



L'APPROCHE EN COUT GLOBAL

RENCONTRES DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Pierre ECOCHARD – Economiste

29 janvier 2008

SOMMAIRE

- **Définitions et réglementation**
- **Intérêt de la démarche et freins**
- **Paramètres du calcul**
- **Quelques paramètres en détail**

Définition française

- **Le Coût Global est la somme des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance sur une période déterminée, avec pour finalité l'optimisation de ces différents coûts en fonction des objectifs du Maître de l'Ouvrage.**



Normalisation

ISO 15686-1	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 1: Principes généraux
ISO 15686-2	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 2: Procédures pour la prévion de la durée de vie
ISO 15686-3	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 3: Audits et revues des performances
ISO/DIS 15686-5	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 5: Calcul du coût global étendu
ISO 15686-6	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 6: Procédés pour la considération d'effets sur l'environnement
ISO 15686-7	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 7: Évaluation de la performance de l'information en retour relative à la durée de vie, issue de la pratique
ISO/DIS 15686-8	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 8: Durée de vie de référence et estimation de la durée de vie
ISO/NP 15686-9	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 9: Titre manque
ISO/NP 15686-10	Bâtiments et biens immobiliers construits -- Prévion de la durée de vie -- Partie 10: Niveaux de besoin des utilisateurs et indicateurs de capacité des bâtiments -- Principes, mesure et utilisation

Définition de la norme ISO 15686-5

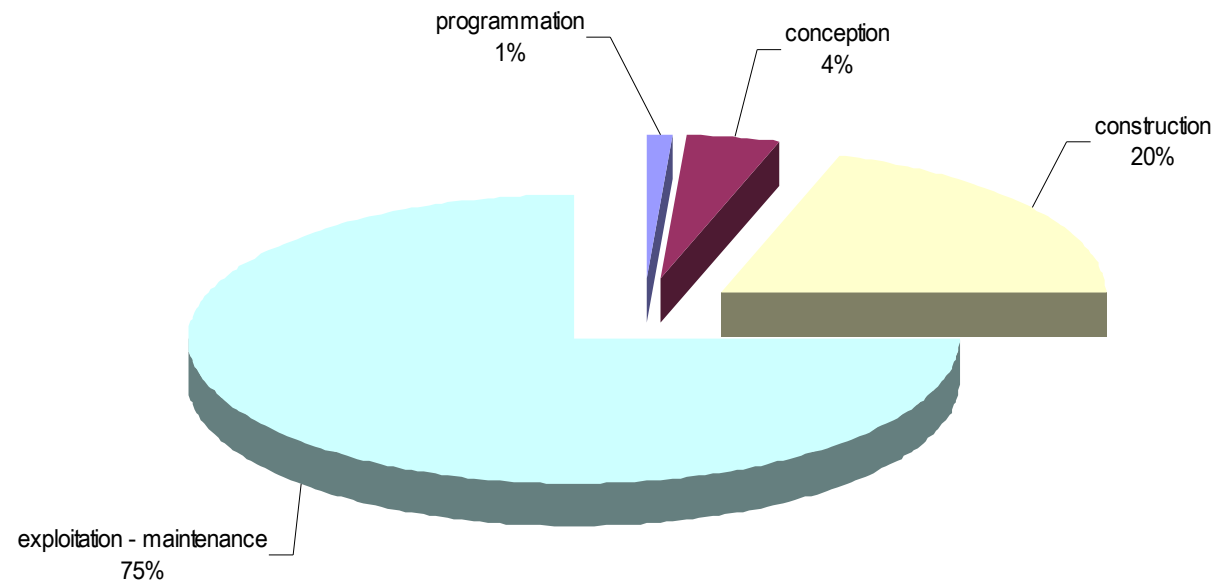
- **Le Coût Global étendu (CGE)**

Évaluation économique prenant en considération tous les flux de coûts du projet et ayant fait l'objet d'un accord, qui sont significatifs et pertinents sur une période d'analyse, exprimée en valeur monétaire. Les coûts du projet sont ceux nécessaires pour atteindre des niveaux de performance définis, y compris la fiabilité, la sécurité et la disponibilité.



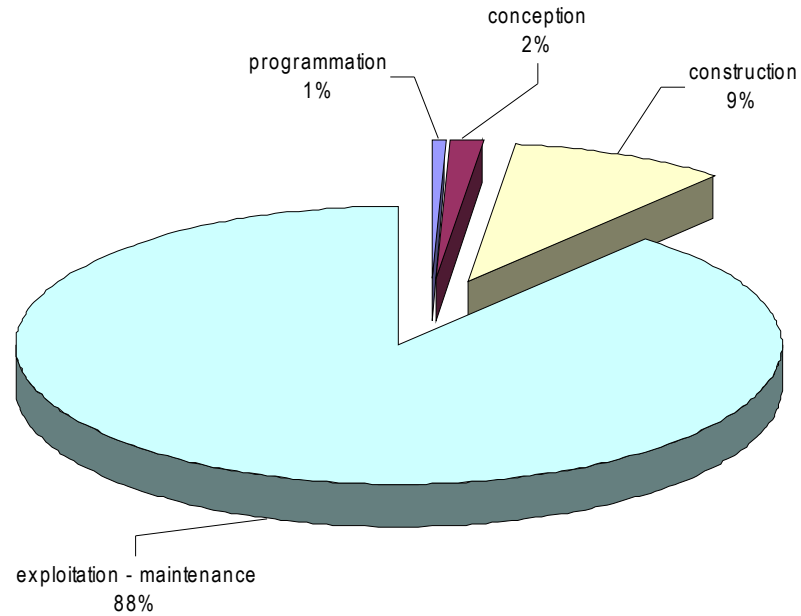
Intérêt de la démarche « coût global » ?

**COÛT GLOBAL D'UN BATIMENT
TYPE LOGEMENT SOCIAL
durée de vie : 50 ans**



Intérêt de la démarche « coût global » ?

**COUT GLOBAL D'UN BATIMENT
TYPE HOPITAL
durée de vie : 30 ans**



Intérêt de la démarche « coût global » ?

LOGEMENT SOCIAL - durée de vie = 50 ans					
valeurs	%	absolue			
programmation	1,00%	5,0			
conception	4,00%	20,0			
construction	20,00%	100,0			
exploitation	75,00%	375,0	soit par an = 7,5	soit coût exploitation = coût construction tous les :13,3	ans
ENSEIGNEMENT - durée de vie = 40 ans					
programmation	1,00%	5,6			
conception	4,00%	22,2			
construction	18,00%	100,0			
exploitation	77,00%	427,8	soit par an = 10,7	soit coût exploitation = coût construction tous les :9,4	ans
HOSPITALIER - durée de vie = 30 ans					
programmation	1,00%	11,1			
conception	2,00%	22,2			
construction	9,00%	100,0			
exploitation	88,00%	977,8	soit par an = 32,6	soit coût exploitation = coût construction tous les :3,1	ans

Freins à la démarche « coût global » ?

☹ Les budgets d'investissement et d'exploitation sont gérés par des entités différentes

☺ impliquer les utilisateurs en amont des opérations

☹ Les comptabilités publiques ne permettent pas de justifier des surinvestissements (dépassements de prix plafonds) au profits de futures économies dans les années à venir

☺ résonner sur la durée de vie des bâtiments pour établir les budgets d'opérations

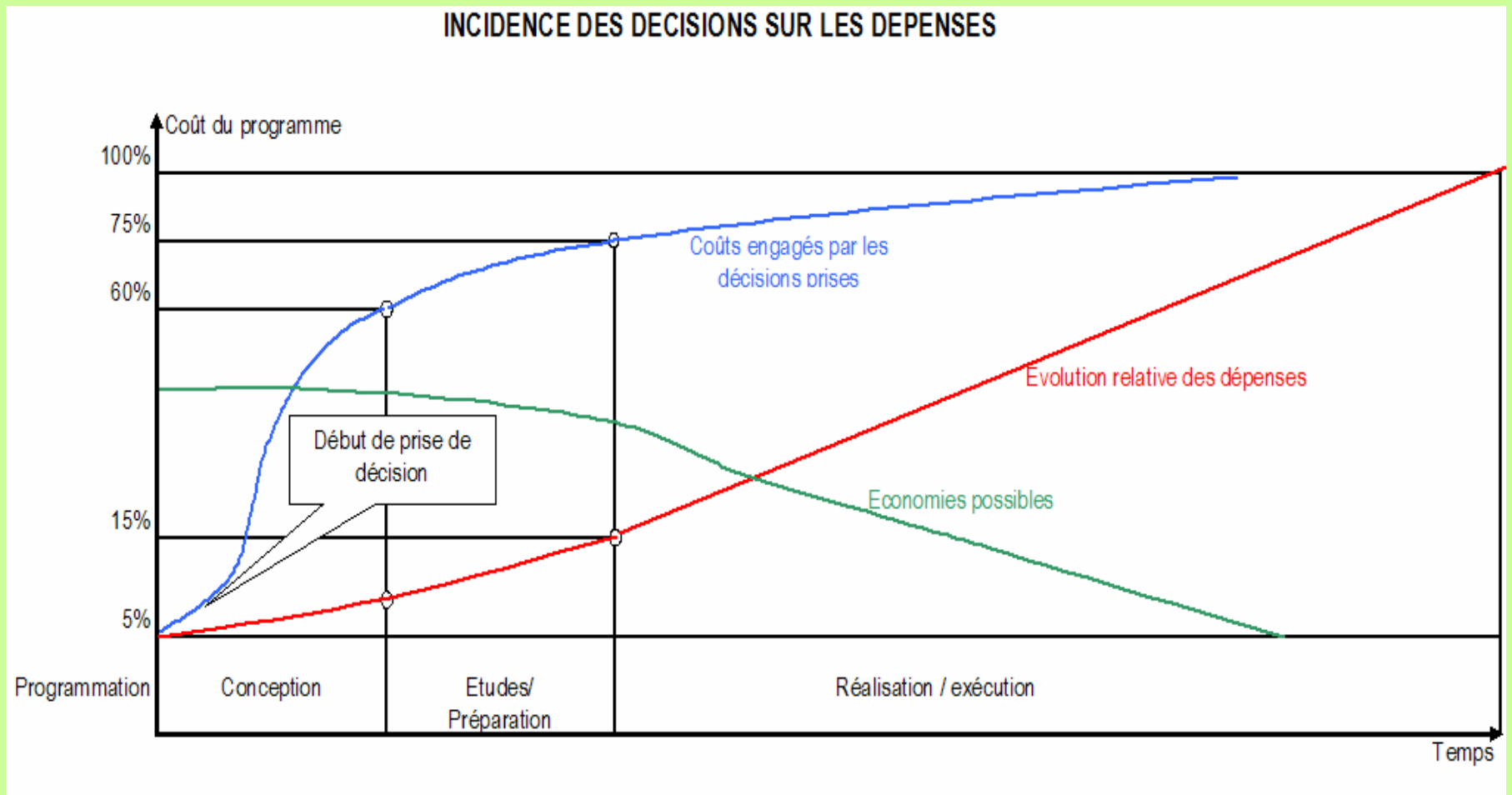
☹ En comptabilité commerciale les investissements sont amortissables et entrent dans le calcul des taxes professionnelles alors que les coûts d'exploitation sont directement imputables aux frais généraux annuels.

☺ modifier les règles d'amortissements

☹ Le nombre d'opérations mises en chantier est parfois privilégié par rapport à leur qualité, à budget global équivalent.

☺ communiquer et convaincre

Le maître d'ouvrage a intérêt à mettre en place cette réflexion le plus en amont possible



QUOI ? (suivant la norme ISO 15686-5)

- Investissement
- Energie
- Maintenance, exploitation et gestion
- Remplacements
- Valeur résiduelle, cession nette
- Impacts pour le donneur d'ordre et impacts qualitatifs
- Externalités



Investissement (suivant la norme ISO 15686-5)

- Foncier
- Ouvrages provisoires
- Conception et ingénierie
- Conformité réglementaire et planification
- Construction et terrassement
- Frais de commissionnement
- Administration interne



Coûts de maintenance, exploitation et gestion

(suivant la norme ISO 15686-5)

- Taux
- Assurance
- Coûts énergétiques
- Utilités
- Facilities management
- Nettoyage
- Sûreté
- Contrôles réglementaires
- Maintenance
- Manque à gagner
- Démolition
- Élimination des déchets
- Coûts non anticipés (réglementation et fiscalité)



Valeurs et coûts résiduels / de démolition

(suivant la norme ISO 15686-5)

- Valeur du marché
- Revente
- Valeur comptable
- Coût de démolition



Impacts pour le donneur d'ordre et impacts qualitatifs (suivant la norme ISO 15686-5)

- Coûts environnementaux (ou bénéfiques)
- Coûts sociaux
- Image et symbole pour le Maître d'ouvrage
- Satisfaction des utilisateurs
- Amélioration des conditions de travail
- Externalités



Paramètres et options du calcul

- Pertinence et importance des objectifs
- Durée de vie en service
- Période d'analyse
- Niveau d'analyse
- Valeur temps de l'argent
- Coûts en valeur constante ou courante

Pertinence et importance des objectifs

Comme pour les cibles HQE, le Maître d'ouvrage devra définir un « profil de coût global »

• Il devra hiérarchiser ses choix

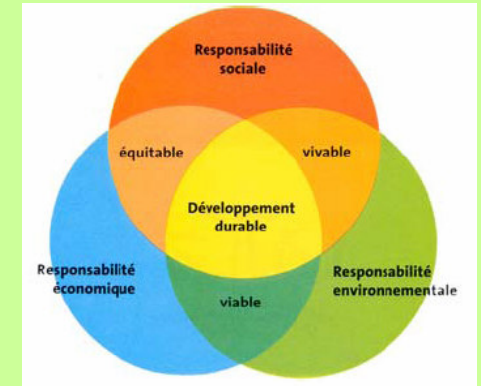
• choix des matériaux

• incidence sur la maintenance

• choix de l'énergie

• incidence sur l'exploitation

• choix environnementaux, sociaux, externalités....



Choix des matériaux

Choix de matériaux performants (pouvoir isolant, phonique, solidité) répondant à des critères environnementaux déterminés et ayant une durée de vie compatible avec la durée de vie du bâtiment et la maintenance envisagée

- o **Fiches techniques, avis techniques...**
- o **Fiche de données environnementales et sanitaires (FDES)**
- o **Estimation de la durée de vie**

FDES

Fiche de données environnementales et sanitaires (FDES)

- **Permettent d'apprécier les impacts sur l'environnement et la santé (hors transport vers chantier)**

Environ 100 produits à ce jour (étanchéités, isolants, sols, blocs)

Regroupés dans une base de données : www.inies.fr

The logo for INIES, featuring the word "INIES" in white, bold, uppercase letters on a dark blue rectangular background. The background has a slight 3D effect with a white shadow on the right side.

Durée de vie

- o Il existe d'anciennes tables
- o Les fabricants donnent des indications dans leurs documentations techniques et les FDES
- o Il faudra également tenir compte de l'expérience des professionnels (Maîtres d'ouvrage, Maîtres d'œuvre)
- o Etude du CSTB en cours

Ce paramètre est fondamental dans le calcul en coût global

Durée de vie

CSTB
le futur en construction



Plateforme de prise en compte de la durée de vie

Julien Hans, Julien Chorier, Jean-Luc Chevalier, Patrick Corrales

www.duree-de-vie-batiment.fr

Durée de vie

NORME ISO 15686

METHODE DES FACTEURS - POUR LA PRISE EN COMPTE DE LA DUREE DE VIE

agents		conditions à prendre en compte	
agent correspondant aux caractéristiques de qualité inhérentes	A	qualité des composants	fabrication, stockage, transport, matériaux, revêtements de protection (en usine)
	B	niveau de conception	incorporation, protection par le reste de la structure
	C	niveau réalisation des travaux	gestion du chantier, niveau d'exécution, conditions climatiques pendant la réalisation des travaux
environnement	D	environnement intérieur	agressivité de l'environnement, ventilation, condensation
	E	environnement extérieur	hauteur du bâtiment, conditions micro environnementales, facteurs atmosphériques
conditions de fonctionnement	F	conditions d'utilisation	choc mécanique, catégorie d'utilisateurs, usure par détérioration naturelle
	G	niveau d'entretien	qualité et fréquence de l'entretien, accessibilité pour l'entretien

Période d'analyse

- o la réflexion portera sur :
 - o la durée de vie « technique » du bâtiment
 - o l'adéquation de cette durée avec la fonction du bâtiment
 - o la période sur laquelle le Maître d'ouvrage est « capable » de mettre en place une planification réaliste
 - o la logique macro-économique (maîtrise de l'inflation ?!)

Variables financières

L'argent a une valeur qui dépend de la date à laquelle il est reçu ou payé

Les valeurs futures doivent donc être affectées d'un coefficient pour obtenir leur valeur actuelle

Ce coefficient est le rapport entre l'inflation et l'augmentation de la valeur de l'argent (actualisation) dans le temps.

LES FORMULES

Coût global = Investissement

+ somme des coûts d'entretien x taux de glissement annuel
x nombre d'années prises en compte

+ somme des coût d'exploitation x taux de glissement
annuel x nombre d'années prises en compte

+ coûts de remplacement des équipements x taux de
glissement

le tout ramené en euros du jour du calcul

soit la formule :

$$C = I + \sum_{t=1}^N \frac{Dt (1+g)^t + S1i Ei * pi * (1+g)^t / ri}{(1+a)^t} + \sum_{j=1}^j \sum_{1}^T \frac{Rj (1+g)^{Tj.Mj}}{(1+a)^{Tj.Mj}}$$

LES FORMULES

compte tenu des incertitudes des prévisions, on peut légitimement se demander si le calcul doit être fait :

en euros courants (coûts exprimés au moment où ils sont déboursés)

ou

en euros constants (coûts exprimés au moment de l'année de référence du calcul)

On pourra se contenter d'une correction simple par le rapport entre inflation et actualisation

soit :

$$C = I + \text{coût annuel (exploitation + entretien)} \times (1+i / 1+a)^n$$

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LE CHOIX DES MATERIAUX

Faire des choix raisonnés, après analyse financière et analyse de risques impartiale.

Proposition d'une hiérarchisation :

- 1. Usage**
- 2. Technique**
- 3. Maintenabilité**
- 4. Durée de vie**
- 5. Recyclage**
- 6. Prix**

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LE CHOIX DES MATERIAUX

Coût global d'un revêtement de sol

Coût global d'une façade

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LES CHOIX ENERGETIQUES

Faire des choix raisonnés, après analyse financière et analyse de risques impartiale.

Proposition d'une hiérarchisation :

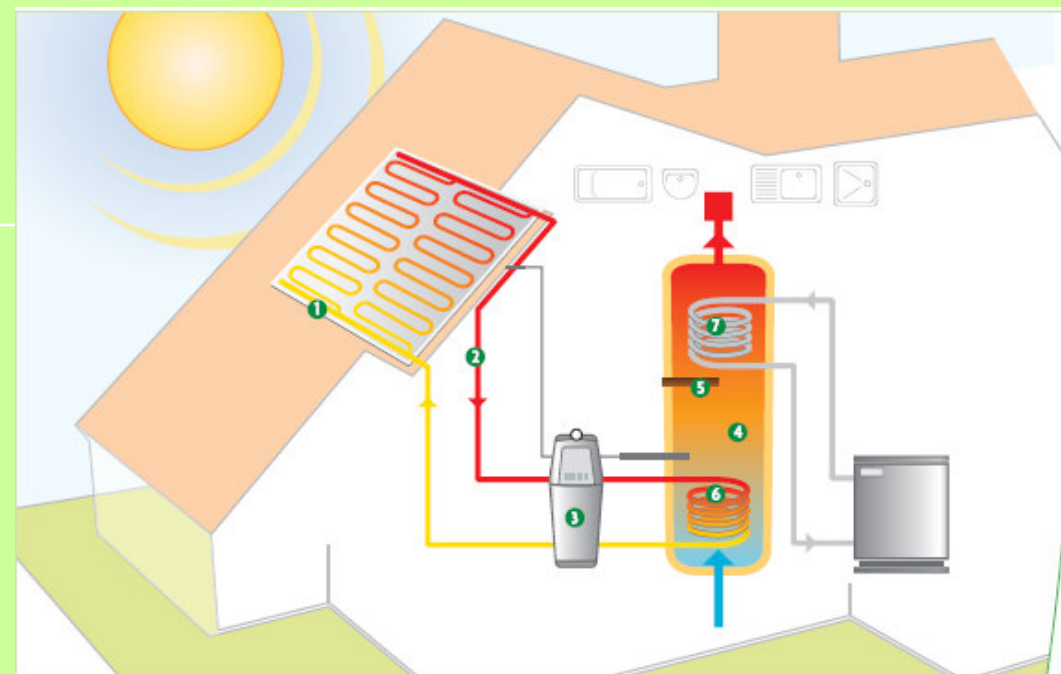
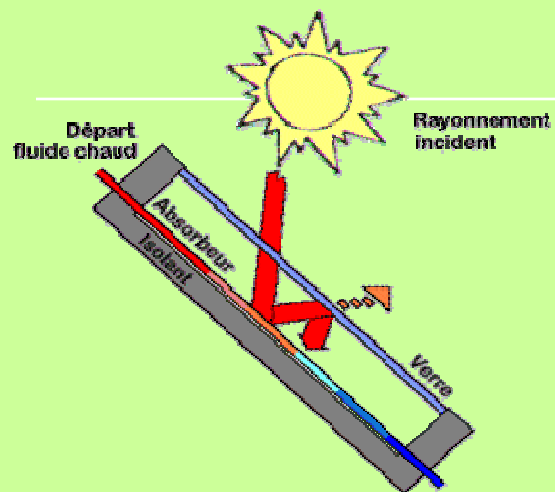
- 1. Usage**
- 2. Durée de vie**
- 3. Productivité**
- 4. Maintenabilité**
- 5. Prix**
- 6. Recyclage**

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LES CHOIX ENERGETIQUES

Le solaire

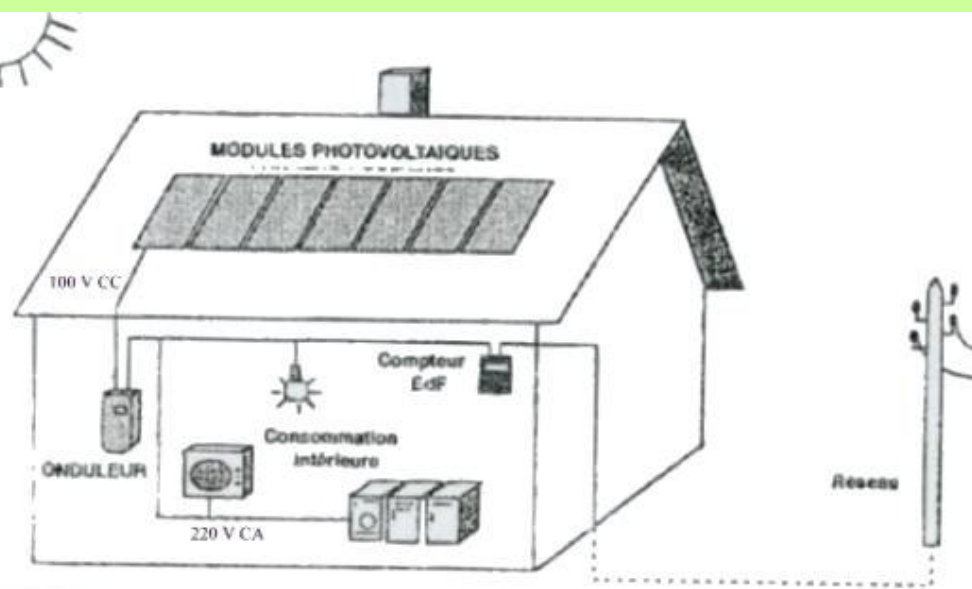
- * thermique
- * photovoltaïque

Le bois



*Cas d'une installation solaire avec appoint chaudière et résistance électrique

- 1 Les capteurs absorbent l'énergie solaire et réchauffent le fluide caloporteur
- 2 Le fluide caloporteur circule entre les capteurs et le ballon en passant par la station de régulation
- 3 Centre nerveux du système, la station de régulation assure la circulation du fluide caloporteur et règle la température. Elle comprend tous les éléments de gestion et de sécurité du circuit des capteurs
- 4 Grâce à l'échangeur solaire, l'eau est réchauffée dans le ballon
- 5 Appoint électrique : résistance électrique stéatite, glissée dans un fourreau*
- 6 Echangeur serpentin solaire
- 7 Appoint chaudière : un 2^e échangeur solaire raccordé à la chaudière* réchauffe la partie haute du ballon



Solaire thermique

- Couverture d'environ 30 à 70% des besoins annuels
- 1m² de capteur = 350 à 400 kWh/an
- Besoin famille en ECS = 3 000 kWh environ

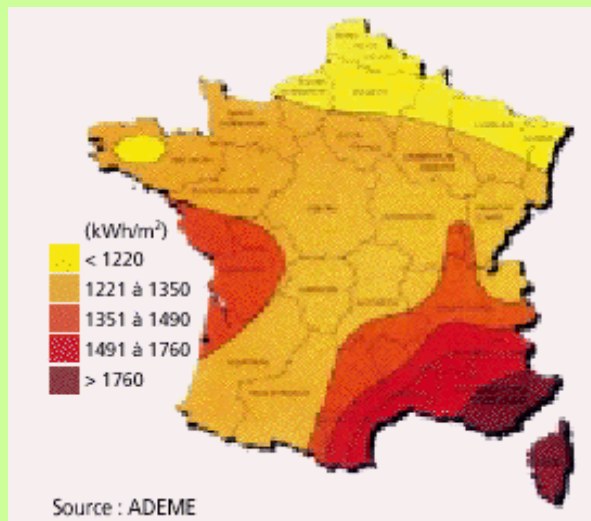
- 5 m² de capteurs + 1 chauffe-eau solaire = 7 000 € TTC
- Économie = 300 € par an (hors entretien)

Solaire thermique

- Chauffage d'une maison de 100 m² par plancher chauffant (15 m² de capteurs)
- Plus value d'investissement = 13 000 €
- Économie = 800 € par an (hors entretien)

Solaire photovoltaïque

Tarif applicable pour le rachat d'électricité par EDF : 30 cts d'€/KWh
(+25cts si les capteurs sont intégrés au bâti)



Energie solaire reçue par m² et par an en France selon l'**ADEME**. Pour obtenir la production annuelle d'un panneau il faut en gros diviser par 10.

1 m² de capteur produit environ 100 KWh par an

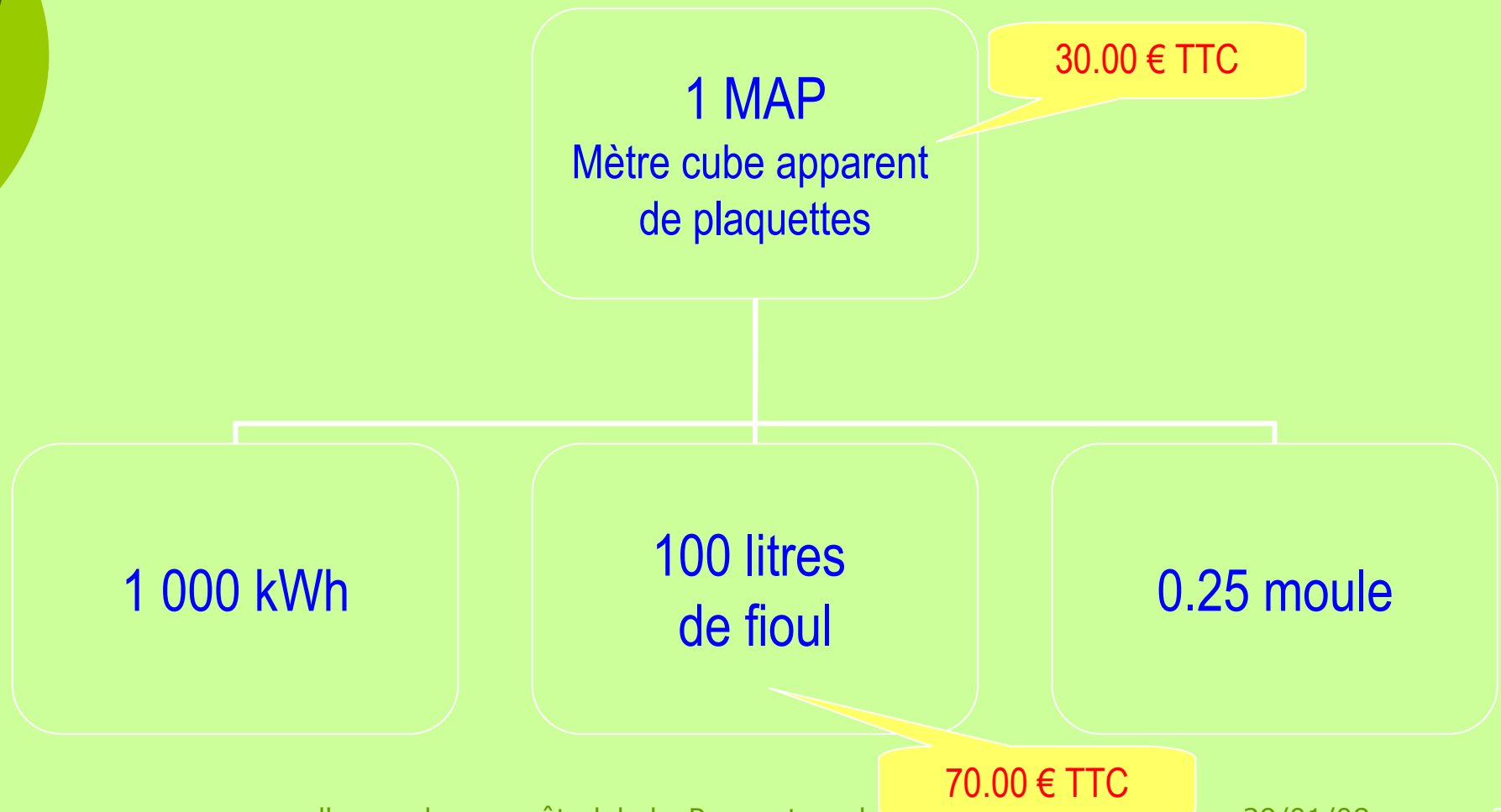
La RT2005 permet de déduire la production photovoltaïque de la consommation d'énergie primaire.

Le bois-énergie

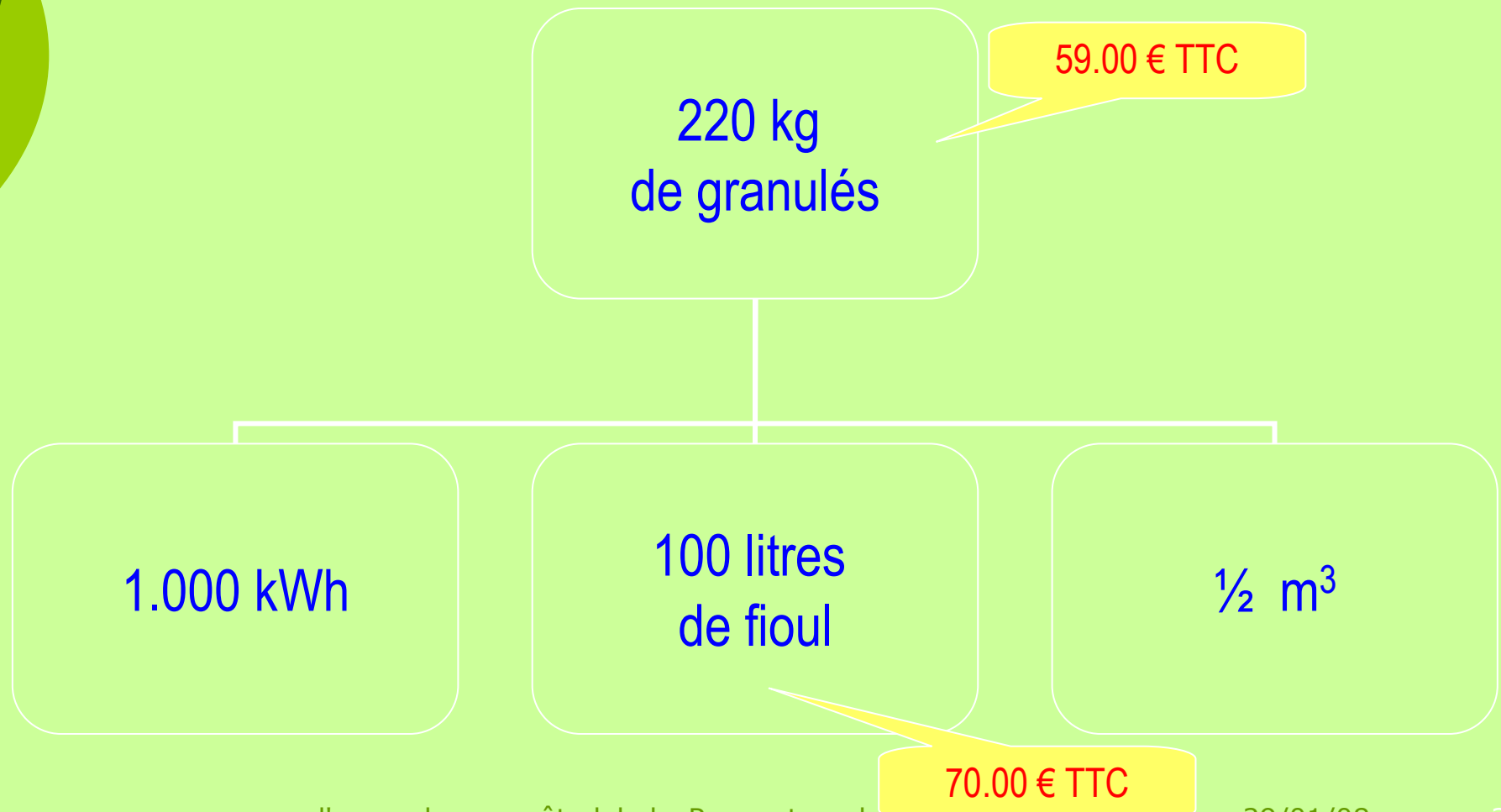


Chauffage automatique

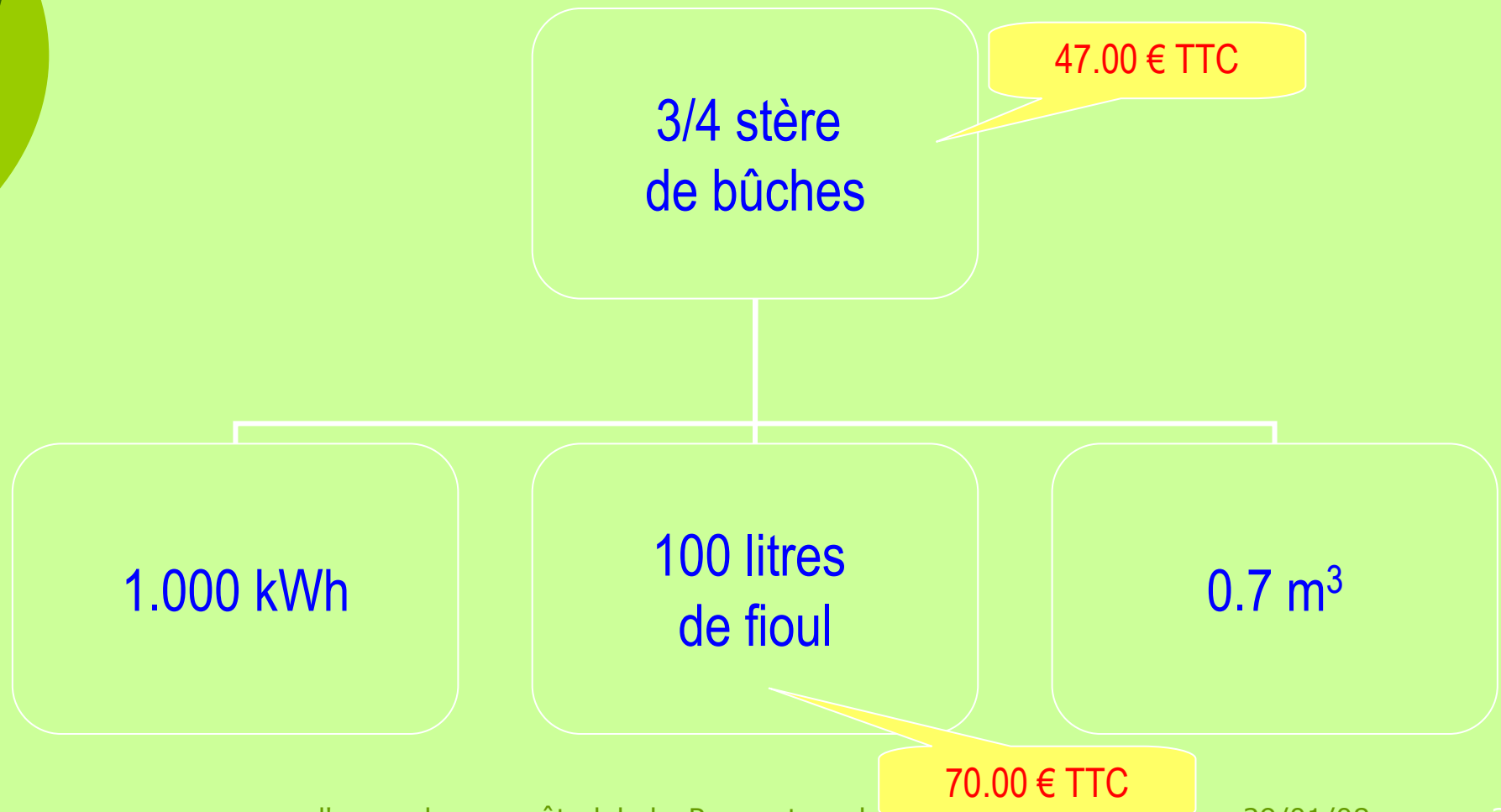
Le bois-énergie



Le bois-énergie



Le bois-énergie



Le bois-énergie



- Bois déchiqueté (1 000 kWh/MAP, soit 3 300 kWh/tonne)
- Pour une maison de 130 m² à 500m d'altitude, (18 000 kWh/an) consommation : 18 MAP par an (silo de 28m³)
- Dépense : 540 €



- Granulés de bois (4 500 kWh/tonne)
- Pour une maison de 130 m² à 500m d'altitude, (18 000 kWh/an) consommation : 4 tonnes par an (silo de 8m³)
- Dépense : 1 062 €

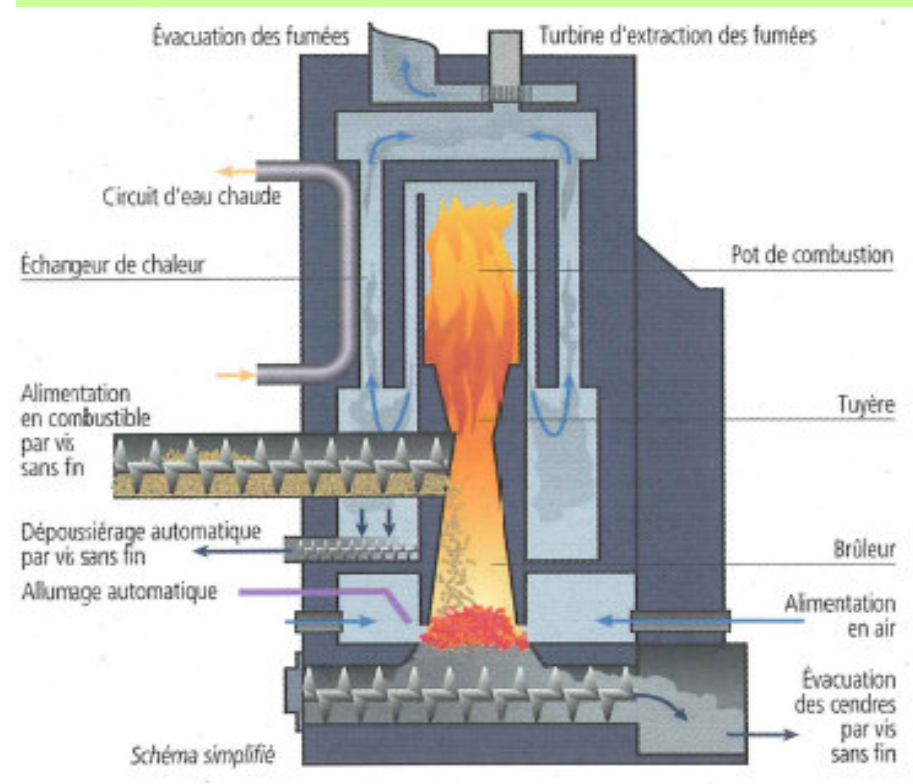
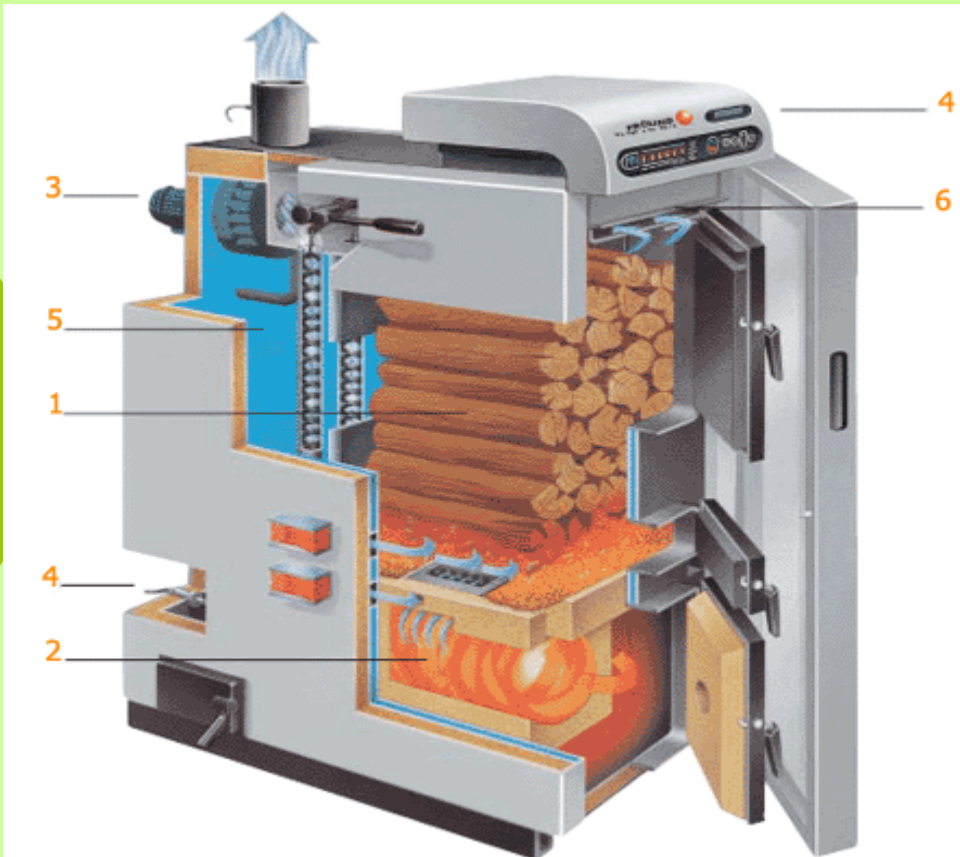
(fioul = 1.260 € - gaz = 1.080 € - électricité = 2.160 €)

Le bois-énergie

- Bois bûches (1300 kWh/stère)
- Pour une maison de 130 m² à 500m d'altitude, (18 000 kWh/an)
consommation : 14 stères par an
- Dépense : 846 €



(fioul = 1.260 € - gaz = 1.080 € - électricité = 2.160 €)



Prix tarif chaudière, 20kW, haut rendement :

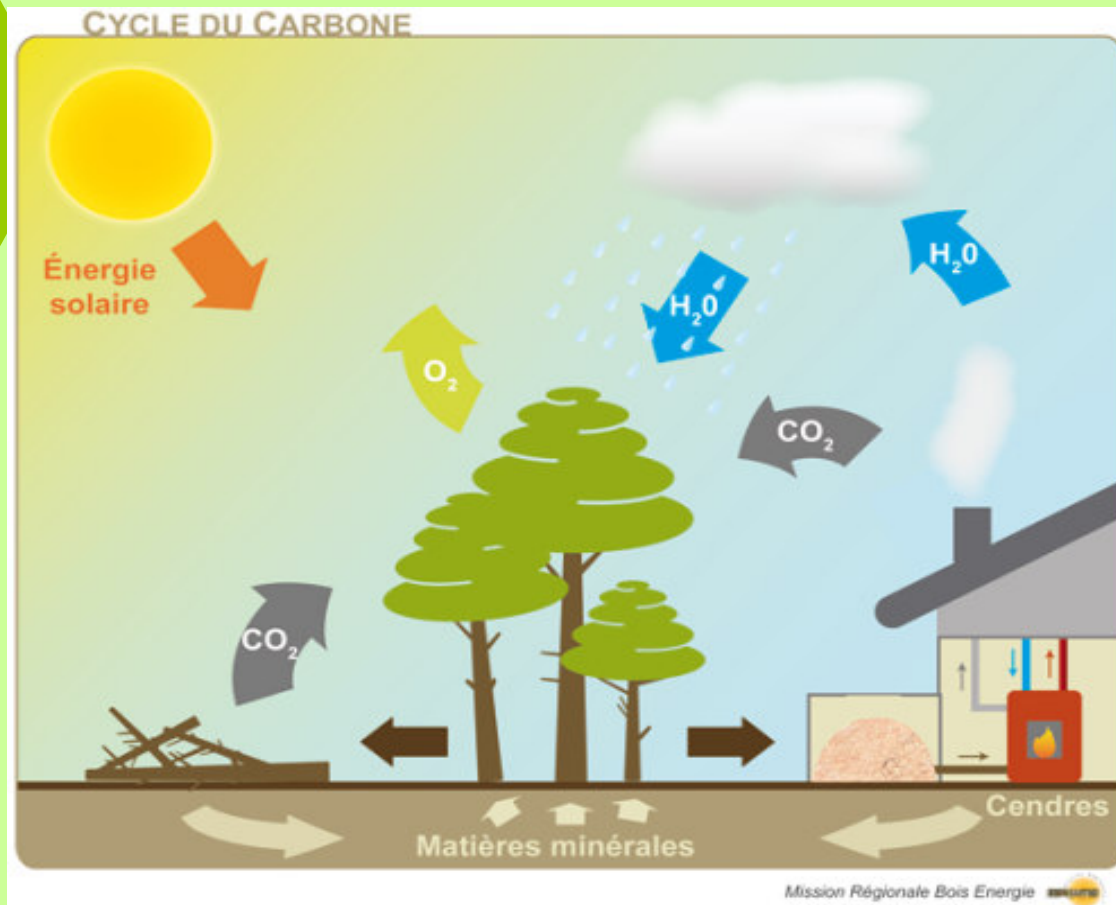
gaz/fioul : 2 200 €

Bûches : 4 700 €

Granulés : 6 400 €

Granulés avec automatismes : 9 300 €

Le bois-énergie

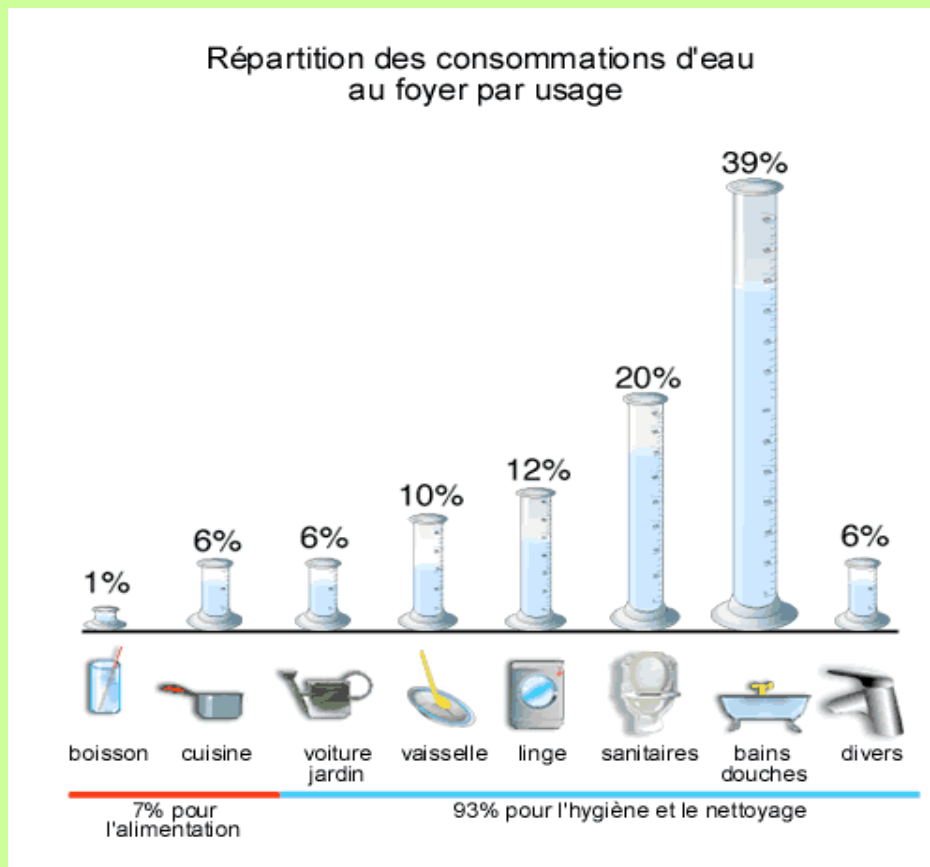


- bilan nul en terme de CO₂ du fait de non apport supplémentaire de CO₂ dans l'atmosphère contrairement aux énergies fossiles (il n'y a pas de déstockage massif de carbone dans l'atmosphère, seulement une restitution du CO₂ capté qui est alors réabsorbé par la croissance d'un nouvel arbre).
- **L'utilisation de 4 m³ de bois en substitution d'une énergie fossile pour le chauffage collectif résidentiel évite l'apport de 2,5t de CO₂ dans l'atmosphère.**

ENERGIE	PRODUCTION	EMISSION	COUT INSTALLATION TTC	COUT ENTRETIEN TTC	CONSOMMATION ANNUELLE	TEMPS DE RETOUR
Electricité	Chauffage électrique	Convecteurs rayonnants	4 700 €		1 780 €	
Electricité	plancher rayonnant	Plancher rayonnant	6 300 €		1 780 €	
Electricité	PAC air/eau	Plancher chauffant	12 300 €	150 €	910 €	11
Electricité	PAC eau gly./eau classique	Plancher chauffant	17 200 €	150 €	800 €	15
Electricité	PAC eau gly./eau haut de gamme	Plancher chauffant	19 800 €	150 €	710 €	16
Bois	Chaudière à granulés	Plancher chauffant	15 200 €	160 €	960 €	16
Bois	Chaudière à granulés	Radiateurs	11 900 €	160 €	960 €	11
Bois	Solaire + Chaudière à granulés	Plancher chauffant	23 500 €	200 €	630 €	20
Bois	Solaire + Chaudière à granulés	Radiateurs	20 200 €	200 €	630 €	16
Bois	Solaire + insert	Plancher chauffant	17 000 €	200 €	630 €	13
Gaz naturel	Chaudière standard	Radiateurs	7 200 €	150 €	1 070 €	4
Gaz naturel	Chaudière standard	Plancher chauffant	10 500 €	150 €	1 070 €	10
Gaz naturel	Chaudière à condensation	Radiateurs	7 500 €	160 €	910 €	4
Gaz naturel	Chaudière à condensation	Plancher chauffant	10 800 €	160 €	910 €	9
Fioul	Chaudière standard	Radiateurs	7 200 €	150 €	1 880 €	
Fioul	Chaudière standard	Plancher chauffant	10 500 €	150 €	1 880 €	
Fioul	Chaudière à condensation	Radiateurs	9 100 €	160 €	1 500 €	37
Fioul	Chaudière à condensation	Plancher chauffant	12 400 €	160 €	1 500 €	64

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : L'EAU

Consommation moyenne pour une famille type = 140 à 150 m³/an



Les investissements doivent être judicieux par rapport aux objectifs recherchés

Ex : récupération EP

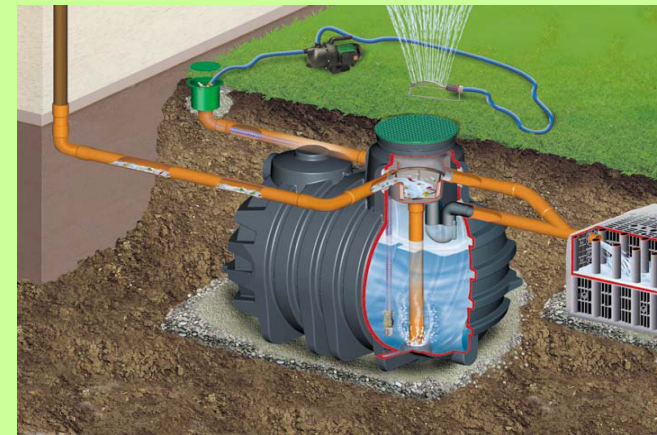
Cout d'une installation de récupération des EP : 3 000 €

Potentiel d'économie : 30m³ pour les sanitaires

- économie = 120 €
- + 15 m³ pour l'arrosage
- économie = 60 €

Temps de retour = 17 ans !

Mais 765 m³ d'eau économisés pour la planète



QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LES EXTERNALITES

Elles peuvent être positives ou négatives.

- Lorsqu'une opération économique, entre deux agents A et B, a des effets sur un troisième agent C sans qu'il y ait transaction monétaire ou convention d'échange entre A et C ou entre B et C, on dit qu'il y a création d'une *externalité*. Si l'externalité créée s'opère au détriment de C, c'est-à-dire si elle diminue son bien-être actuel, ou l'empêche de jouir d'un bien, d'un service potentiel, on dit qu'il s'agit d'une *externalité négative* ou d'une *deséconomie externe*. Si du fait de la transaction entre A et B, l'agent C voit augmenter son bien-être, sa richesse, ses possibilités d'action, de connaissance, s'améliorer son environnement, on dit qu'il y a création d'*externalité positive*.
- source :Yann Moulier Boutang

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LES EXTERNALITES

Création d'activités économiques nouvelles suite à la construction d'un nouvel équipement public (restauration, loisirs..)

Réduction des temps de transport suite à la création d'une nouvelle voie desservant un équipement neuf

À l'inverse, augmentation des distances suites à la suppression d'une voie (construction d'autoroute ou de voie SNCF par exemple)

QUELQUES EXEMPLES EN DETAIL : LES IMPACTS SOCIAUX

Création d'emplois

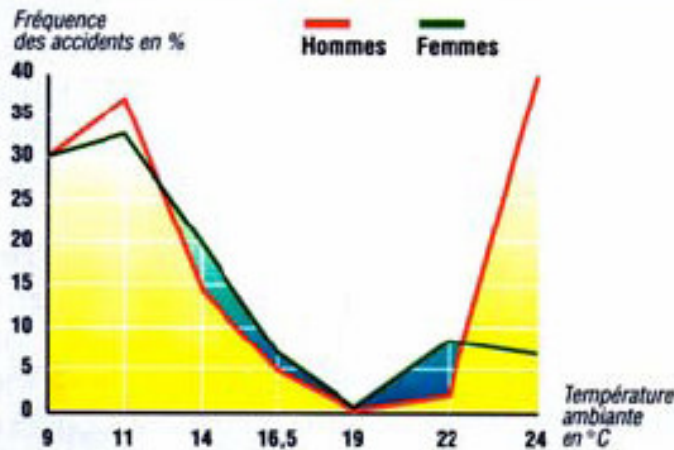
Impact sur la santé des utilisateurs

Impact sur le bien-être des habitants

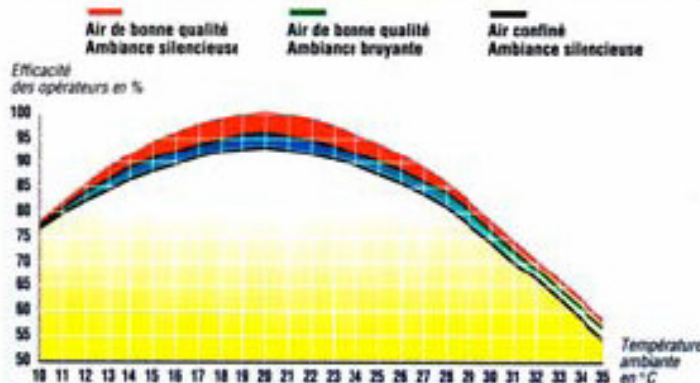
**Accès au logement pour tous par la réduction des charges
d'exploitation**

LA QUALITE D'USAGE

Fréquence des accidents en atelier en fonction de la température



Influence des conditions d'ambiance sur l'activité des personnes 13°C de trop = 30% d'efficacité en moins ! (Source : congrès AICVF)



Impacts des conditions de confort et d'hygiène des bâtiments sur les coûts sociétaux :

- Productivité,
- Accidentologie,
- Absentéisme,
- Syndrome du bâtiment malsain (« sick building »)
- Turn-over,
- Valeur patrimoniale,
- ...