



Chaudières collectives et réseaux de chaleur au bois

Sensibilité de la rentabilité d'un projet aux paramètres technico-économiques

CIBE – Commission MOP

31 janvier 2012

Vitry le François

CIBE – Commission n°6

Montage de Projets (MOP)

Mise en forme : G Lefrançois (Biomasse
Normandie) & JM Servant (Perdurance)

© CIBE 2009, document interne

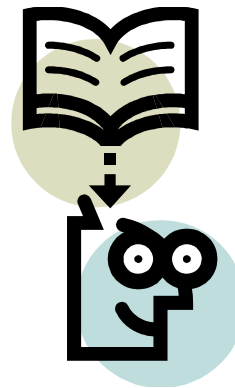


Problématique et finalité

- Analyse de sensibilité de paramètres technico-économiques sur la rentabilité des projets de chaufferies bois. Impacts sur les mécanismes de financement et d'aide.
- Présentation des grands concepts et définitions
- L'outil de simulation et les paramètres variables
- Analyse de sensibilité
 - L'optimisation technique d'un projet de chaufferie bois
 - L'influence des paramètres d'ordre économique
 - L'influence du coût des énergies fossiles (de référence)
 - Application au fonds chaleur
- Synthèse

● ● ● | **Concepts et définitions**

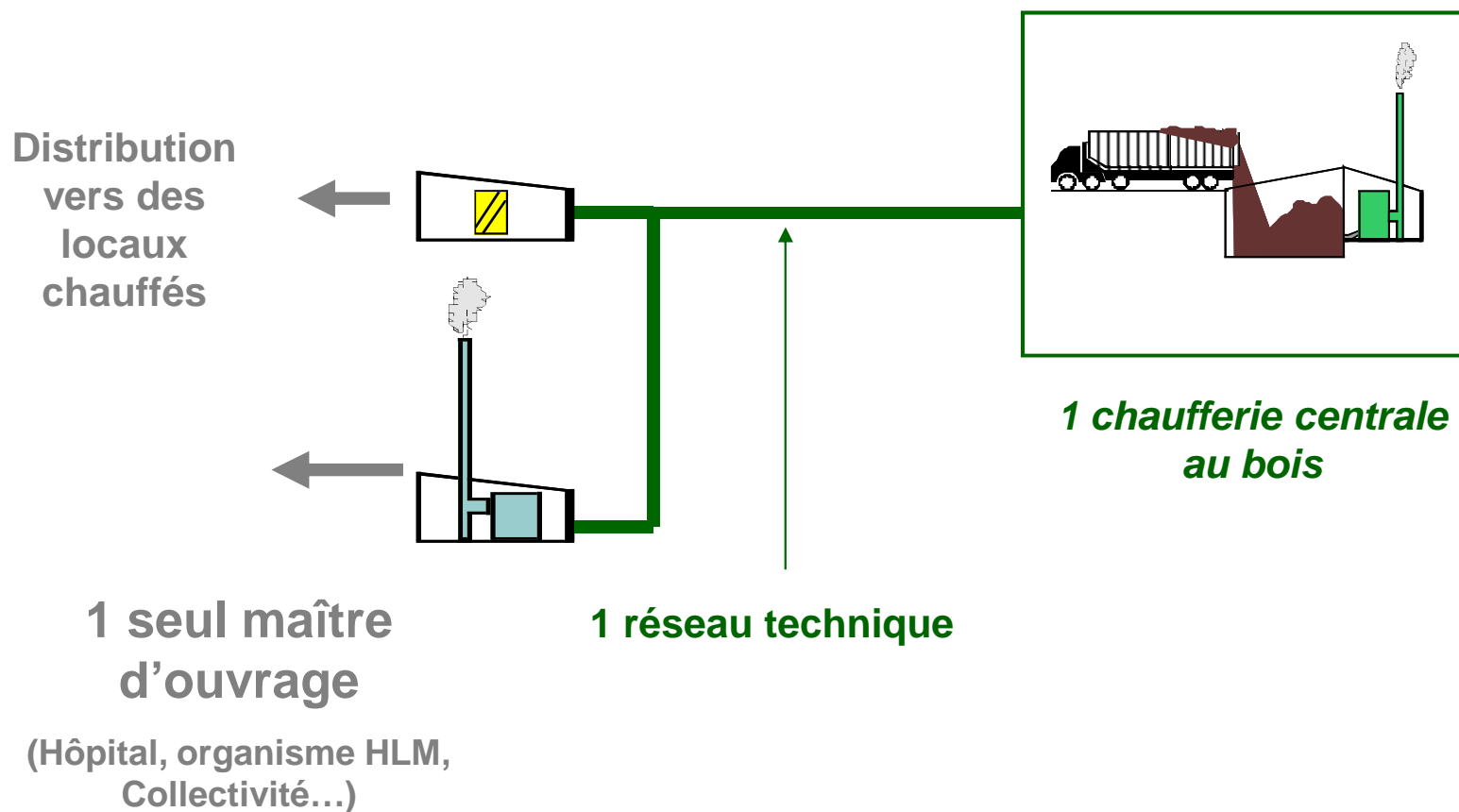
- Première partie





Concepts et définitions

- Une chaufferie dédiée

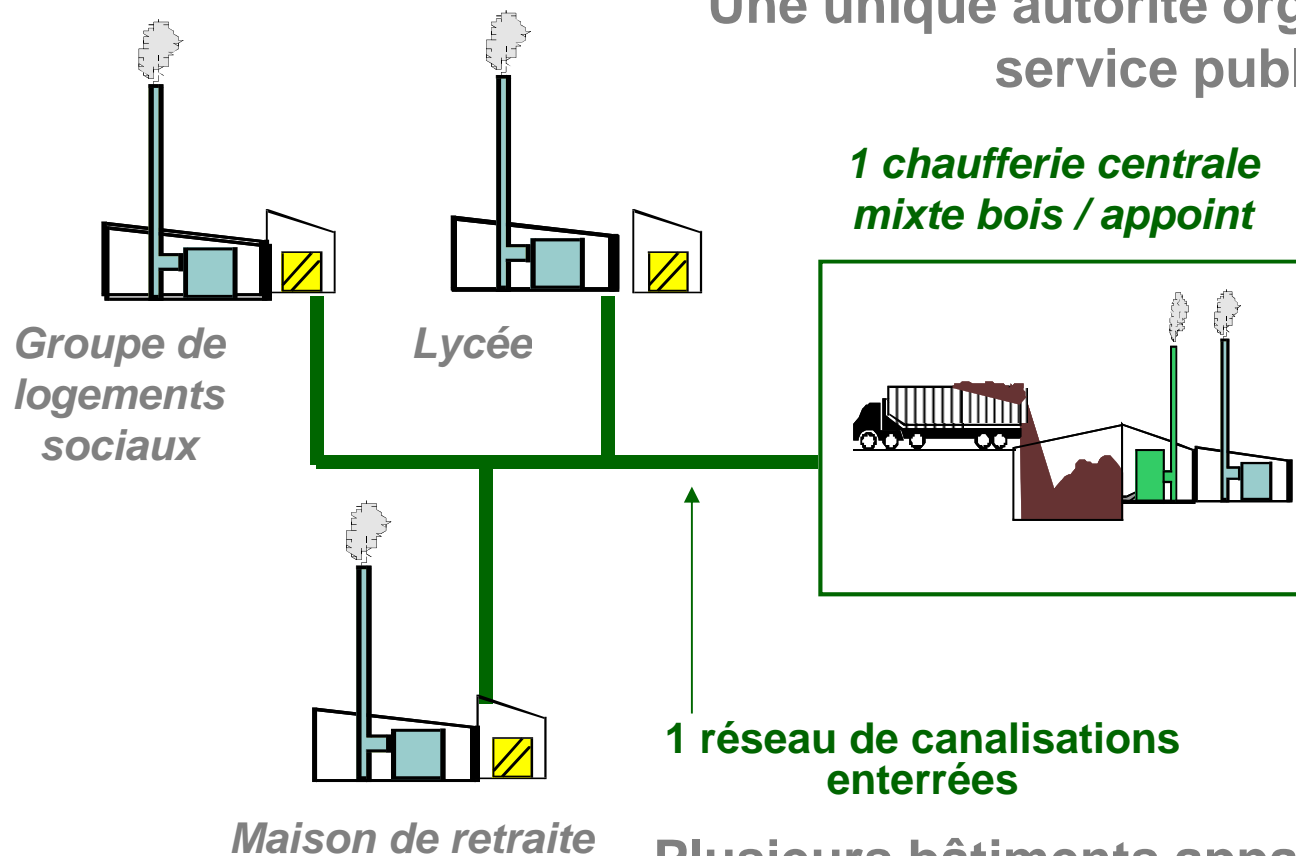




Concepts et définitions

- Un réseau de chaleur

Une unique autorité organisatrice du service public

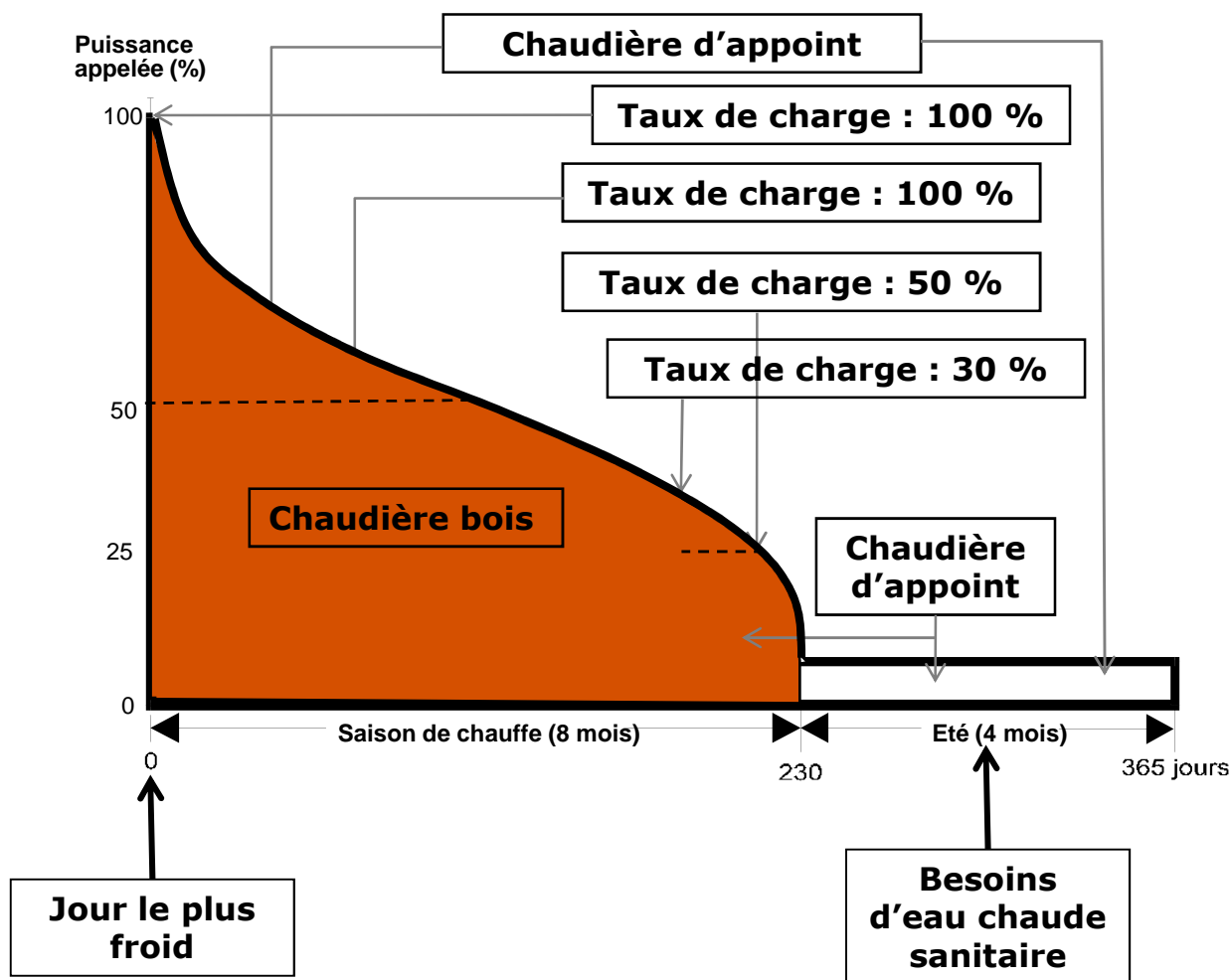


On appelle **densité thermique linéaire** le rapport entre la quantité d'énergie délivrée par un réseau et sa longueur (MWhutiles / ml)

Plusieurs bâtiments appartenant à des maîtres d'ouvrage différents

Concepts et définitions

- La courbe* des appels de puissance



Le taux de charge de la chaudière bois est le rapport entre la puissance instantanée qu'elle délivre et sa puissance nominale.

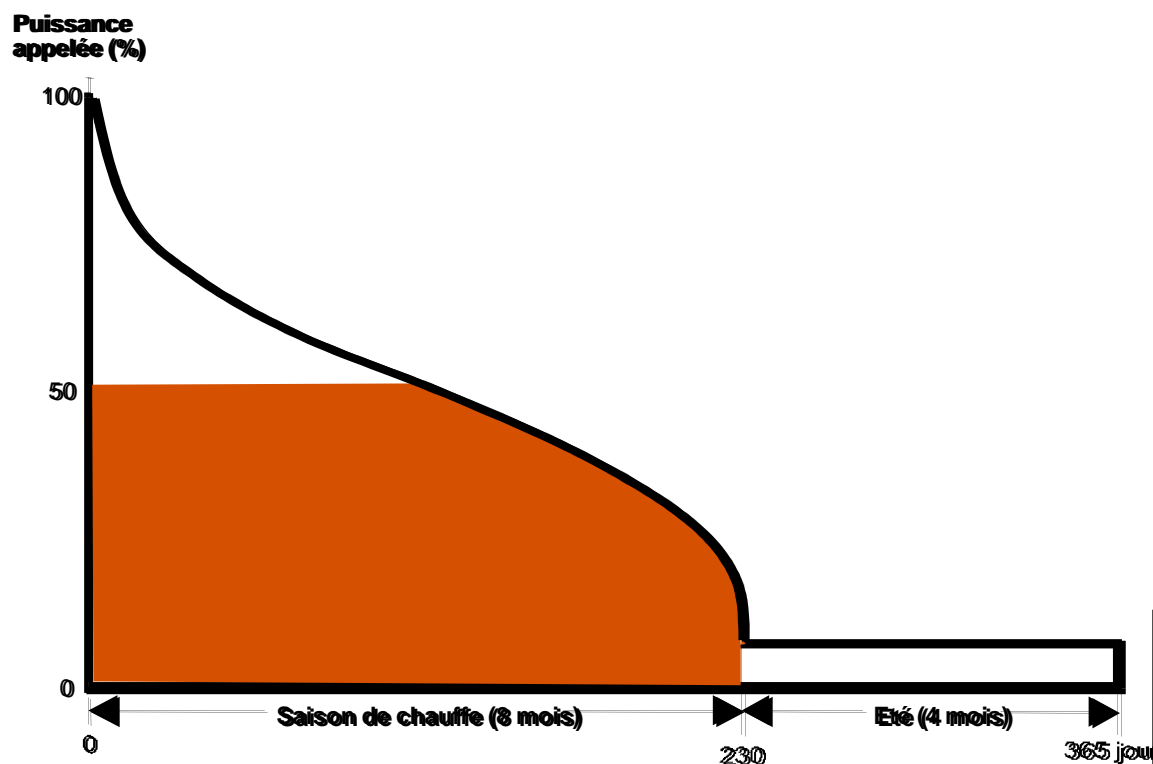
Pour atteindre un optimum technico-économique, on dimensionne la chaudière bois entre 50 et 60 % de l'appel de puissance maximum. La chaufferie fonctionne **en bi-énergie**

Le **taux de couverture (%)** est le rapport entre l'énergie délivrée par la chaudière bois et l'énergie totale délivrée (sortie chaudière)

* moyennée journalière

Concepts et définitions

- La courbe des appels de puissance



Le rapport entre l'énergie totale délivrée et la puissance de la chaudière bois (E/P_{bois}) est lié au dimensionnement retenu et à l'intermittence d'usage des bâtiments (école, logement, maison de retraite). A taux de couverture constant, il peut être interprété comme le nombre d'heures de fonctionnement équivalent pleine puissance

On appellera **effet d'échelle** la variation de la quantité d'énergie délivrée à taux de couverture et taux de charge constants entre deux projets



Concepts et définitions

➤ Les aspects juridico-financiers

- Les cas de montages de projets considérés

	Réseau de chaleur		Chaufferie dédiée
	Régie	Concession de service public	
Financement des ouvrages	Collectivité	Entreprise	Collectivité
Responsabilité des travaux	Collectivité	Entreprise	Collectivité
Exploitation	Collectivité (et / ou Entreprise)	Entreprise	Collectivité (et / ou Entreprise)
Durée des contrats	Sans objet	20 à 24 ans	Sans objet



Concepts et définitions

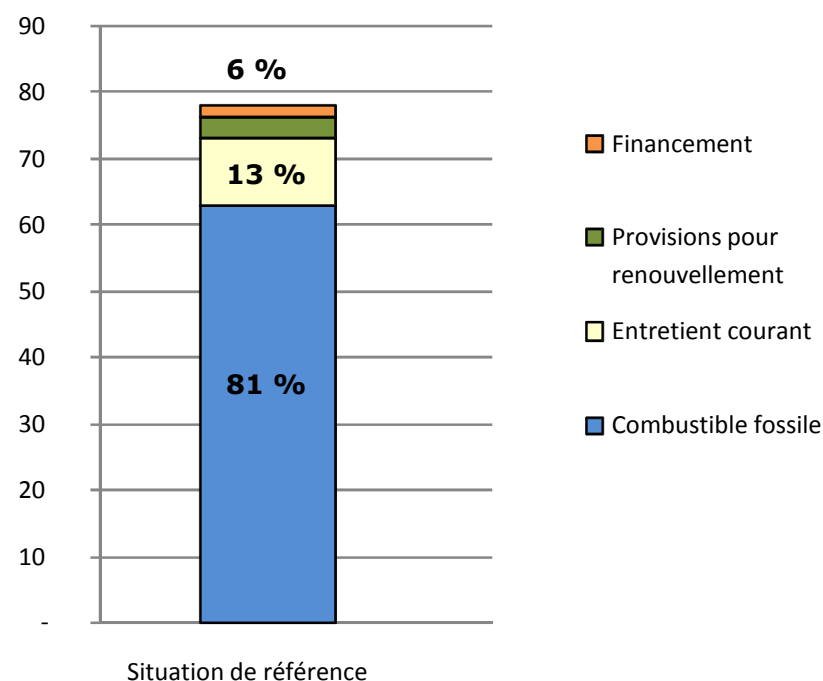
- La facture énergétique « de référence »

La situation de référence correspond à la solution technique (existante ou en projet) qui serait adoptée par le maître d'ouvrage en alternative au projet bois

La facture énergétique en coût global* est généralement ramenée à l'unité de chaleur délivrée (€ TTC / MWh utile). Elle correspond à la somme des postes annuels de dépense liés :

- au combustible
- à l'entretien courant
- aux provisions pour renouvellement
- au financement des investissements**

€ TTC / MWh utile



* Coût global de la chaleur « pied d'immeuble » (hors secondaire)

** Poste inexistant dans le cas d'équipements récents

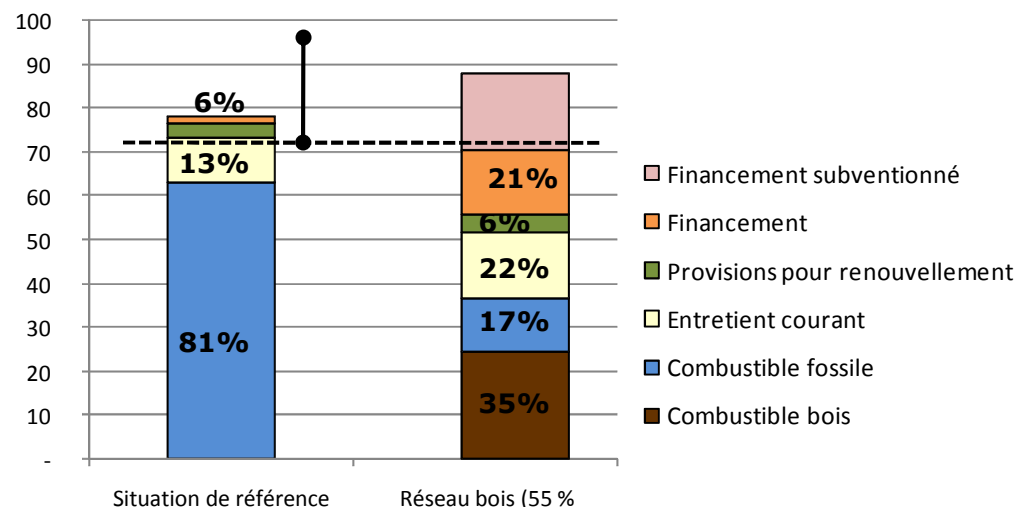


Concepts et définitions

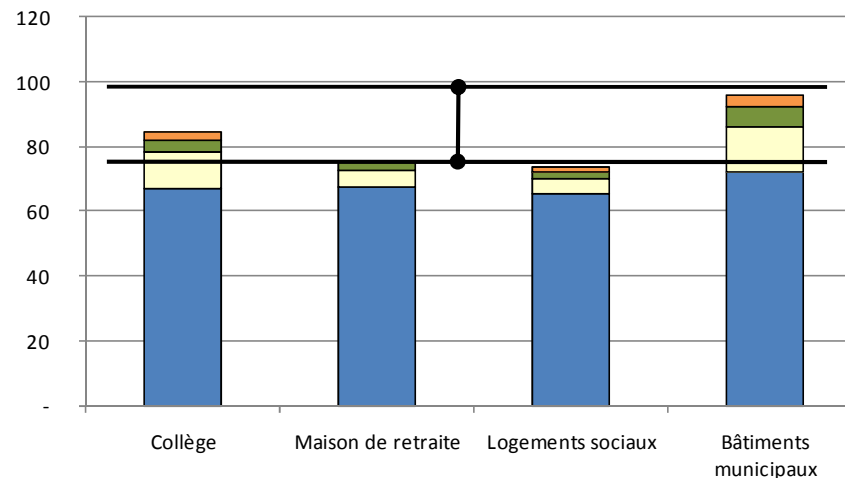
➤ La « rentabilité » d'un projet

- **Le point de vue du maître d'ouvrage ou de la collectivité organisatrice**
 - La comparaison des factures énergétiques en **coût global moyen**
- **Le point de vue de chaque abonné**
 - La comparaison des factures énergétiques en **coût global**
- **Le point de vue de l'utilisateur final de la chaleur**
 - Le cas des charges dites récupérables (habitat locatif, enseignement...)

€ TTC / MWh utile



€ TTC / MWh utile





Concepts et définitions

➤ La « rentabilité » d'un projet

• **Le point de vue de l'opérateur financeur**

Le **TRI** (taux de rentabilité interne) d'une opération de création d'un réseau de chaleur au bois en concession sert à évaluer l'intérêt de l'investissement compte tenu de son risque.

• **Le point de vue des organismes publics (aides financières)**

Les organismes publics susceptibles de subventionner les projets bois-énergie peuvent exiger certaines conditions d'attribution, qui influencent la « rentabilité » du projet (pourcentage de plaquettes forestières, valeurs limites d'émission...)

Par convention, on considèrera dans la suite qu'un projet bois est **économiquement « rentable »** s'il présente :

- une économie en coût global moyen de 10 %
- un TRI* de 10 % pour les réseaux de chaleur en concession de service public
- un excédent de 5 % pour les installations gérées en régie

* « normatif » : calculé après impôt avec un financement sur fonds propre

● ● ● | **Outil développé**

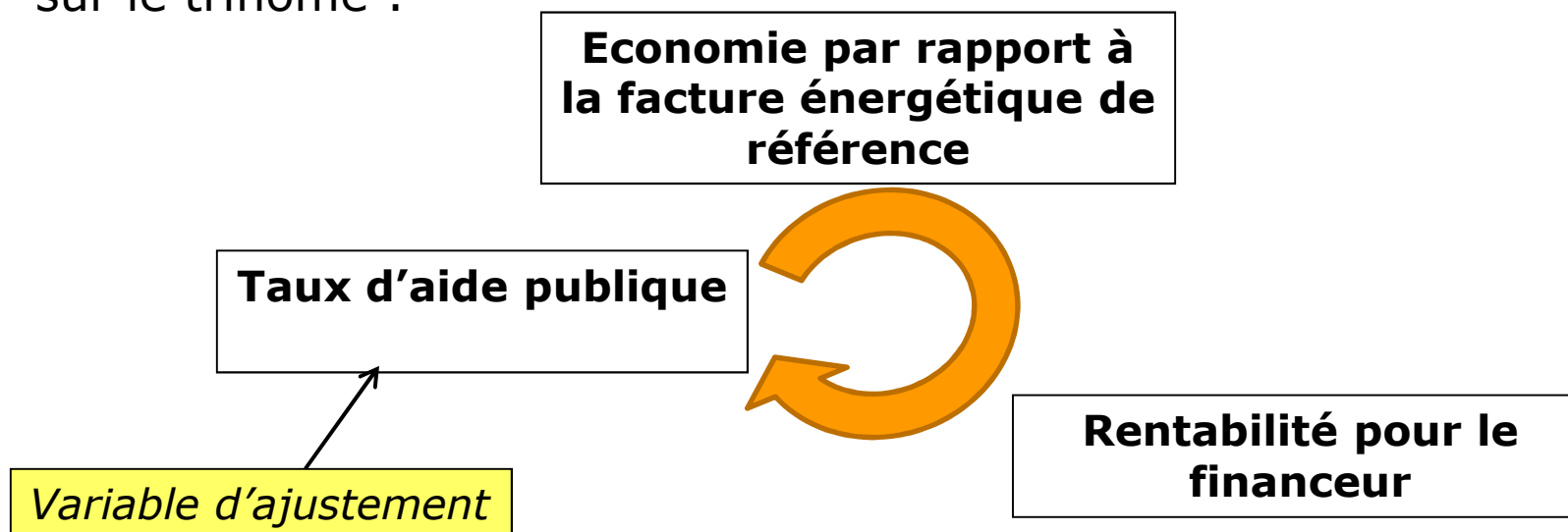
- 2^{ème} partie



● ● ● | Outil développé

➤ Le principe

- Recueil de données techniques et économiques sur des cas réels « référents »
- Définition des paramètres techniques et économiques d'un cas moyen (**cas-type**) et de la plage de variation de ces paramètres (zone de pertinence)
- Simulations de l'influence relative d'une variation de paramètres sur le trinôme :





Outil développé

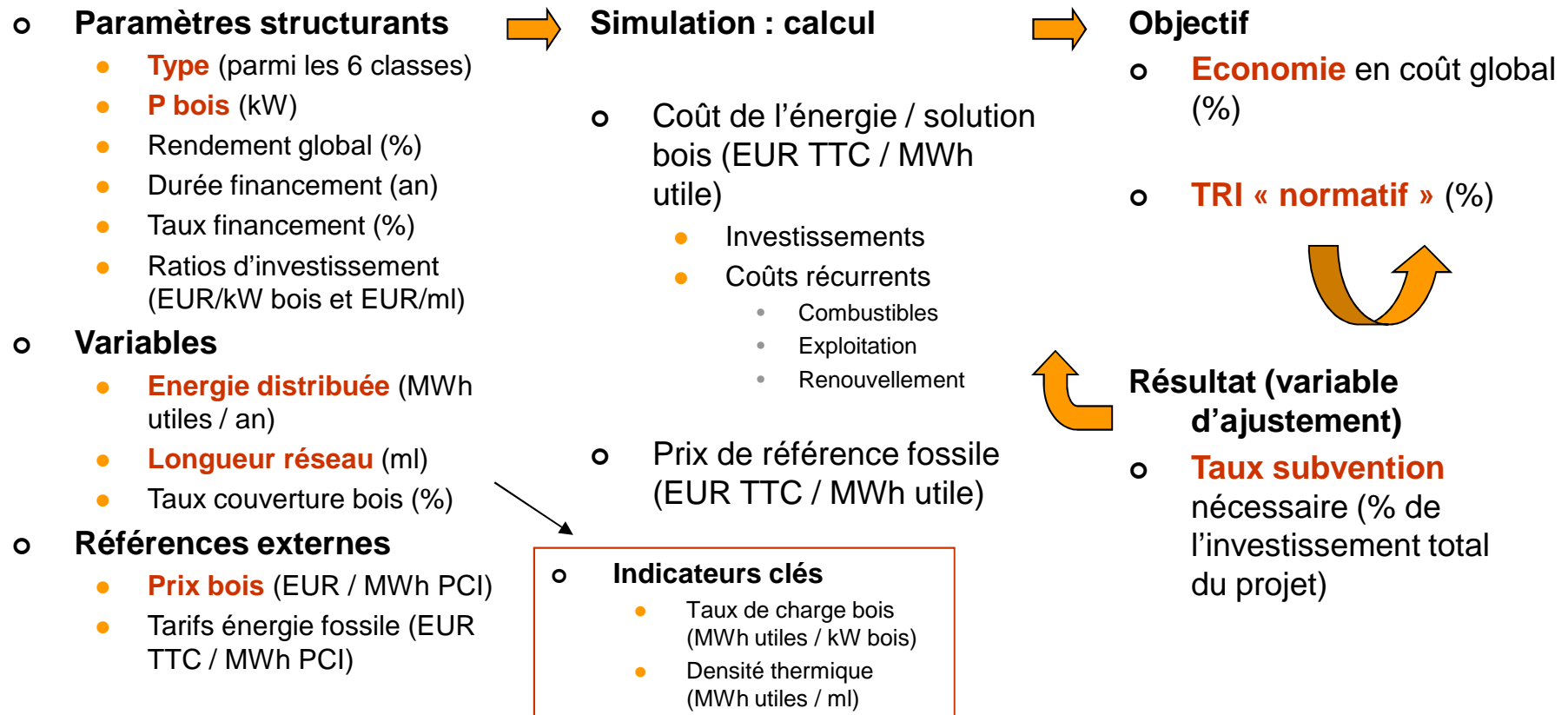
- Les cas-type et les paramètres variables

			Puissance chaudière bois (Pbois)	Energie totale délivrée (E)	E/Pbois	Linéaire de réseau (L)	Densité thermique linéaire (E/L)
			kW	MWh utiles	MWh utiles /kW*	ml	MWh utiles / ml
Chaufferie Dédiée	Petite et Moyenne Puissance	CDPMP	500 700 1 000	1 300 2 000 2 800	2,4 2,9 3,3	300	-
	Forte Puissance	CDFP	2 400 3 200 4 000	6 000 8 000 10 000	- 2,5 3,0	600	-
Réseau de Chaleur	Petite Puissance	RCPD	300 400 500	700 1 000 1 200	2,0 2,5 3,0	300 600 1 000	1,0 1,7 2,5
	Moyenne Puissance	RCMP	900 1 200 1 600	2 300 3 000 4 000	2,0 2,5 3,0	1 000 1 800 3 000	1,0 1,7 2,5
	Forte Puissance	RCFP	2 100 3 600 4 500	7 000 12 000 15 000	2,9 3,3 3,6	2 000 3 000 4 000	2,5 4,0 6,0

* Homogène à des milliers d'heures

Outil développé

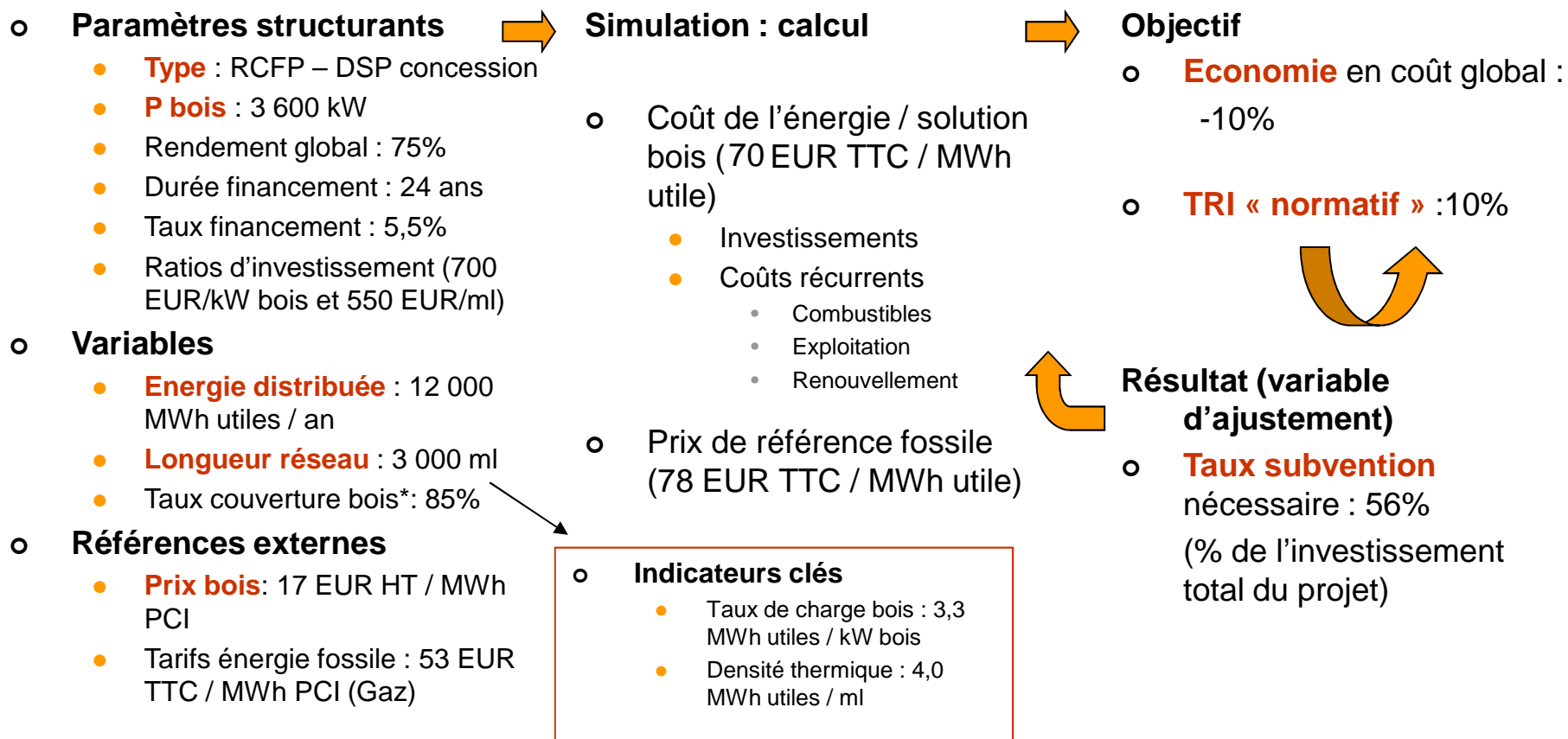
Principe des simulations



o La simulation permet d'évaluer l'influence des paramètres sur la rentabilité prévisionnelle des projets

Principe des simulations

Illustration : RCFP « cas moyen »



* Homogène pour les besoins de la comparaison (optimisation possible)



Outil développé Avertissement

- Les simulations qui suivent ont été établies dans le cadre du rôle "d'expertise technique" du CIBE
- Les simulations étudient les niveaux d'aide nécessaires pour atteindre
 - un TRI « normatif » de 10%
 - et une économie en coût global de 10% pour l'utilisateur
- Ces valeurs sont celles actuellement constatées dans des cas « moyens »
- Elles ne préjugent pas d'une position de principe du CIBE sur ce que devrait être le TRI ou l'économie pour l'utilisateur



Analyses de sensibilité

- 3^{ème} partie



Analyse de sensibilité

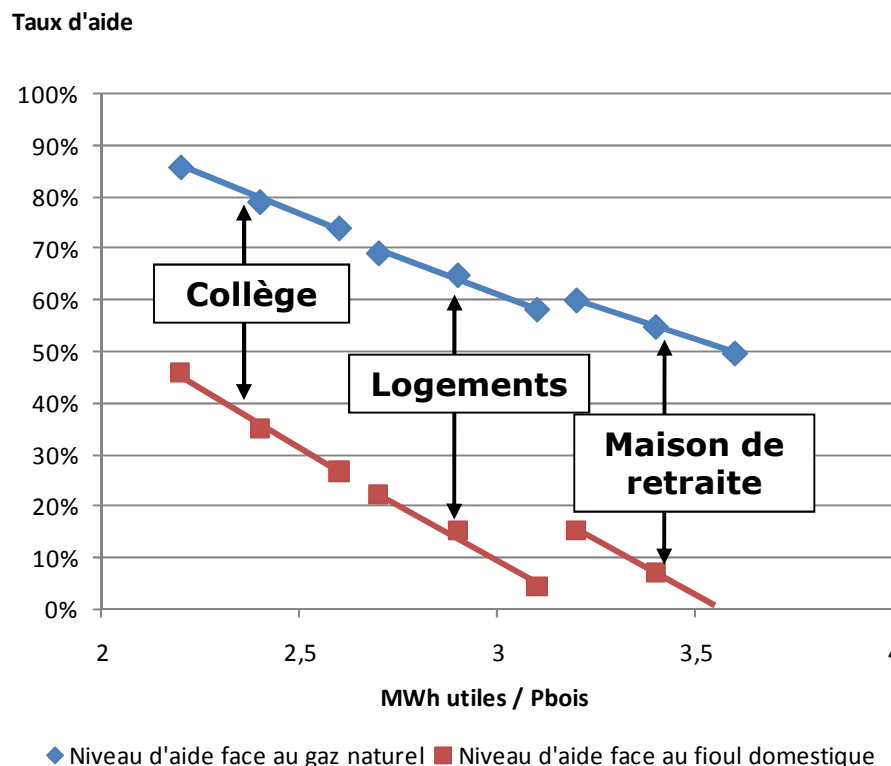
L'optimisation technique d'un projet

➤ Le profil des besoins thermiques

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la « rentabilité » d'un projet de chaufferie dédiée de petite ou moyenne puissance (700 kW)

Paramètre variable : Energie totale délivrée / Pbois (nombre d'heures de fonctionnement équivalent à pleine puissance)

Les cibles les plus évidentes pour le développement du chauffage collectif au bois sont les bâtiments de taille significative et de faible intermittence



Analyse de sensibilité

L'optimisation technique d'un projet

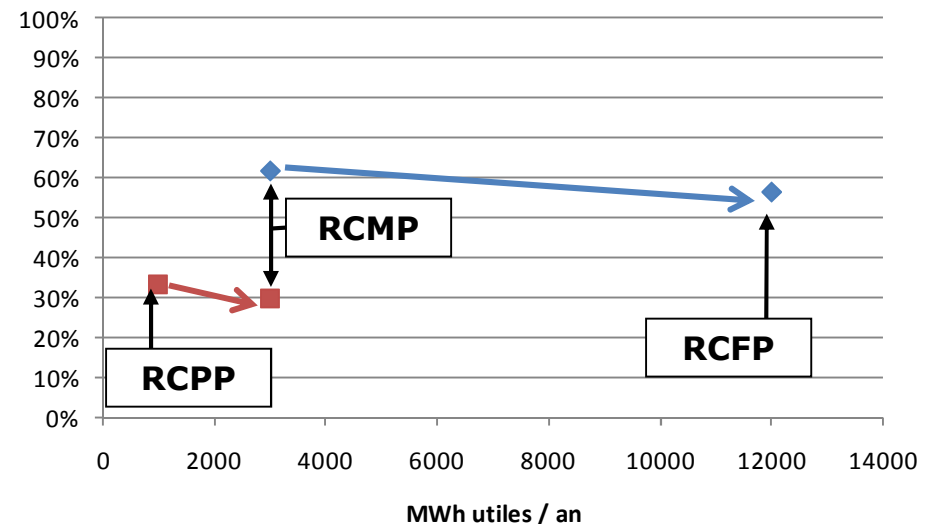
➤ L'effet d'échelle

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la « rentabilité » d'un projet de réseau de chaleur de petite (400 kW), moyenne (1 200 kW) et forte puissance (3 600 kW)

Paramètre variable : Taille du projet (changement d'échelle)

La taille d'un projet permet de bénéficier d'un effet d'échelle sur les frais fixes d'investissement et d'exploitation

Taux d'aide



◆ Niveau d'aide face au gaz naturel ■ Niveau d'aide face au fioul domestique



Analyse de sensibilité

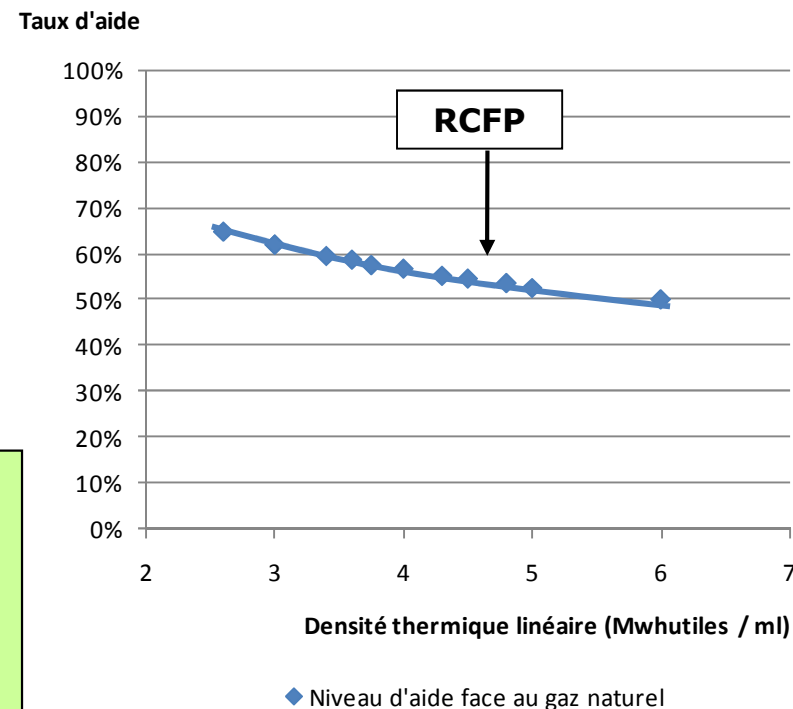
L'optimisation technique d'un projet

➤ La densité du réseau

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la « rentabilité » d'un projet de réseau de chaleur de forte puissance (3 600 kW)

Paramètre variable : linéaire de réseau à quantité d'énergie délivrée constante (densité thermique linéaire)

L'augmentation de la densité thermique du réseau permet d'atteindre plus facilement l'équilibre économique. Le raccordement de bâtiments excentrés et de petite taille dégrade cette densité thermique





Analyse de sensibilité

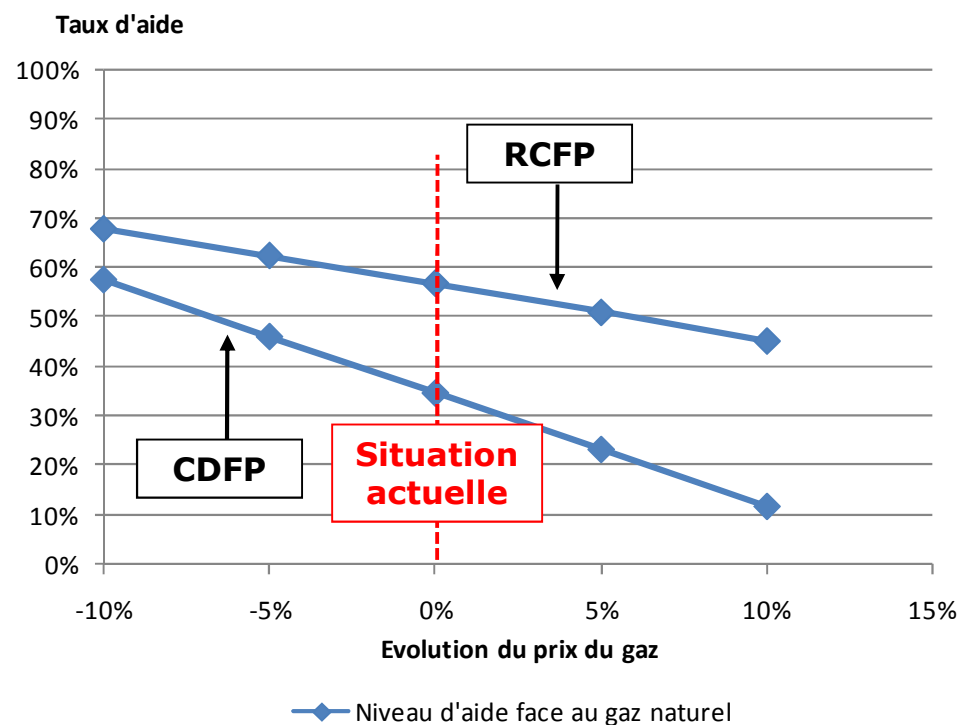
L'influence des paramètres économiques

➤ Le prix des énergies fossiles

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la « rentabilité » d'un projet de réseau de chaleur de forte puissance (3 600 kW) et de chaufferie dédiée de forte puissance (3 200 kW)

Paramètre variable : prix du gaz naturel

Le développement des projets bois-énergie est largement dépendant du prix (variable) des énergies fossiles



● ● ● Analyse de sensibilité

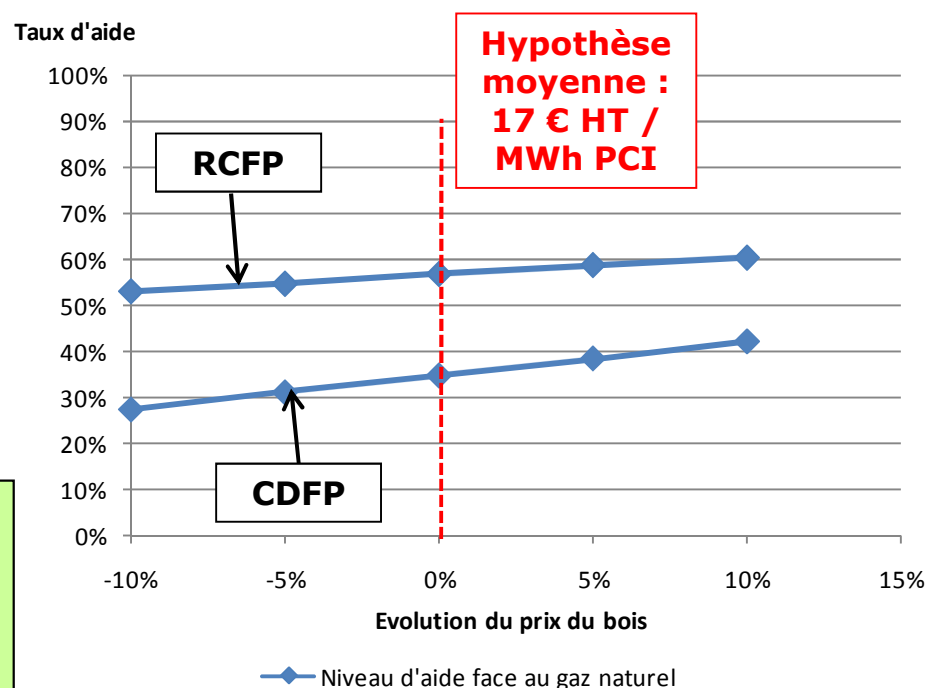
L'influence des paramètres économiques

➤ Le prix du bois

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la « rentabilité » d'un projet de réseau de chaleur de forte puissance (3 600 kW) et de chaufferie dédiée de forte puissance (3 200 kW)

Paramètre variable : prix du bois

La disparité importante observée sur les prix du bois (type de produits, contexte local) conduit à une grande variété des niveaux d'aides nécessaires



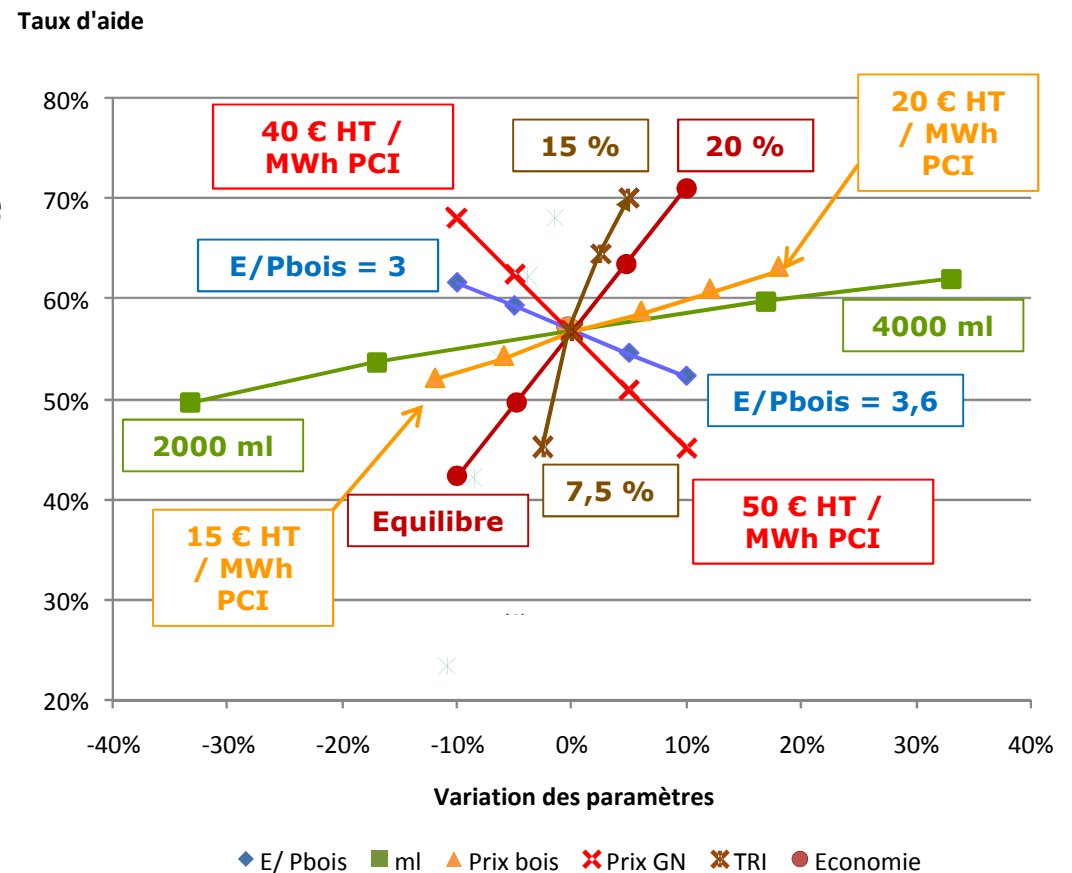
Analyse de sensibilité

Synthèse

- L'influence comparée des différents paramètres

Simulation : évolution du niveau d'aide nécessaire pour assurer la viabilité économique d'un projet de réseau de chaleur de forte puissance (3 600 kW)

Paramètres variables : Energie totale délivrée / Pbois, linéaire de réseau à quantité d'énergie constante, prix du gaz naturel, prix du bois, TRI, économie en coût global

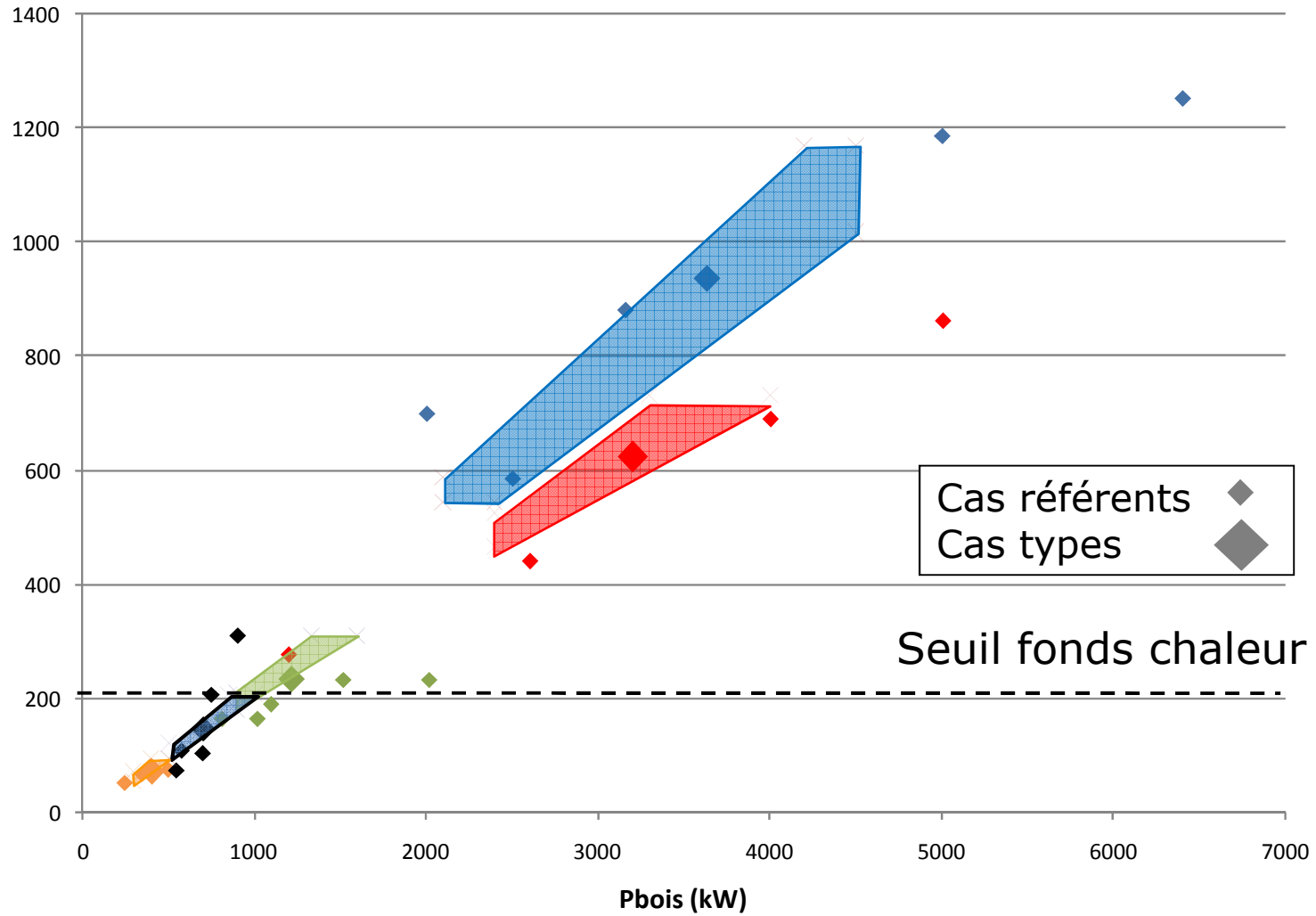


● ● ●
tep / an (sortie
chaudière bois)

Fonds chaleur

Plages des simulations / seuil

◆ RCFP ◆ RCMP ◆ RCPP ◆ CDFP ◆ CDMPP





Fonds chaleur

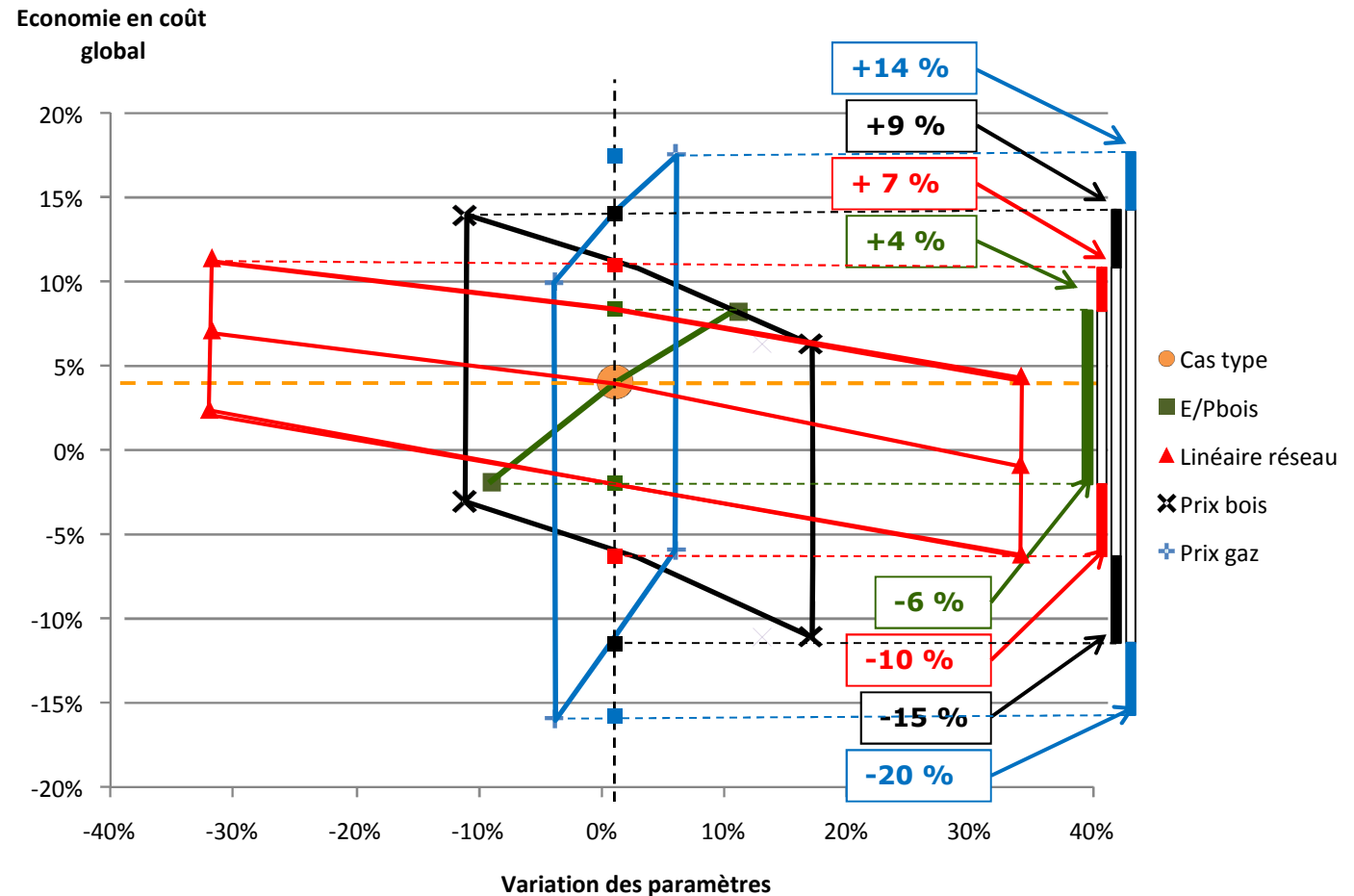
Ex : RCFP



➤ Une grande variabilité des projets

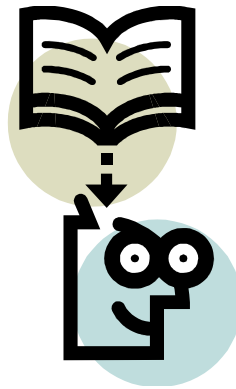
Simulation :
évolution du niveau
d'économie moyen
en coût global pour
un taux d'aide fixe

**Paramètres
variables :** Ratio
énergie totale
délivrée / Pbois,
linéaire de réseau à
quantité d'énergie
constante, prix du
bois, prix du gaz
naturel



● ● ● | **Synthèse**

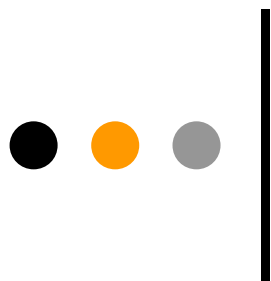
- 4^{ème} partie





Synthèse

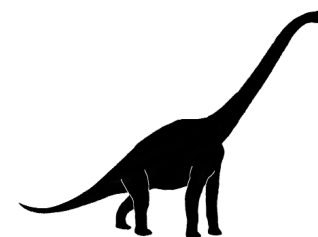
- L'influence des **paramètres économiques** est prépondérante par rapport à celle des paramètres techniques, même s'ils permettent une optimisation limitée (qui doit être recherchée)
- Le **prix des énergies fossiles** constitue une variable non maîtrisée qui surdétermine les autres
- La pertinence relative des projets devrait s'apprécier **indépendamment de la conjoncture**
 - Le lancement des projets bois risque d'être différé voire abandonné quand le cours du baril est bas (comme aujourd'hui)
 - Une politique volontariste et régulière doit permettre de compenser les effets de cycle pour réduire l'usage énergies fossiles

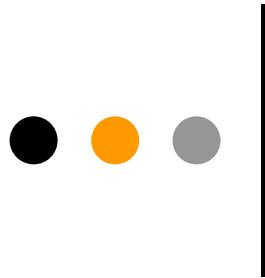


o Merci de votre attention



Extinction
tu parles...





Conclusion

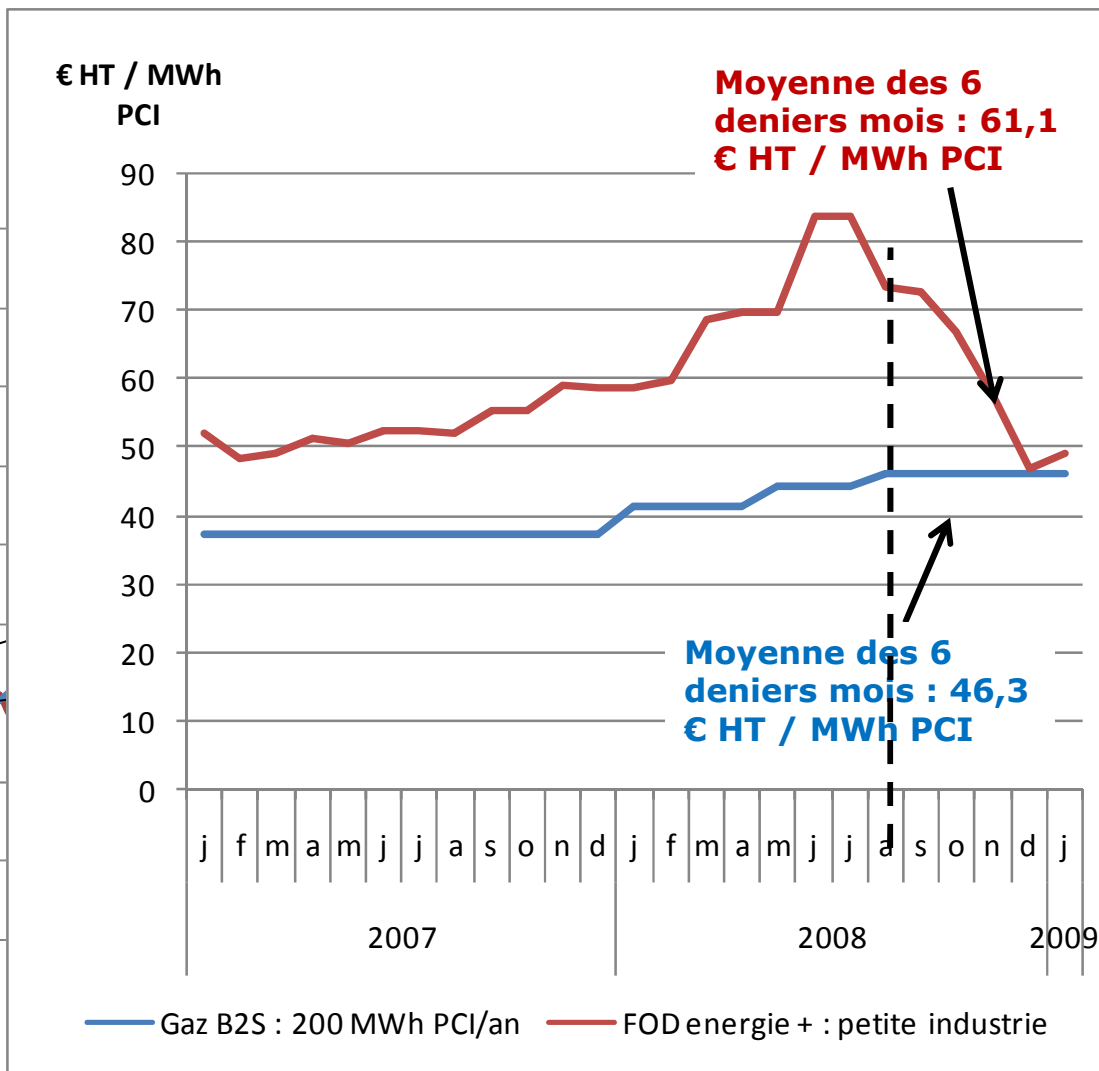
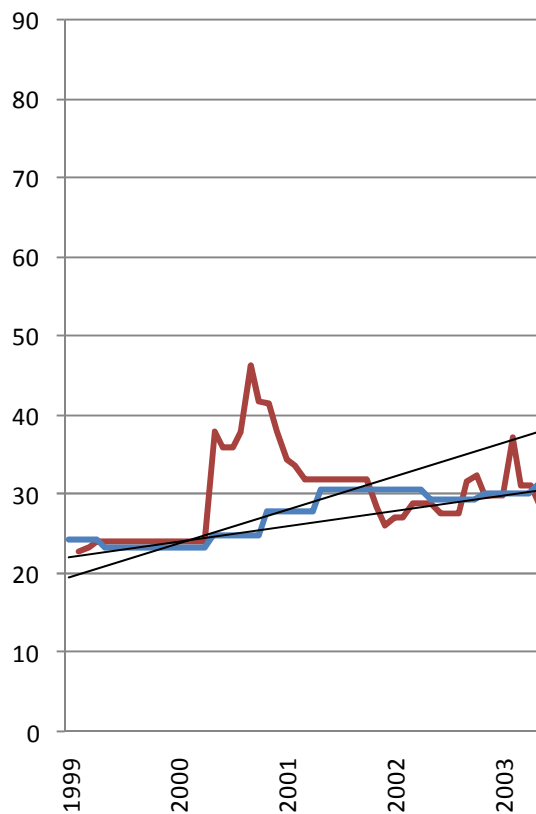
La rentabilité d'un projet collectif bois-énergie dépend de 4 séries de facteurs

- Les données techniques de l'opération
 - Optimisation indispensable ; impact marginal
- Les données économiques relatives au projet
 - Négociations pour trouver un équilibre raisonnable ; marges de liberté étroites
- Une donnée économique exogène : le prix des énergies fossiles
 - Application brutale d'une « référence » très volatile et imprévisible ; facteur qui surdétermine les autres en l'absence d'une stabilisation durable à un niveau suffisamment élevé
- Les subventions à l'investissement, variable d'ajustement aujourd'hui
 - Calibrage pour abaisser le coût complet de la chaleur (via la réduction des charges d'amortissement)
 - Jusqu'où :
 - Point d'équilibre (chaleur renouvelable = chaleur fossile ou fissile en coût global) ?
 - -10% par rapport à la chaleur de référence (situation incontournable aujourd'hui) ?

- Faut-il que les projets bois-énergie soient non seulement plus vertueux, mais aussi moins chers ?



Energies fossiles



● ● ● | TRI « normatif » utilisé pour les simulations

- Le TRI se calcule en considérant :
 - L'investissement réalisé la première année moins les subventions
 - Les **cash flow** hors financement des autres années.
- Si le TRI se calcule après impôts, ces **cash flow** sont constitués de :
 - L'excédent brut d'exploitation (**EBE**) soit :
 - le chiffre d'affaire (vente de chaleur dans le cas d'un réseau, ventes de CEE,...)
 - moins les charges d'exploitation (charges énergétiques, maintenance, taxes professionnelles, Taxes foncières, frais généraux, fournitures courantes)
 - moins **l'impôt** sur les sociétés.
- Le TRI normatif définit une manière de calculer l'impôt. En cas d'emprunt, celui-ci est calculé à partir du résultat brut qui est constitué :
 - de l'EBE
 - moins les charges de financement
 - moins les amortissements
- Si l'on veut que le calcul du TRI soit **indépendant du mode de financement**, un bon moyen est de retenir un **financement par fonds propres à 100%** (comme ça : pas de charges de financements donc pas de problème de calage des taux...). Le calcul de l'impôt dépend alors :
 - de l'EBE
 - de l'amortissement à 100% du montant financé (soit investissement-subvention / durée d'amortissement).
- Une fois ainsi calculé l'impôt dit « normatif » est déduit de l'EBE pour calculer les cash flow et ainsi le TRI.



Scenario

