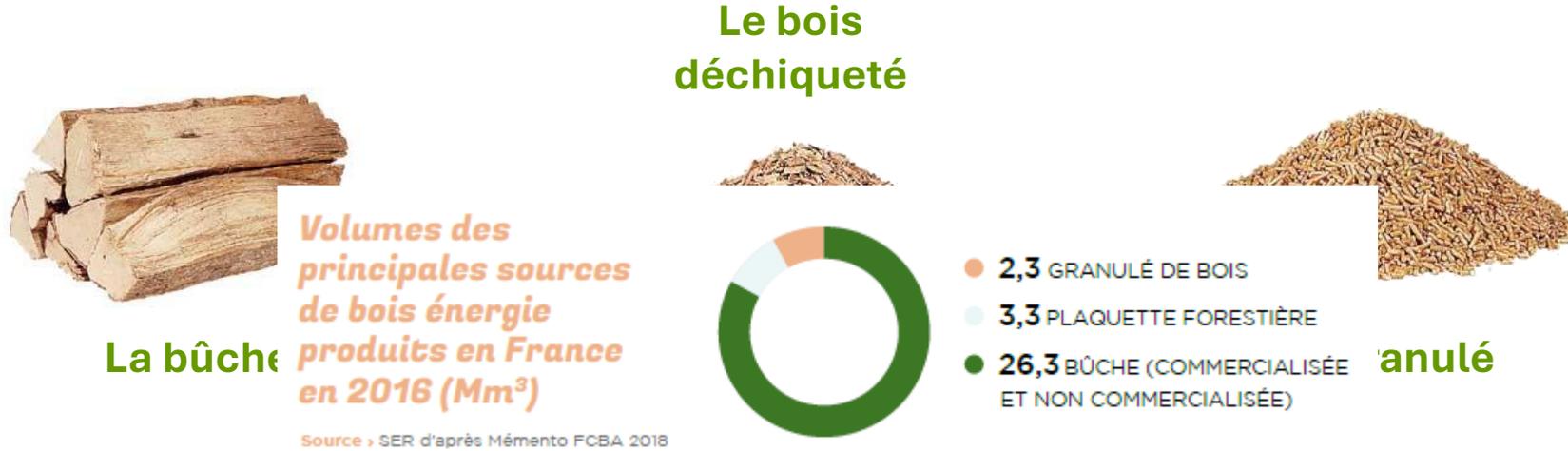


RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE



COFINANCÉ  
PAR L'UNION  
EUROPÉENNE

# Le bois énergie

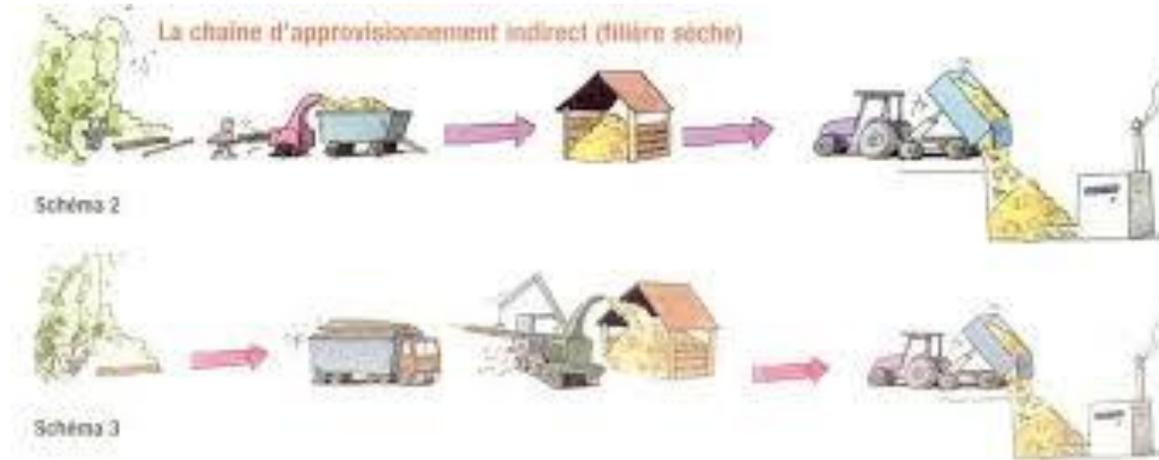


	Origine	Part de marché	Unité	Automaticité
Bûche	Forêt Bocage	82%	Stère	Non
Bois déchiqueté	Forêt, Bocage,	10%	Tonne, MAP	Oui
Granulé	Indus. du bois	8%	Tonne	

MAP : mètre cube de plaquette

# Le bois énergie

## Le bois déchiqueté



Source : Proforêt

# Le bois énergie

## Le bois déchiqueté

### Une fabrication artisanale, mais un combustible standardisé

Classification professionnelle simplifiée des produits finis bois déchiquetés propres (non adjuvés)

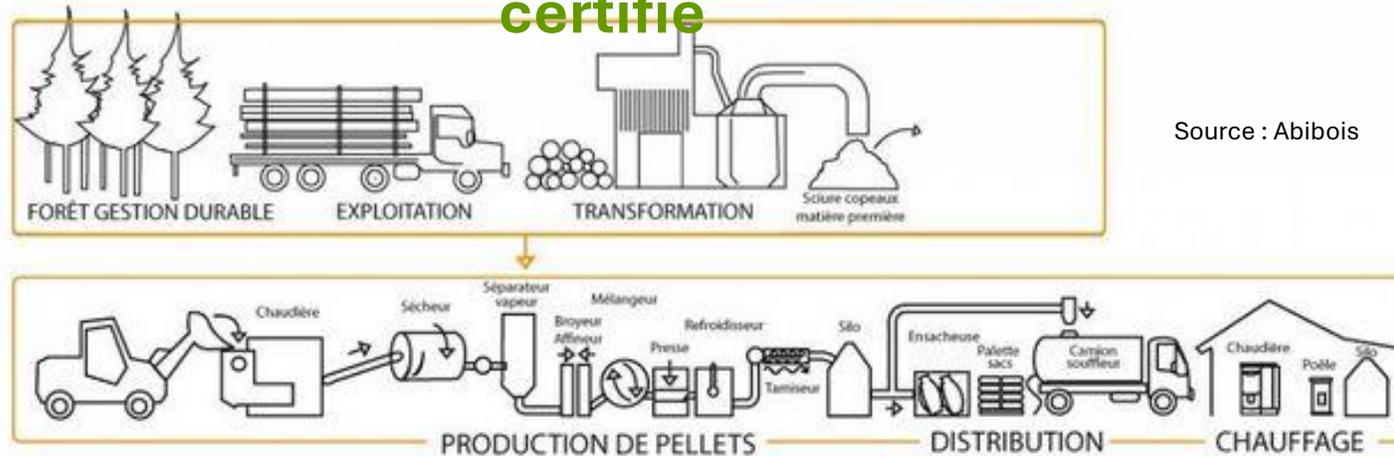
catégorie et forme	classe de granulométrie	classe d'humidité	taux cendres	Contenu énergétique	préconisations d'utilisation	nature, origine combustible
<i>Petites plaquettes bois calibrées fins sèches</i> C1	P16-P45A	M15-M30	A0.5-A0.7	3,4 à 4,2 MWh/t moy: 3800 kWh/t	petite à très petite chaudière P < 200kW - 300 kW foyer volcan, désilage vis	PF, CIB sans écorces
<i>Plaquettes calibrées ressuyées</i> C2	P45-P63	M30-M40	A1.0-A2.0	2,8 à 3,4 MWh/t moy: 3100 kWh/t	petite à moyenne chaudière de 400 kW jusqu'à 1,5 MW foyer volcan, désilage vis	PF, CIB % écorces faible
<i>Plaquettes-broyats non calibrés humides</i> C3	P63-P125	M35-M45	A1.5-A3.0	2,5 à 3,1 MWh/t moy: 2800 kWh/t	moyenne chaudière 800 KW < P < 3 - 5 MW foyer grille (voire volcan)	mix-produit PF, CIB, BFV % écorces < 50%
<i>Broyats non calibrés très secs</i> C4	P100-P200	M10-M20	A1.0 - A3.0	3,9 à 4,5 MWh/t moy: 4200 kWh/t	moyenne à grosse chaudière 0,8 - 1 MW < P < 3 à 5 MW foyer grille ou équivalent	broyat palettes BFV, CIB sans écorces
<i>Broyats-mélanges non calibrés très humides</i> C5	P100-P200	M40-M55	A3.0-A5.0	1,9 à 2,8 MWh/t moy: 2400 kWh/t	très grosse chaudière P > 5 - 6 MW foyer grille ou équivalent	Mix produit PF, CIB % écorces élevé % BFV peu élevé

Document CIBE

# Le bois énergie

## Le granulé

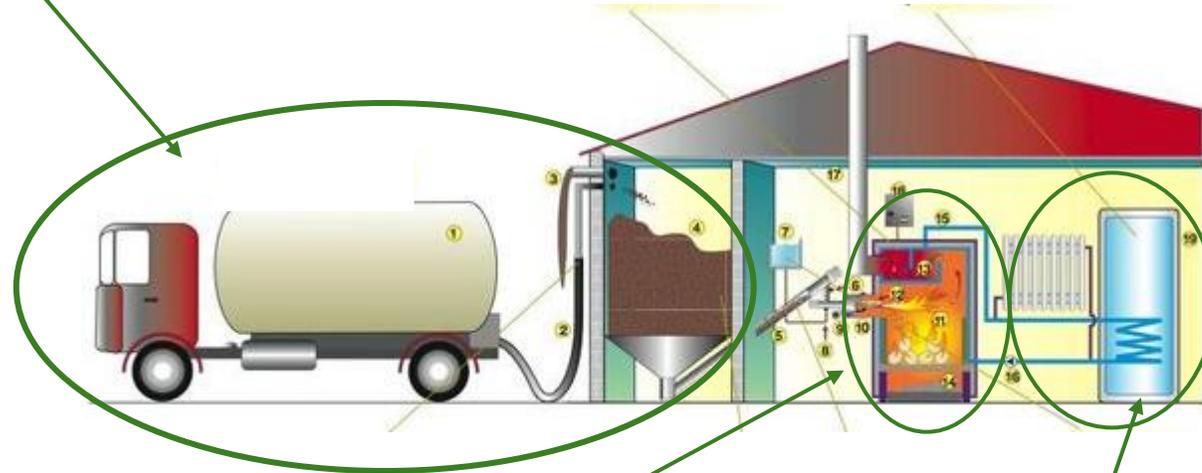
Un produit industriel normalisé et certifié



# Le bois énergie

## Les composants d'une chaufferie bois

Livraison & Stockage combustible



Chaudières

Périphériques

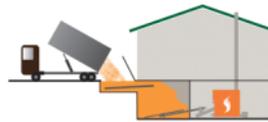
# Le bois énergie

## Le stockage du bois déchiqueté

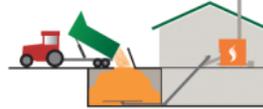
### SILO EN SOUS-SOL



Silo en sous-sol avec un accès direct pour un remplissage par gravité.

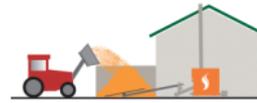


Silo en sous-sol avec remplissage par vis de transfert HEIZOSCHNECK.



Silo en sous-sol avec chaîne d'alimentation à godets vers le niveau supérieur.

### SILO DE PLAIN-PIED



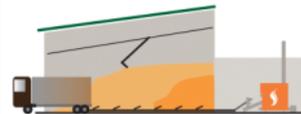
Silo de plain-pied avec remplissage direct.



Silo de plain-pied avec remplissage par souffleur ou convoyeur ascensionnel HEIZOTRANS.



Silo de plain-pied avec remplissage par vis de transfert HEIZOSCHNECK.



Silo de plain-pied avec échelles racleuses ou top-loader pour dépotage par fond mouvant.

### SILO EN ÉTAGE



Silo en hauteur et alimentation de la chaudière au niveau inférieur par tube de chute.



Silo en hauteur comme la chaudière, remplissage par souffleur ou convoyeur ascensionnel HEIZOTRANS.



Silo en hauteur accessible par souffleur ou convoyeur ascensionnel HEIZOTRANS et alimentation de la chaudière au niveau inférieur par tube de chute.



Silo de plain-pied avec remplissage par camion souffleur.

Source : Saelen-energie

# Le bois énergie

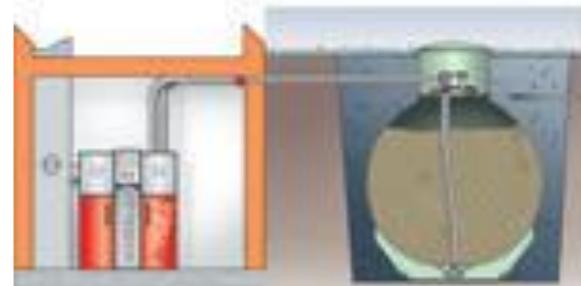
## Le stockage du granulé



Source : ÖKOFEN



Source : FROLING



Source : HARGASSNER

# Le bois énergie



## Les chaudières

### Caractéristiques :

- ✓ Gamme très large !!!!!
- ✓ Rendement > 90%
- ✓ Haut degré d'automatisme
- ✓ Puissance : 6 kW à 100 000 kW
- ✓ Poids : 200 kg à 200 T

Source : COMTE.R



Source : Hargassner



Source : Vyncke

# Le bois énergie

## Quelques réalisations



Source : bioenergie-promotion.fr



Source : Hargassner



Source : rencurel-vercors.fr



Source : bioenergie-promotion.fr



Source : Ajena

# Le bois énergie

## Pourquoi ce combustible

- ✓ Faible émetteur de gaz à effet de serre
- ✓ Ressource disponible localement
- ✓ Filière structurée en BFC
- ✓ Combustible économiquement compétitif / stabilité du prix
- ✓ Participe au développement / mair de l'économie locale
- ✓ Indépendance énergétique / balance commerciale



43 %

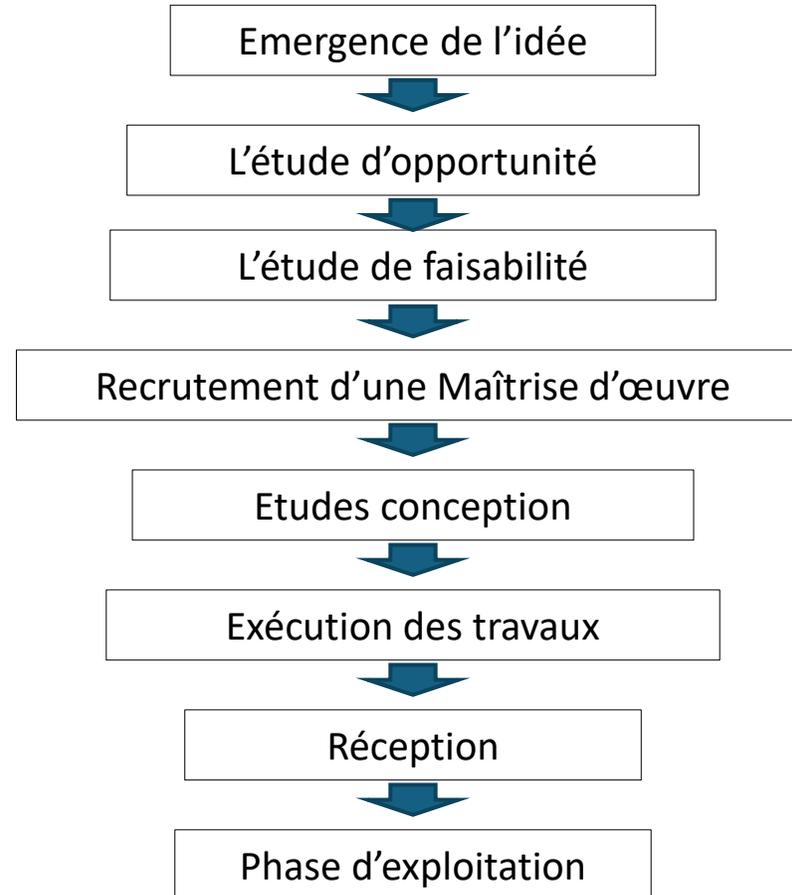
15 %

41 %

Récolté par la filière professionnelle

# Le bois énergie

## Déroulé type d'un projet



# Le bois énergie

## Quelques points clés

### L'étude de faisabilité

- ✓ Doit permettre un choix éclairé
- ✓ Doit prendre en compte les spécificités du bois énergie dans la conception

### Recrutement de la Maîtrise d'œuvre

- ✓ Doit permettre de sélectionner une Moe compétente

### Réception, année de parfait achèvement

- ✓ Réception dynamique
- ✓ Le critère « ça chauffe bien » n'est pas suffisant

# Le bois énergie

## Quelques points clés

### Phase d'exploitation

- ✓ Il ne faut pas attendre plus d'un contrat que ce qu'il contient
- ✓ Bien définir le « Qui fait Quoi »
- ✓ Un contrat de maintenance n'exonère pas de ses devoirs

# Échanges

Questions - réponses



# **Retour d'expérience sur la mise en place d'un container chaufferie bois à l'ISBA**

Jean-Camille TITEUX

Direction Maitrise de l'Energie - Ville de Besancon

20/03/2025

# Sommaire

- 1 – Contexte et enjeux
- 2 – Container biomasse, quèsaco?
- 3 – ISBA : Quelques chiffres clés
- 4 – Les étapes du projet
- 5 – Chiffres clés et interprétation
- 6 – Problèmes / solutions
- 7 – Conclusion et perspectives

# 1 - Contexte et enjeux

## Stratégie GBM, décret tertiaire, PCAET...

- Baisse des émissions de GES
- Maitrise coût de l'énergie

→ Projet développement RCU sur périmètre Ville / GBM / public / privé

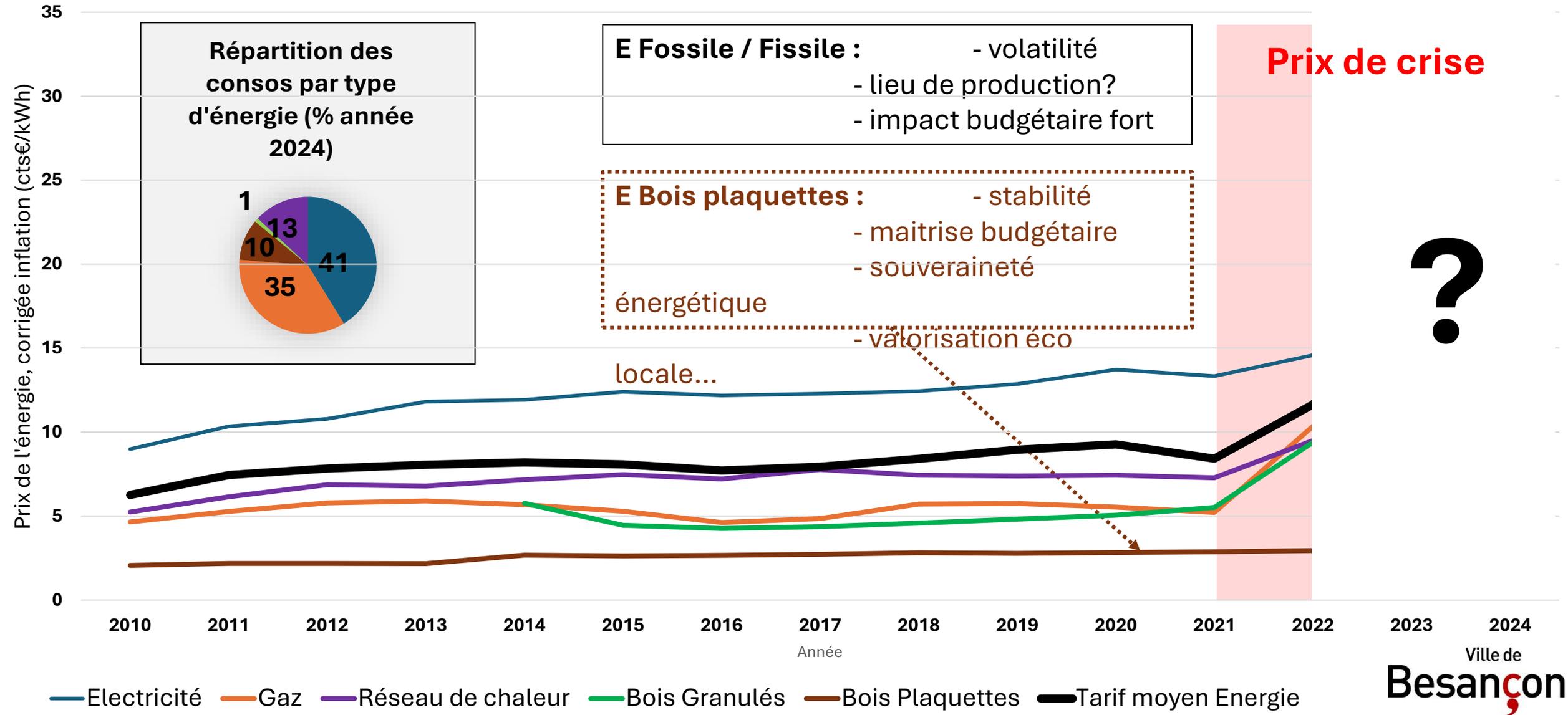
**2021 = Crise énergétique**

## Quelles solutions?

- Mise en œuvre à court terme (1 à 2ans)
- Réversibles / modulaires / réutilisable

# 1 - Contexte et enjeux

## Evolution du prix de l'énergie sur patrimoine ville de Besançon



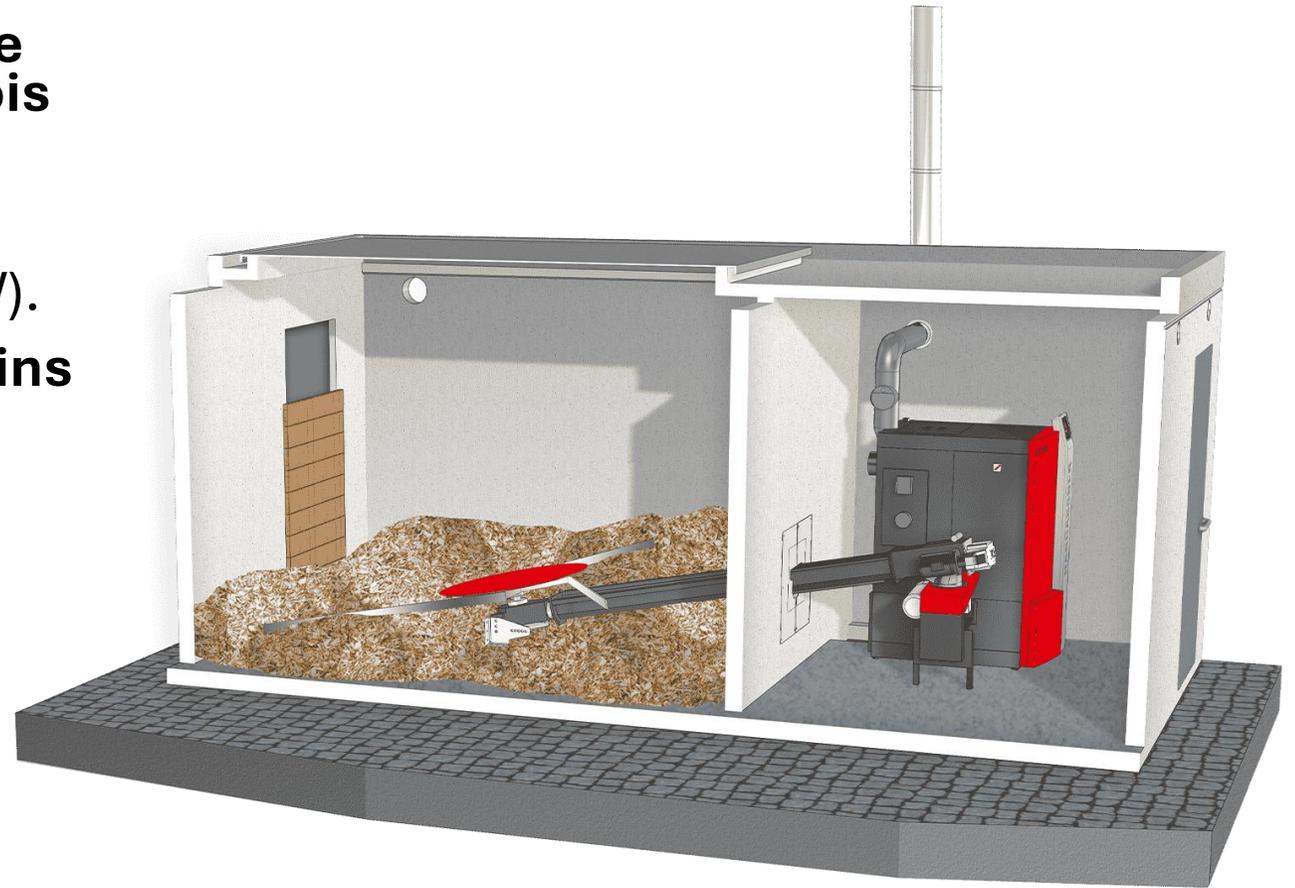
## 2 – Container biomasse – quésaco?

**Système de production de chaleur renouvelable « plug and play » intégrant une chaudière automatique fonctionnant au bois déchiqueté et un silo de stockage.**

- Petite/moyenne puissance (120kW à 230kW).
- Dimensionner pour couvrir **> 50% des besoins de chauffage annuels du site**

### **Avantages :**

- Mise en œuvre aisée : peu de modification hydraulique et électrique,
- Baisse importante des émissions de GES / chaudières à E fossile (gaz / fioul)
- Respect des exigences réglementaires ERP
- Installation temporaire ou pérenne
- TRI intéressant



# 3 – ISBA : Etat des lieux

**Un bâtiment énergivore (très) difficile à isoler :**

- SHON : **7824m<sup>2</sup>**
- Surfaces vitrées ++ / murs béton
- Déperditions : **1000 kW**
- Chauffage par **radiateurs HT°**
- Conso (2017/2019) : **971 MWh/an**
- Facture gaz « crise » : **160 k€/an**
- Raccordement RCU été 2027

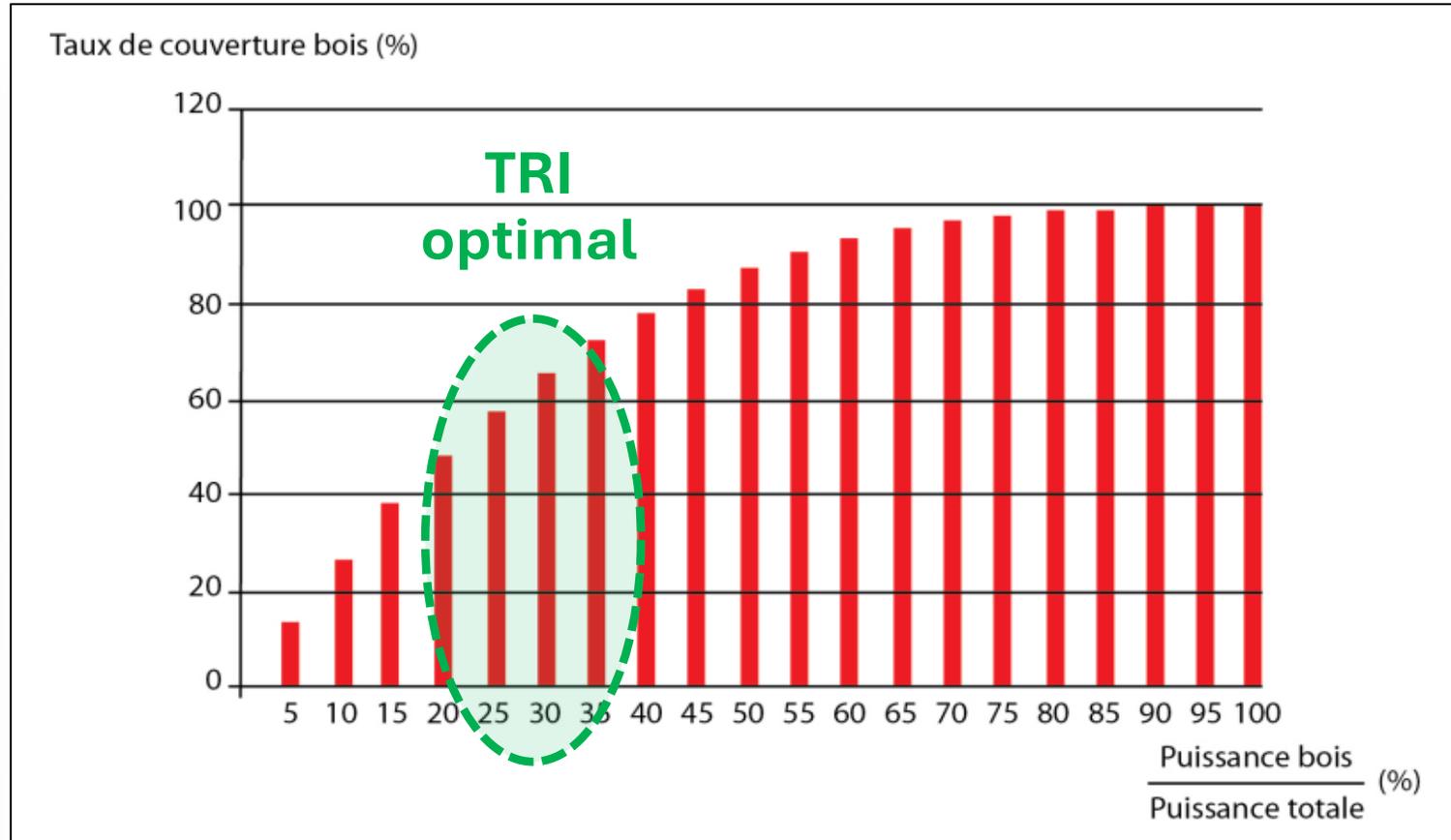
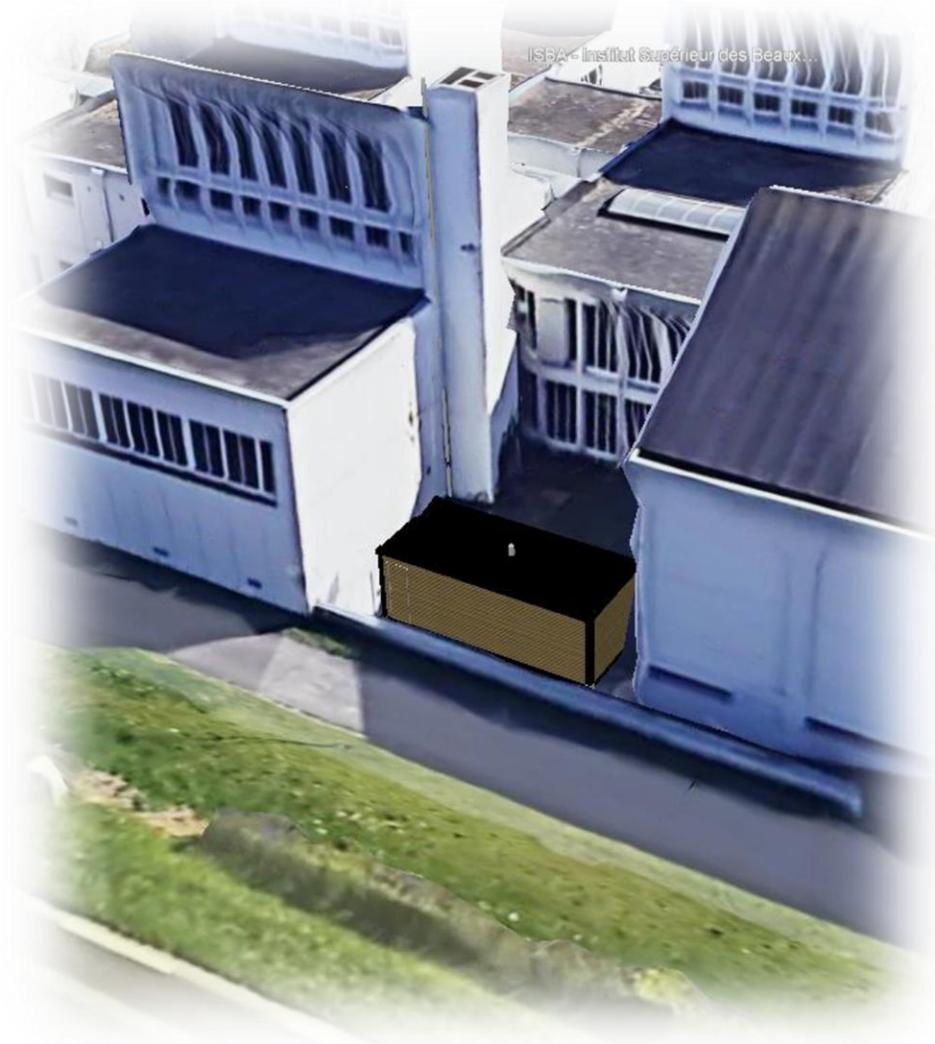
**Prérequis :**

- Taux de couverture **OK**
- Zone d'implantation container **OK**
- Accès camion de livraison **OK**
- Pas d'avis ABF



# 3 – Les étapes du projet

→ Etude d'opportunité → Etude de faisabilité → Déclaration PC + Marché → Travaux → Mise en service (06/2022 au 12/2023)



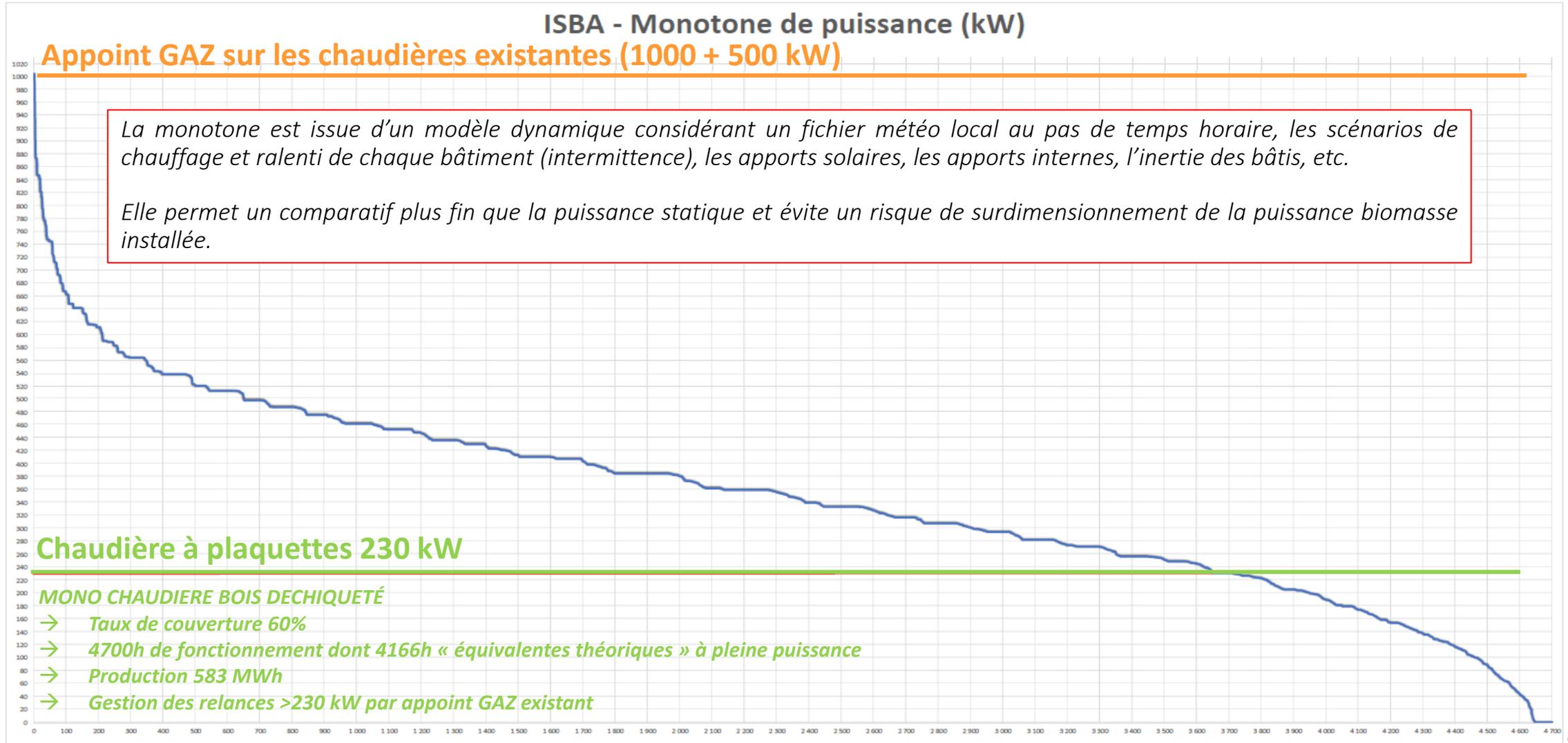
Puissance totale ISBA = 1000 kW

donc si P bois = 120 kW → couverture env. 45%

et si **230 kW** → **couverture env. 60%...**

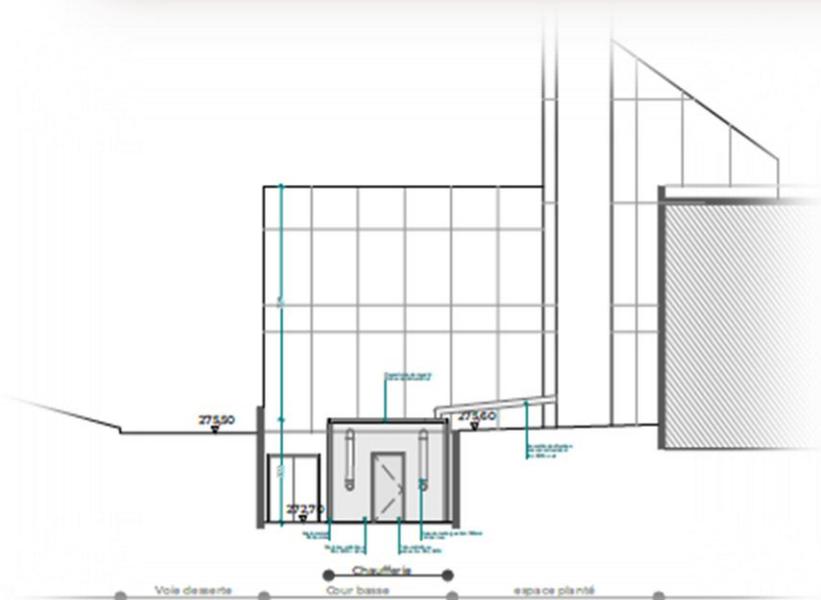
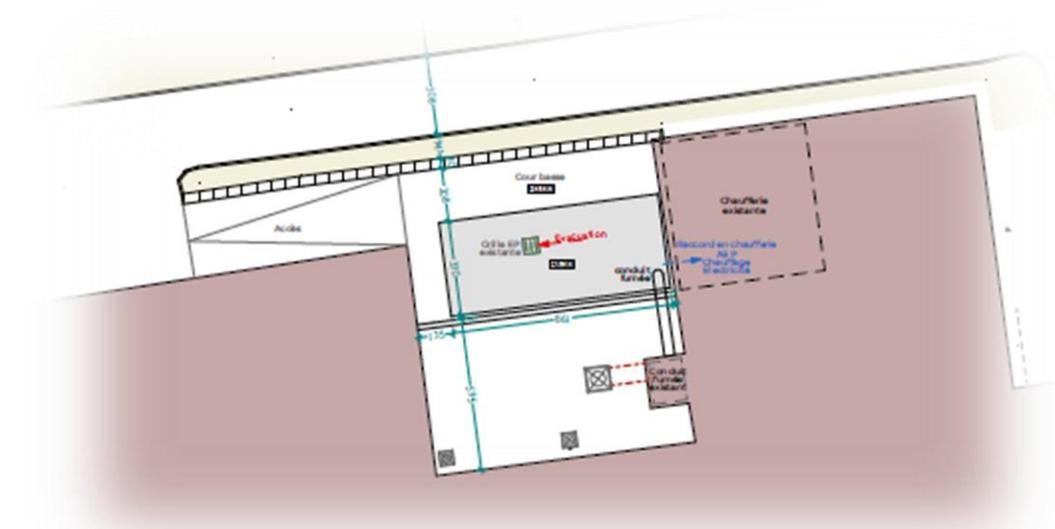
# 3 – Les étapes du projet

→ Etude d'opportunité → Etude de faisabilité → Déclaration PC + Marché → Travaux → Mise en service (06/2022 au 12/2023)



# 3 – Les étapes du projet

→ Etude d'opportunité → Etude de faisabilité → Déclaration PC + Marché → Travaux → Mise en service (06/2022 au 12/2023)



Avril à Juillet 2023 : **Permis de construire et Marché de travaux**

- **Emprise > 20m<sup>2</sup>**

- MAPA 3 lots : (Chaufferies biomasse / Raccordements et réseaux / VRD Gros œuvre)

# 3 – Les étapes du projet

→ Etude d'opportunité → Etude de faisabilité → Déclaration PC + Marché → Travaux → Mise en service (06/2022 au 12/2023)

Juillet à décembre 2023 : **Travaux et Mise en service**

- Fondations (radier)
- Livraison container et raccordement réseaux (hydraulique/électrique/comm)
- Fumisterie
- 1ere livraison de bois et mise en service



# 5 – Chiffres clés et Interprétation

		Etude de faisabilité	Réelles (année 2024)	
P1	E utile Biomasse (MWh/an)	583	507	
	E brute Gaz (MWh/an)	388	344	
	E totale Biomasse + Gaz (MWh/an)	971	851	
	Taux de couverture	60	60	→ Taux de couverture du container bois conforme à l'estimatif.
	Cout E Biomasse (€/MWh)	45	52	
	Cout annuel E Biomasse (€/an)	26235	26240	
	Cout E Gaz (€/MWh)	143	189	
	Cout annuel E Gaz (MWh/an)	55484	64876	
	Cout annuel E Gaz + Biomasse (€/an)	81719	91116	
	Cout équivalent si 100% Gaz	138853	160483	
	Gain / Solution actuelle	57134	69367	→ Gain annuel réel
P2	Cout global exploitation (€/an)	8500	10224	→ Cout d'exploitation réel légèrement supérieur
P1 + P2	Cout réel E Biomasse (€/MWh)	/	72	
Invest	Cout d'investissement total (€TTC)	277 631	299 382	→ Montant global d'investissement supérieur de 8%
	Gain total (€TTC/an)	48 634	59 143	
	TRI Brut hors subvention	5,7	5,1	→ TRI conforme à l'estimatif
GES	CO2 substitué (Tonnes/an)	123	107	

# 6 – Problèmes identifiés / Solutions ?

Problèmes	Solutions
<b>Bruit et poussière de bois générés lors des livraisons</b> - La poussière de bois pénètre en chaufferie lors des livraisons. Risque pour la santé des intervenant sur site / potentiel risque d'incendie / problème de pérennité du matériel (électrique/électronique).	- Utiliser une turbine d'aspiration des poussières lors des livraisons, - Parfaire l'étanchéité entre le silo et la chaufferie, - Mise en place de trappe escamotables sur les VH et VB du silo
<b>Pas d'information sur le niveau de bois dans le silo</b> - Remplissage à l'aveugle, le remplissage se fait donc au ressenti du chauffagiste et/ou du livreur de bois. - Risque de panne de la chaudière par manque de combustible, qui pourrait conduire à un taux de « couverture bois » plus faible.	- Remonter l'info de consommation de bois depuis la régulation chaudière et créer une alerte « niveau de silo bas » permettant de programmer un remplissage, - Mise en place d'un détecteur de niveau de bois dans le silo avec remontée de l'info à la GTC.
<b>Pannes chaudières à répétition</b> - La sous-traitance de l'entretien annuel auprès d'entreprises extérieures conduit à un risque de pannes et de détérioration du matériel à moyen et long terme, - Difficultés à contrôler la bonne réalisation des entretiens annuels conformément aux préconisations du fabricant	- Privilégier l'entretien et le suivi des installations en « régie », former les agents au besoin, - Faire réaliser les entretiens bi annuels par le fabricant des chaudières.

## Points de vigilance :

- Accompagnement conseillé par MOE (BE Thermique **OPQIBI 2008**) et partenaires,
- Pas d'aide à l'investissement si container **mobile**
- Mise en place d'un marché de fourniture bois énergie (stabilité tarif E)
- Performance = exploitation ++ (livraison de bois / décendrage / entretien SAV)

# 7 – Conclusion et perspectives

Le container biomasse installé à l'ISBA **remplit parfaitement** son rôle qui est de contenir l'envolée du cout de la facture gaz induite par la crise énergétique.

Son fonctionnement devrait se poursuivre **jusqu'au raccordement du site au RCU à l'été 2027.**

Il pourra être **revalorisé** sur un autre site Ville, GBM, public ou privé.

Si revente, mise à disposition sur AGORASTORE à partir de **l'été 2027.**

Subventions études



Equipe de Maitrise d'Œuvre



Accompagnement



# Échanges

Questions - réponses



# A vos agendas !

Accueil • Agenda • **Intégration du bois scolyté dans un projet de rénovation**



BOIS MATÉRIAUX BIOSOURCÉS PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

## Intégration du bois scolyté dans un projet de rénovation

Grand Besançon Métropole, en partenariat avec le Pôle énergie, vous propose 3 RDV du bâtiment Innovant dédiés à la forêt durable. EN AVRIL : Intégration du bois scolyté dans un projet de rénovation.

🕒 DE 8:45 À 11:00

[S'inscrire](#)