

Cycle de conférence 2010-2011 du groupe Energie-Forel

*Energies dans un monde fini: de la prise de conscience aux perspectives*

---

# **Evaluation des économies d'énergie**

*Du niveau européen au niveau local*

18 novembre 2010, Université de Genève

---

Jean-Sébastien Broc

Département Systèmes Energétiques et Environnement  
Ecole des Mines de Nantes



# Contenu

---

- Une affaire de crises
- L'expérience américaine
- Principes et questions clés
- L'émergence d'un cadre européen
- Exemples de problématiques au niveau local (cas français)

# Une affaire de crises

Point de départ : chocs pétroliers (1973 et 1979)

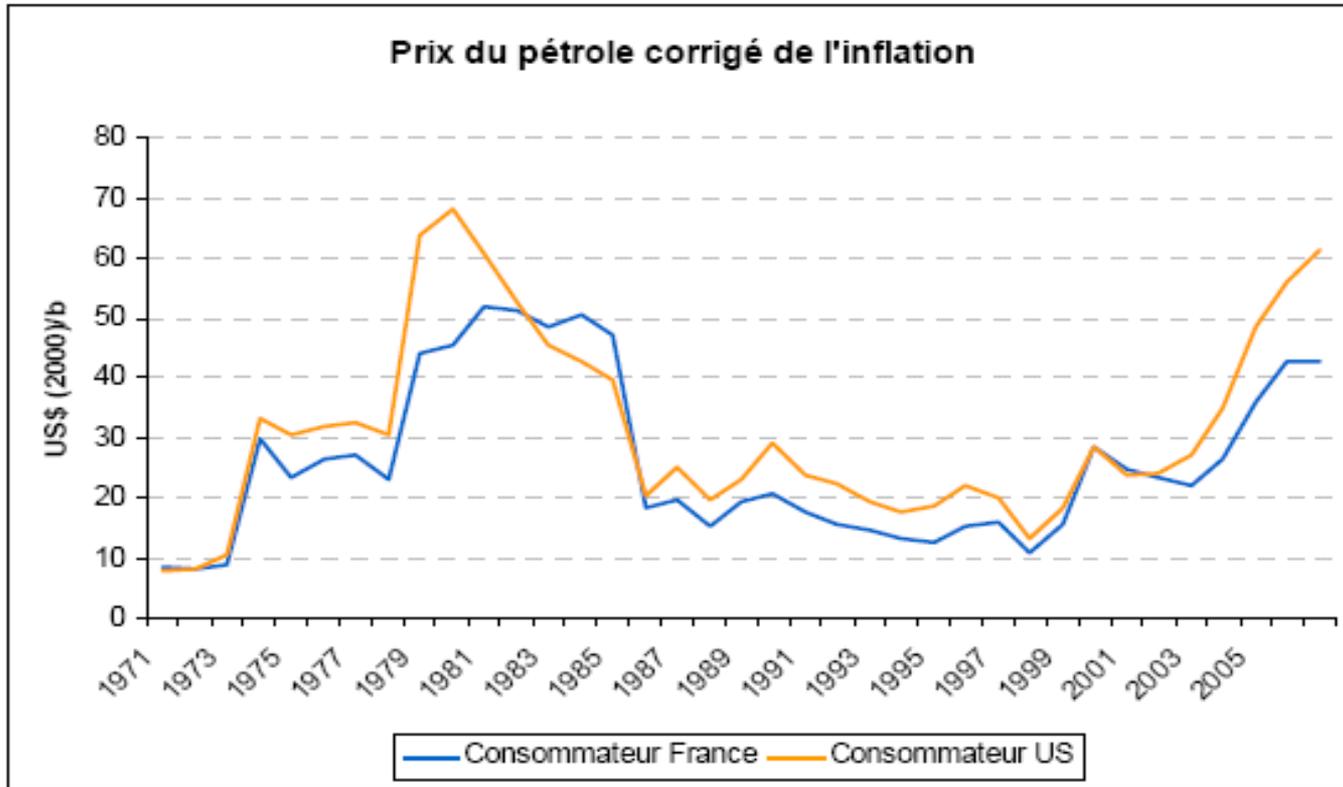
→ besoin de changer de paradigme énergétique

Considérer que la **demande** en énergie n'est plus une donnée intrinsèque du système énergétique, mais une **variable sur laquelle il est possible d'agir.**

- Gellings, 1984 -

... mais des évolutions qui ont suivi le cours du pétrole

# Une affaire de crises



Source : IFP (prix du pétrole – chiffres clés)

1973

1986

2000's



marchés « monopolistiques »

transition

marchés « ouverts »

É Du niveau européen au niveau local

1990's

ÉCOLE DES MINES DE NANTES

# Une affaire de crises

## Les causes conjoncturelles sont devenues des enjeux structurels

- raréfaction des ressources
  - impacts environnementaux avec la préoccupation du réchauffement climatique devenue prioritaire
  - risques géopolitiques
  - compétition entre les filières énergétiques et alimentaires (ou industrielles), etc.
- ⇒ **la MDE s'impose comme une composante essentielle des stratégies énergétiques**

# Une affaire de crises

## La nécessité de changer d'échelles

- de l'exemplaire à la généralisation des bonnes pratiques
- des gros consommateurs aux gisements diffus
- de la technologie (ou du besoin) vers le service
- du centralisé hégémonique vers des combinaisons décentralisées
- du bâtiment vers le quartier voire le territoire
- de l'action sur l'effet unitaire à l'action sur l'effet de structure (voire d'activité ?)

# Une affaire de crises

## Que vient faire l'évaluation dans tout ça ?

- accompagner la mise en œuvre
- apporter des garanties :
  - ✓ preuves & confiance
  - ✓ rendre le virtuel tangible
- aider à comprendre et à diffuser :
  - ✓ analyse de la logique d'intervention
  - ✓ repérer les facteurs clés de succès / échec
  - ✓ amélioration continue et dissémination

*Mais attention à ne pas tomber dans l'excès de procédures !*

# L'expérience américaine

## Les Etats-Unis et le modèle californien

- politiques mises en œuvre au niveau des états
- deux acteurs principaux : les PUC et les utilités
- profits régulés et incitation réglementaire à la MDE
- des évolutions qui suivent l'organisation des marchés de l'énergie
- rôle moteur de la Californie

# L'expérience américaine

## Les Etats-Unis première période : années 1970-80

- essor du « *Demand-Side Management* » et des programmes de « *resource acquisition* »
- intégration du DSM dans la planification énergétique (approche IRP, *Integrated Resource Planning*)
- ⇒ optimiser l'utilisation des ressources en comparant le coût du kWh produit à celui du kWh évité
- ⇒ objectif de minimiser les coûts pour le consommateur / contribuable

# L'expérience américaine

## Les Etats-Unis seconde période : années 1990

- ouverture des marchés de l'énergie à la **concurrence**
- développement des **ESCO** (*Energy Service Companies*)
- priorité aux programmes de **transformation de marché**
- ⇒ 2000-2001 : crise californienne, remise en cause du système vers un **équilibre** entre « ressource acquisition » et transformation de marché

# L'expérience américaine

## L'évaluation s'adapte aux formes des programmes

- années 1980 : « resource acquisition » → résultats directs et rentabilité des programmes
- années 1990 :
  - essor des ESCo → sécuriser les résultats (cf. IPMVP)
  - transformation de marché → indicateurs intermédiaires et analyse de la logique d'intervention
- années 2000 : équilibre entre les deux approches + optimisation des coûts d'évaluation en regroupant les études et en étudiant des groupes de programmes

# L'expérience américaine

## Deux types principaux de modèles de calcul (1)

### ■ modèles physiques :

$$\Delta kWh_{brut} = \text{unités} \times \left[ \left( \frac{kW}{\text{unité}} \times FC \right)_{base} - \left( \frac{kW}{\text{unité}} \times FC \right)_{perf} \right] \times H \times (1 + HVAC_c)$$

- $\Delta kWh_{brut}$  = économies d'énergie annuelles brutes
- unités = nombre d'unités d'équipements performants installés pendant l'opération
- $\frac{kW}{\text{unité}}$  = puissance nominale d'un équipement (de base ou performant)
- FC = facteur de charge moyen de l'équipement (rapport moyen entre la puissance appelée réelle et la puissance nominale)
- H = nombre d'heures annuelles d'utilisation de l'équipement
- HVAC<sub>c</sub> = facteur d'interaction avec les systèmes HVAC (chauffage, ventilation et air conditionné)

# L'expérience américaine

## Deux types principaux de modèles de calcul (2)

### ■ modèles statistiques (ou économétriques) :

$$E_{i, post} = B_0 + B_1 INSTALL_i + B_2 E_{i, pre} + B_3 C_{it} + \dots + B_k X_k + \dots + e_i$$

- $E_{i, post}$  = consommations d'énergie du client "i" pour les périodes après réalisation de l'opération
- $B_0$  = croissance constante des consommations liée à des équipements non-spécifiés
- $INSTALL_i$  = variable booléenne = 1 pour un participant (qui réalise l'action) et 0 pour un non-participant.
- $E_{i, pre}$  = consommations d'énergie du client "i" pour les périodes avant réalisation de l'opération
- $C_{it}$  = variable qui rend compte des conditions climatiques pour le client "i" au mois "t," selon la périodicité de relevé des consommations du client "i"
- $X_k$  = vecteur pour d'autres variables explicatives
- $e_i$  = erreur statistique

# L'expérience américaine

## Les tests d'analyse coûts / bénéfiques

<b>Nom du test (et point de vue correspondant)</b>	<b>Coûts</b>	<b>Bénéfices</b>
Utility Cost (utilités)	Coût total des programmes	Coûts évités de fourniture d'électricité
Participant Cost (participants aux actions)	Surcoût de la technologie	Réduction facture électricité + aides touchées
Rate Impact Measure (non-participants)	Perte de revenus des utilités	Coûts évités de fourniture
Total Resource Cost (clients des utilités)	Surcoût de la technologie + coût total des programmes - incitation	Coûts évités de fourniture
Social Cost (collectivité)	Surcoût de la technologie + coût total des programmes - incitation	Coûts évités de fourniture + bénéfices environnementaux

# Principes et questions clés

## Une affaire de méthode...



# Principes et questions clés

---

**Pourquoi évaluer** → quels sont les besoins du ou des commanditaire(s) ?

- **obligation** : contrainte, besoin de rendre des comptes
- **accompagnement** : bonnes pratiques de gestion, aide à la décision, démarche d'amélioration continue
- **acte politique** : information et débat, transparence, responsabilité, crédibilité et légitimité

# Principes et questions clés

## Objectifs généraux d'une évaluation

- ➔ répondre à deux questions principales :
  - quels sont les effets des actions entreprises ?  
autrement dit, que se serait-il passé si ces actions n'avaient pas eu lieu ?
  - pour atteindre un objectif donné, quelles actions choisir ? et comment les mettre en oeuvre pour assurer leur succès ?

# Principes et questions clés

---

## → 4 tâches principales :

- identifier et sélectionner les effets à évaluer
- les estimer (quantitativement et/ou qualitativement)
- les expliciter (causes et sources)
- les relativiser (comparaisons avec les objectifs initiaux et d'autres opérations) pour faire ressortir les facteurs de succès / échec

# Principes et questions clés

---

## Principaux champs d'évaluation à couvrir

- **évaluation des impacts « environnementaux »**  
(économies d'énergie, émissions évitées, etc.)
- **analyse économique** (coûts/bénéfices, indicateurs de performance)
- **analyse de la logique d'intervention**

# Principes et questions clés

---

## Importance de la préparation de l'évaluation

- Clarifier les objectifs d'évaluation
- Planifier
- Intérêt d'une approche pluraliste : prendre en compte les différents points de vue d'acteurs

# Principes et questions clés

## Choix du référentiel (*baseline, scénario “au fil de l’eau”*)

- que ce serait-il passé sans l’opération ? (notion d’additionnalité)
- deux types principaux de référentiel :
  - différence de temps : **avant / après**
  - différence d’exposition : **témoin / participants**
- tout référentiel repose sur des **hypothèses**, et tout résultat est par conséquent **relatif** à ces choix
- recherche d’une comparaison « **toutes choses égales par ailleurs** » → recours à des **facteurs correctifs** (par ex. conditions climatiques)

# Principes et questions clés

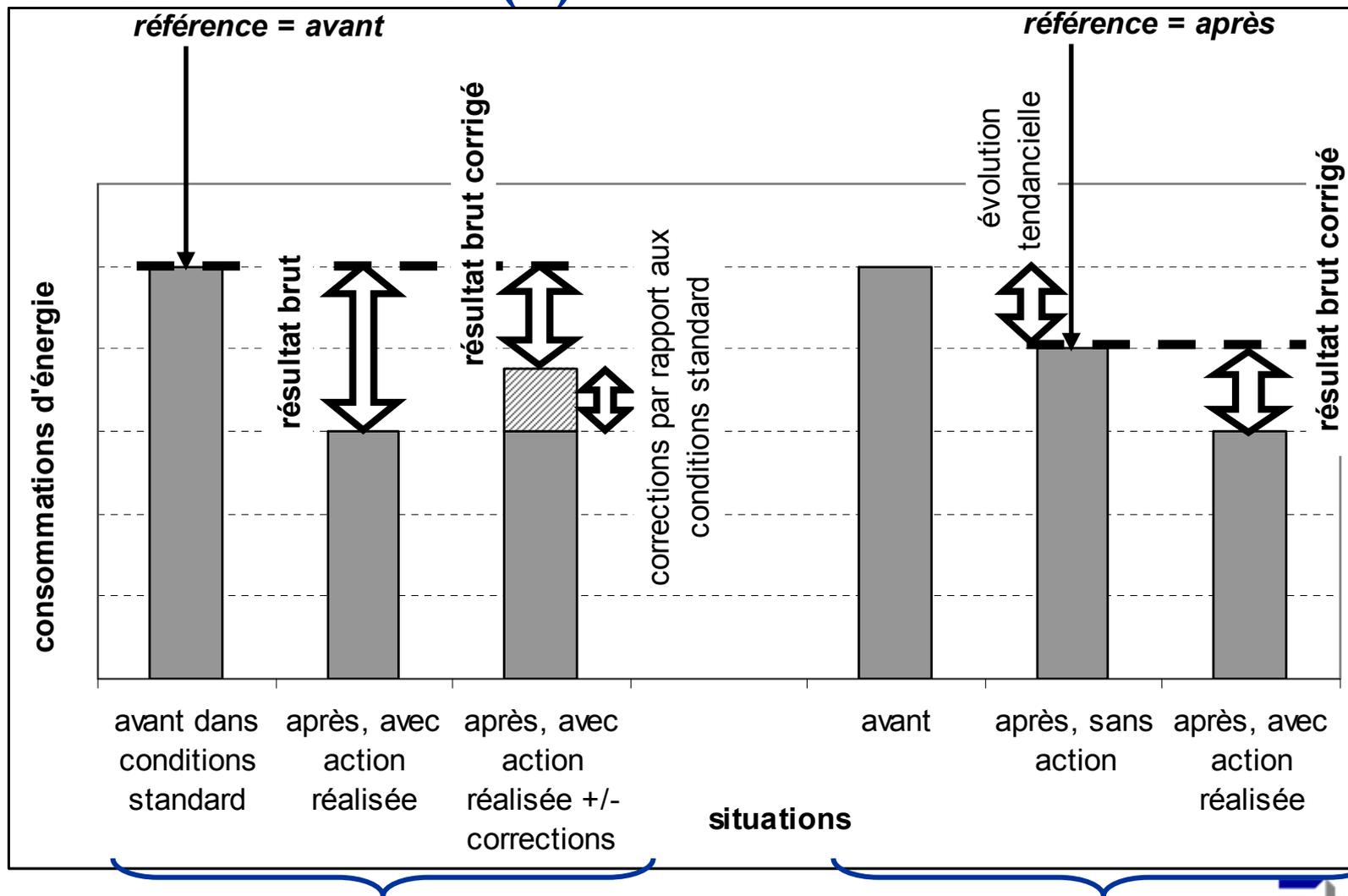
## Exemples de facteurs correctifs

- conditions météorologiques (cf. par ex. degrés-jours);
- taux d'occupation;
- heures d'ouverture des bâtiments non résidentiels;
- intensité des équipements installés (capacité); gamme de produits;
- quantité de production, volume ou valeur ajoutée, y compris évolution du PIB;
- planification pour les installations et les véhicules;
- relations avec les autres unités.

*Facteurs cités dans la Directive européenne 2006/32/CE relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques*

# Principes et questions clés

## Choix du référentiel (2)



# Principes et questions clés

## Résultats bruts et résultats nets

- **résultats bruts** : *écarts entre les évolutions avec le programme et la situation de référence*
- **résultats nets** : *changements réellement dus au programme (résultats bruts corrigés de facteurs d'ajustement correspondant aux divers biais identifiés)*
- le choix du référentiel et des facteurs d'ajustement dépend du **point de vue considéré** (par ex. maître d'ouvrage, participant, etc.)

# Principes et questions clés

## Les principaux facteurs d'ajustement

- effet d'aubaine ("*free-ridership*")
- effet rebond ou transfert (déplacement ou substitution, "*rebound* ou *takeback effect*")
- effet boule de neige / effet d'entraînement (démultiplicateur, "*spill-over* ou *free-driver effect*")
- effet de persistance
- effet Hawthorne (ou effet placebo)

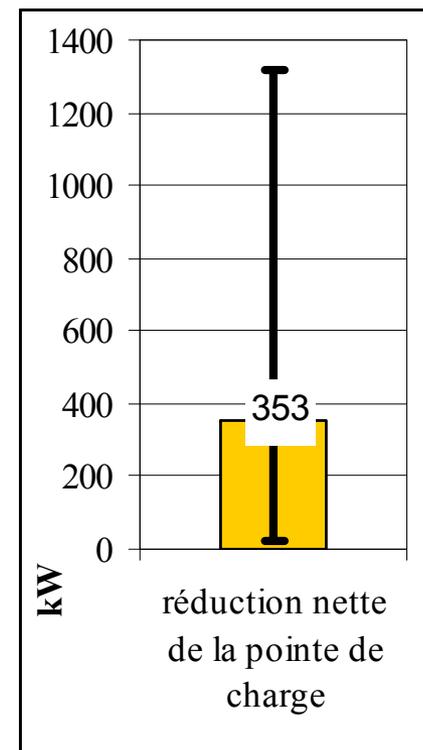
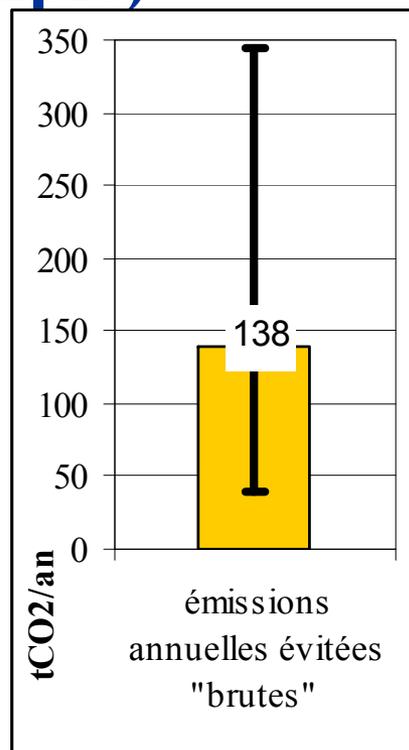
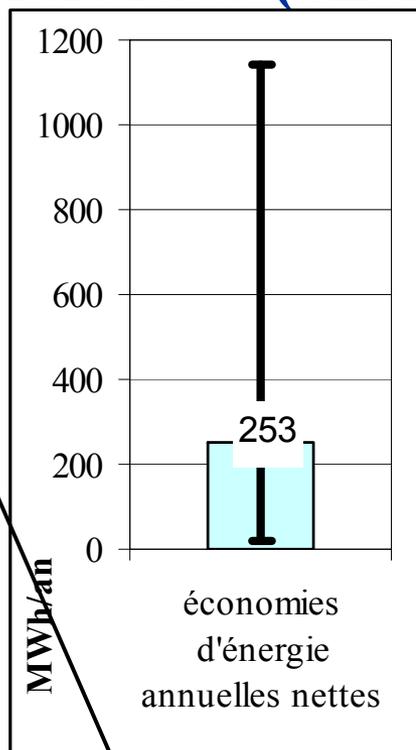
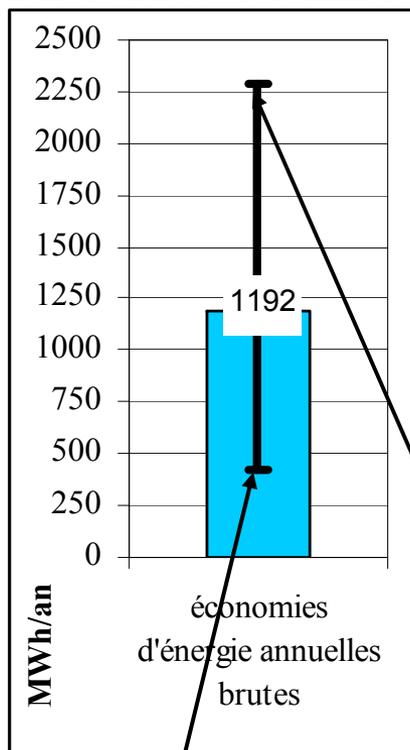
# Principes et questions clés

## Erreurs et incertitudes

- **sources d'erreur** : erreurs de calcul, de conversion d'unité, d'appréciation, méconnaissances techniques, données manquantes, etc.
  - **sources d'incertitudes** : hypothèses utilisées pour le référentiel et/ou par le modèle de calcul, extrapolation à partir d'échantillons, hypothèses sur des données manquantes, etc.
- ➔ distinction entre résultats **estimés (ex-ante)** et **vérifiés (ex-post)**
- ➔ aucun résultat d'évaluation n'est absolu ; il doit être, *dans la mesure du possible*, accompagné d'un indicateur quant à sa qualité : ordre de grandeur, fourchette d'incertitudes, intervalle de confiance.

# Principes et questions clés

## Erreurs et incertitudes (exemple)



*exemples de résultats obtenus pour une opération en PACA*

scénario pessimiste

scénario optimiste

- la marge d'incertitudes dépend de la plage de variation des différents paramètres

# Principes et questions clés

## Points clés pour assurer le déroulement et l'utilité de l'évaluation

- mettre les attentes des acteurs au cœur de l'évaluation
- ajuster les objectifs d'évaluation aussi au niveau de pratique de l'évaluation
- construire des contacts réguliers entre les évaluateurs et les partenaires du programme
- présenter l'évaluation comme une collaboration gagnant - gagnant (échanges d'information)

# Contexte européen

## La lente émergence d'une politique européenne

- des contextes très différents d'un pays à l'autre
- trois approches principales
  - logique d'**engagements de moyens**
  - logique d'**obligations de moyens**
  - logique d'**obligations de résultats**
- vers un **cadre harmonisé** en parallèle de la construction d'un **marché européen** de l'énergie

## Construction progressive d'un cadre européen pour l'efficacité énergétique

- étiquetage des produits (1992) jusqu'à l'éco-conception (2005)
  - performance énergétique des bâtiments (2002, mis à jour en 2009)
  - Directive cadre sur l'efficacité énergétique pour les usages finals et les services énergétiques (2006)
  - des directions communes harmonisant peu à peu les voies choisies par les Etats-membres
- ⇒ aujourd'hui au sein du « Paquet Climat » (3\*20% en 2020)

# Contexte européen

## Principales approches d'évaluation des économies d'énergie

- **approche bottom-up** : analyse **micro** qui se base sur des données **désagrégées**, le plus souvent des **données de terrain**. Cette approche a pour but d'évaluer les économies d'énergie réalisées **au niveau d'une opération** ou d'un programme (par ex. méthodes employées pour les certificats d'économies d'énergie)
- **approche top-down** : analyse **macro** qui évalue les économies d'énergie à partir de l'étude des changements globaux et relations entre des données **agrégées**, le plus souvent des **données statistiques**. Cette approche vise à estimer les économies d'énergie à partir du **suivi d'indicateurs globaux** (par ex. l'intensité énergétique).

# Contexte européen

## Les principaux types de méthodes bottom-up

Type de méthode	Remarques
1 Mesure directe des consommations	Coûteux mais précis. Souvent limité à de petits échantillons.
2 Analyse des factures ou des relevés de consommation	Risque important de biais, les résultats doivent être supérieurs au « bruit ».
3 Calculs (ou modèles) physiques (principalement ex-ante)	Précision fonction des données disponibles. Etalonnage recommandé.
4 Combinaison d'estimations ex-ante et de vérifications ex-post	Peut représenter un bon compromis coût/précision, mais valable que si suffisamment d'expérience déjà acquise.
5 Estimations ex-ante ( <i>deemed savings</i> )	Peu coûteux, mais fortes incertitudes sauf si mesures bien connues avec des résultats peu variables.
6 Modélisation bottom-up basée sur des enquêtes	A la frontière du bottom-up et du top-down.

# Contexte européen

## Décomposition du calcul en 4 étapes (approche bottom-up)

+ *nombre de participants*



**Etape 1: économies d'énergie annuelles unitaires brutes** (en kWh/an par participant ou unité)

+ *facteurs d'ajustement et de double comptage*



**Etape 2: économies d'énergie annuelles brutes** (en kWh/an)

+ *durée de vie et facteurs de persistance*



**Etape 3: économies d'énergie annuelles nettes** (en kWh/an)

**Etape 4: économies d'énergie nettes cumulées** sur la durée de vie des actions (en kWh)

# Contexte européen

## Les principaux types de méthodes top-down

Type de méthode	Exemples
1 Suivi d'indicateurs de diffusion	Indicateur de consommations moyennes par type d'appareil (ex. kWh/an pour des réfrigérateurs)
2 Suivi d'indicateurs de consommation spécifique	Indicateurs de consommations par (sous-)secteur (ex. kWh/an/m <sup>2</sup> dans le résidentiel)
3 Modèles économétriques	Cf. modèles statistiques

Pour plus de détails, voir le projet européen ODYSSEE :  
[www.odyssee-indicators.org](http://www.odyssee-indicators.org)

# Contexte européen

## Où en est-on ?

- cadre principal = ESD
  - difficultés (voire impossibilité ?) de définir des méthodes harmonisées au niveau européen
  - Etats-membres non contraints (pour le moment)
  - travaux de normalisation (CEN, ISO)
  - enjeux à venir :
    - ✓ nouveau plan d'action
    - ✓ mise à jour de l'ESD
- binding or not binding ?

# Exemples de problématiques au niveau local

## Les collectivités locales et l'énergie

- consommatrices : **MDE patrimoniale**
- productrices (hors MDE)
- distributrices : autorités concédantes et **missions de service public**
- aménageuses : politiques d'**urbanisme**
- incitatrices / animatrices : **conseils** neutres, et au-delà les collectivités comme acteurs des marchés de l'énergie ?

# Exemples de problématiques au niveau local

## Evolutions récentes

- passage de logiques patrimoniales à des **logiques territoriales**
- des projets de plus en plus **ambitieux** (cf. PACA et Lot) et/ou avec des **objectifs chiffrés** (par ex. Plans Climat)
- recherche d'une mise en commun des expériences et d'un **changement d'échelle** :
  - de cercles d'initiés vers des réseaux étendus
  - d'opérations exemplaires vers une diffusion large des bonnes pratiques

# Exemples de problématiques au niveau local

## La dimension locale pour des activités de MDE :

### 1) des avantages

- Proximité
  - avec les publics visés (contacts privilégiés)
  - entre les acteurs (réseaux, capacité de mobilisation)
  - connaissance du terrain et des particularités locales
- Souplesse
  - facilité d'adaptation
  - libertés d'initiatives, créativité, expérimentations
  - structures et cadres plus opérationnels
- Approche intégrée sur un territoire
  - approches transversales (ciblant plusieurs secteurs)
  - approches globales (coordonnant plusieurs politiques)
  - opportunités d'économies de gamme

# Exemples de problématiques au niveau local

## La dimension locale pour des activités de MDE :

### 2) des limites

- déséquilibre des rapports de force (par ex. entre collectivités locales et grande distribution)
- possibilités réduites d'économies d'échelle
- moyens financiers disponibles moins importants
- difficultés potentielles de coordination entre différents acteurs ou échelles territoriales (par ex. redondance, oppositions)

# Exemples de problématiques au niveau local

## Attentes spécifiques des acteurs locaux (vis-à-vis de l'évaluation)

- des indicateurs clairs, synthétiques et bien documentés pour mieux décider et communiquer
- faire valoir les contributions locales à des instances centrales
- pouvoir s'appuyer sur des expériences existantes
- pouvoir se comparer avec les autres
- se former à des problématiques nouvelles et développer les compétences locales

# Exemples de problématiques au niveau local

## Besoins correspondants (pour les méthodes d'évaluation)

- **transparence** des méthodes (pour une bonne appropriation des résultats et conclusions, et permettre leur vérification)
- **qualité des données**
- **crédibilité** des résultats pour une meilleure reconnaissance des opérations locales
- **capitalisation d'expérience**

# Exemples de problématiques au niveau local

## Spécificités de l'évaluation au niveau local

- **intégrer l'évaluation dans le processus de l'opération**  
→ *renforcer l'implication des acteurs ; utiliser l'évaluation comme une action de l'opération pour mobiliser*
- **phase d'apprentissage**  
→ *longtemps un manque de culture et pratique d'évaluation ; évolution récente mais forcément progressive*
- **manque de données de référence spécifiques à un territoire**
- **moyens pour l'évaluation souvent limités**

# Exemples de problématiques au niveau local

## Territoires insulaires (ou équivalent) (1)

(ex. DOM, Corse, etc.)

- systèmes isolés, non raccordés aux réseaux  
→ problématique « **autarcique** »
- maîtrise double : consommations + courbe de charge
- MDE forcément combinée à PDE
- contraintes techniques spécifiques : forts écarts saisonniers liés au tourisme
- territoire bien délimité → bilan énergétique facilité

# Exemples de problématiques au niveau local

## Territoires insulaires (ou équivalent) (2)

- motivations :
  - péréquation tarifaire
  - développement économique et aménagement du territoire
  - émissions GES (si pas EnR+MDE, souvent fioul)
- retour direct sur la fiabilité des solutions proposées
- synergies entre les acteurs (le plus souvent)

# Exemples de problématiques au niveau local

## Contraintes sur le réseau de transport d'électricité (ex. PACA-Est, Lot, Bretagne)

- contraintes liées à une situation en bout de réseau ou à des risques particuliers (ex. incendie)
- objectif prioritaire : appels de pointe + objectifs forcément ambitieux car effet de seuil
- MDE et PDE : alliées ou concurrentes ?
- frontières du territoire parfois floues

# Exemples de problématiques au niveau local

## Contraintes sur le réseau de transport d'électricité (2)

- motivations : éviter un renforcement du réseau (par ex. zones protégées)
- enjeux de moyen terme → mobilisation difficile
- partenariats complexes à mettre en œuvre (notamment pour le financement, car RTE peu impliqué)

# Exemples de problématiques au niveau local

## MDE “rurale” (ex. opérations financées par le FACE)

- contraintes liées à une situation isolée ou en bout de réseau de distribution (BT)
- objectif prioritaire : appels de pointe + effet de seuil (mais moins ample car plus localisé)
- MDE et PDE : alliées ou concurrentes ?
- cibler des zones restreintes (opérations micro) ou couvrir des zones plus vastes (opérations macro)

# Exemples de problématiques au niveau local

## MDE “rurale” (2)

- motivations : éviter des coûts de renforcement ou d’extension du réseau (si coûts MDE (ou EnR) < coûts travaux sur réseau)
- retour direct pour opérations micro ; plus difficile à mettre en évidence pour opérations macro
- opérations le plus souvent pilotées par les SIE (Syndicats Intercommunaux d’Electricité ou d’Energies)

# Exemples de problématiques au niveau local

## MDE “diplomatique” (ex. zone de Bure, Flamanville)

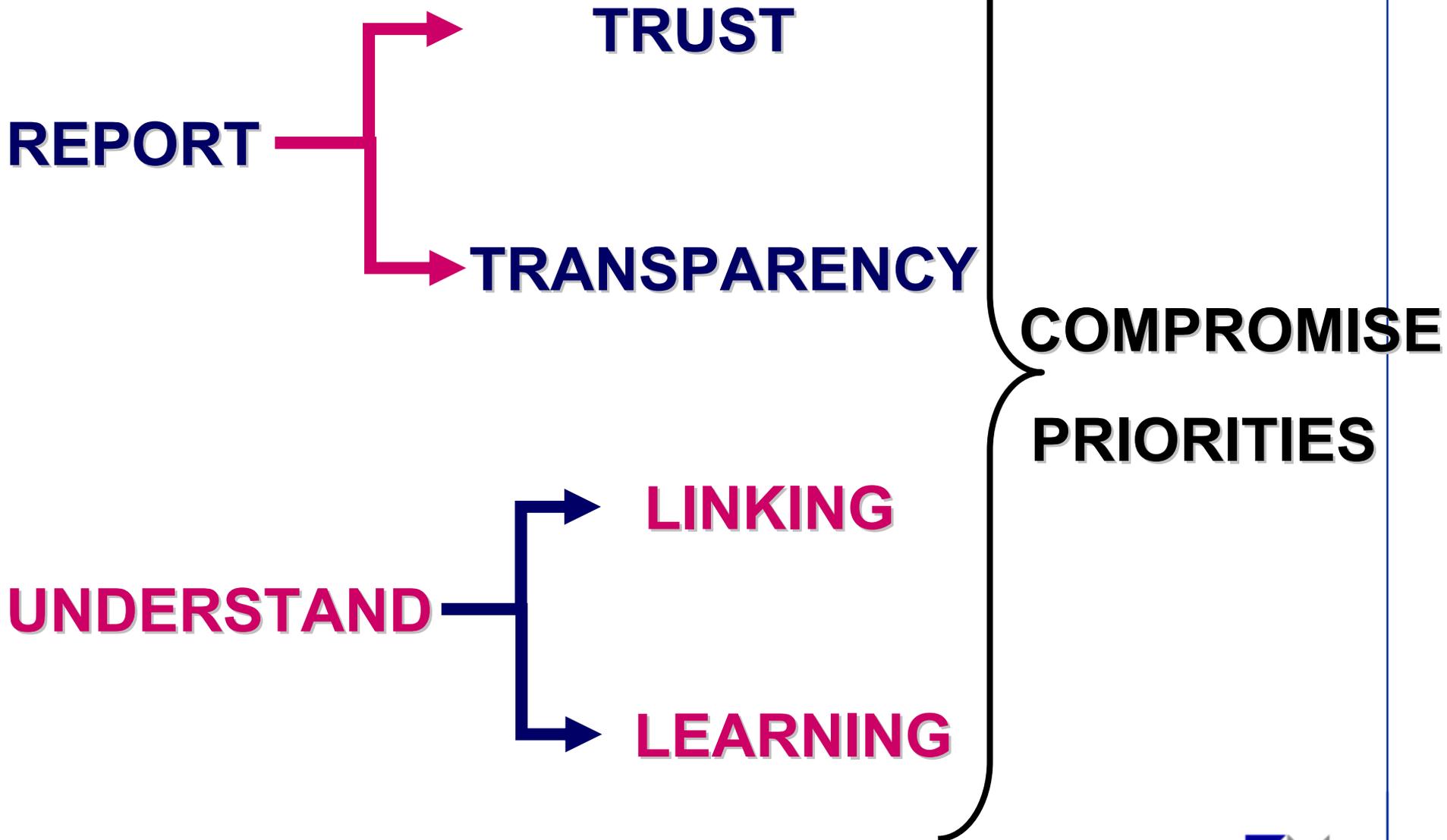
- pas de contrainte énergétique à l’origine de l’opération, mais une contrepartie à un autre projet (ex. laboratoire de Bure, futur réacteur EPR)
- objectifs prioritaires : économiques (investissement, soutien d’activités, créations d’emploi)
- MDE et/ou PDE en fonction des ressources et volontés politiques locales
- frontières « politiques » des territoires concernés

# Exemples de problématiques au niveau local

## Autres problématiques émergentes

- définir de véritables politiques énergétiques locales
- intégrer la dimension « énergie » aux projets de territoire (par ex. d'urbanisme, de renouvellement urbain)
- volonté politique (et/ou citoyenne) de « faire quelque chose » (cf. Plans Climats Territoriaux)
- promouvoir la MDE comme activité économique locale non délocalisable (+ économie de devises)
- MDE à vocation sociale (parc HLM, accès à l'énergie)

# Conclusion



*Merci pour votre attention.*

*Place aux discussions !*

