

Les coûts d'abattement des émissions: approche microéconomique et perspective systémique

Patrick Criqui, CNRS-UGA,
Chaire Avenir Commun Durable
Collège de France,
5 janvier 2022

Prolégomènes

- ◆ Deux points d'accord avec CG, une fois acquise la nécessité de la transition énergie-climat:
 - Elle ne se fera pas sans coûts et sans un effort d'investissement et de reconversion (en tous cas sur le moyen terme)
 - La recherche de l'efficacité dans l'action, chère aux économistes, doit donc être une préoccupation de premier plan (d'où le souci de l'égalisation des coûts marginaux de réduction)
- ◆ Deux points de désaccord:
 - L'analyse coût-avantage (Cost-Benefit-Analysis) de la lutte contre le CC est illusoire et ne peut pas guider les politiques publiques, il faut lui préférer l'analyse coût-efficacité, pour un objectif climatique exogène (ex. 1,5-2°C)
 - Le prix unique du carbone n'est pas la panacée, parce que les acteurs décentralisés n'appliquent pas dans leurs décisions le même taux d'actualisation que la puissance publique

- ◆ *Les travaux de la Commission Coûts d'Abatement de France Stratégie: le calcul socioéconomique standard*
- ◆ *Une perspective élargie, en économie de l'innovation et des transitions systémiques*

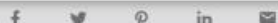
La commission Coûts d'abattement de France Stratégie



PUBLICATIONS PROJETS THÉMATIQUES ÉVÉNEMENTS RÉSEAU ÉVALUATION



TÉLÉCHARGER



Accueil / Publications / Les coûts d'abattement

Les coûts d'abattement



RAPPORT

Publié le mercredi 30 juin 2021

Suite au rapport de la Commission Quinet sur la valeur de l'action pour le climat, qui faisait le constat de la nécessité « de poser un cadre méthodologique clair et partagé pour pouvoir évaluer le coût d'abattement socio-économique des différentes actions », France Stratégie a lancé, à la demande du Cabinet du Premier Ministre, une évaluation des coûts d'abattements de différentes solutions de décarbonation. Installée en septembre 2019, la commission sur les coûts d'abattement des émissions de gaz à effet de serre est présidée par Patrick Criqui, et composée d'économistes et d'experts sectoriels.

TÉLÉCHARGEZ LA PARTIE 1 MÉTHODOLOGIE DU RAPPORT - LES COÛTS D'ABATTEMENT

TÉLÉCHARGEZ LA PARTIE 2 TRANSPORTS DU RAPPORT - LES COÛTS D'ABATTEMENT

Le mandat de la commission Coûts d'Abatement

- 1. Préciser les définitions** de ce qu'on entend par « coût d'abattement » et définir un cadre méthodologique partagé pour les calculs dans différents secteurs
- 2. Expliquer l'utilisation qui peut être faite d'un coût d'abattement** en fonction de son mode de calcul, en particulier comment elle peut se comparer à la Valeur de l'Action pour le Climat
- 3. Présenter les coûts d'abattement harmonisés d'une série de solutions techniques**, en distinguant les technologies matures / en développement, efficaces aujourd'hui... ou demain

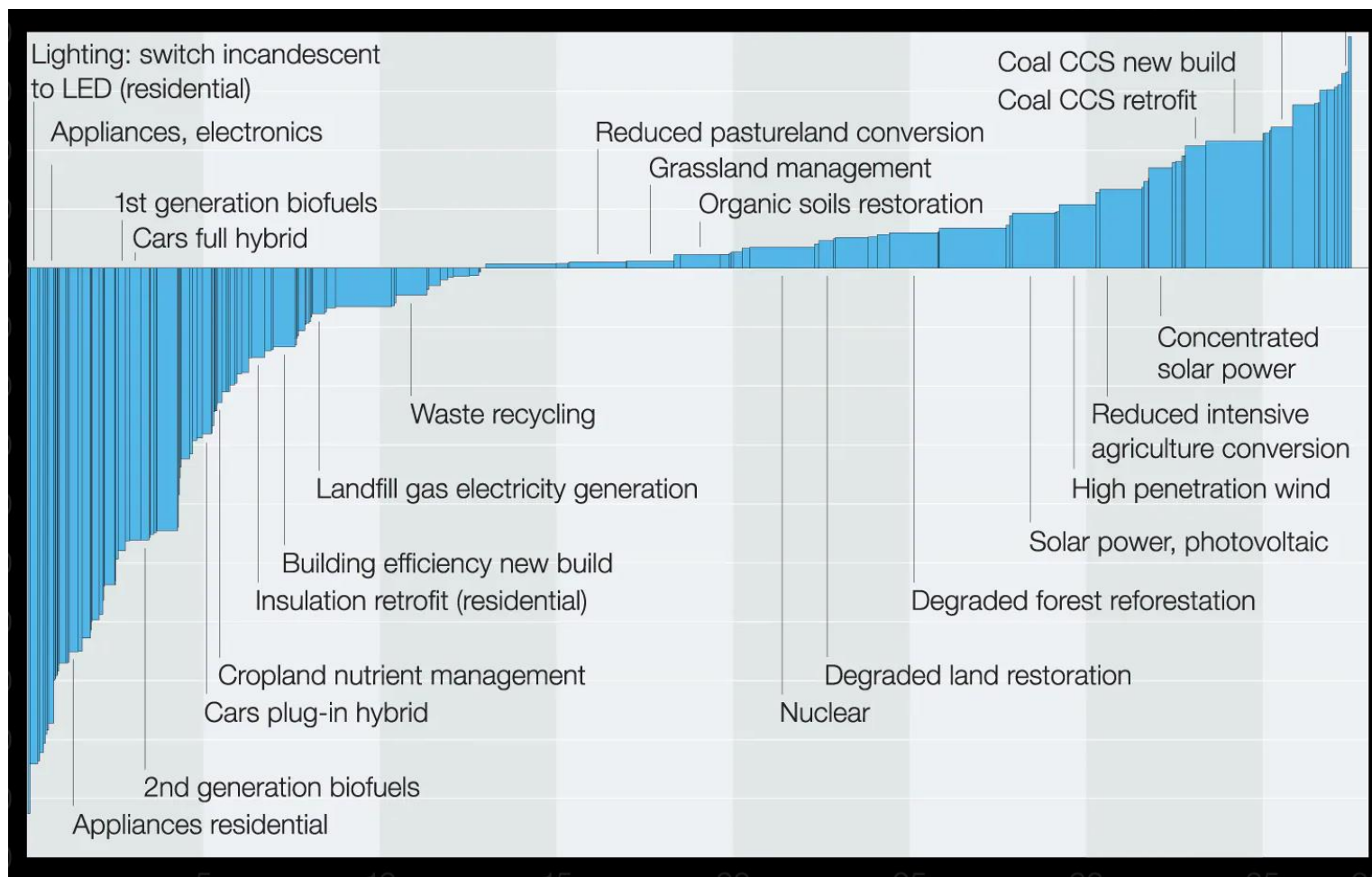
Quelle méthodologie ?

- ◆ L'égalisation des coûts d'abattement, une référence pour des politiques publiques efficaces:

$$CA = \frac{\sum(\Delta\text{Investissement} + \Delta\text{Fonctionnement} - \Delta\text{Cobénéfices})}{\sum(\Delta\text{Emissions})}$$

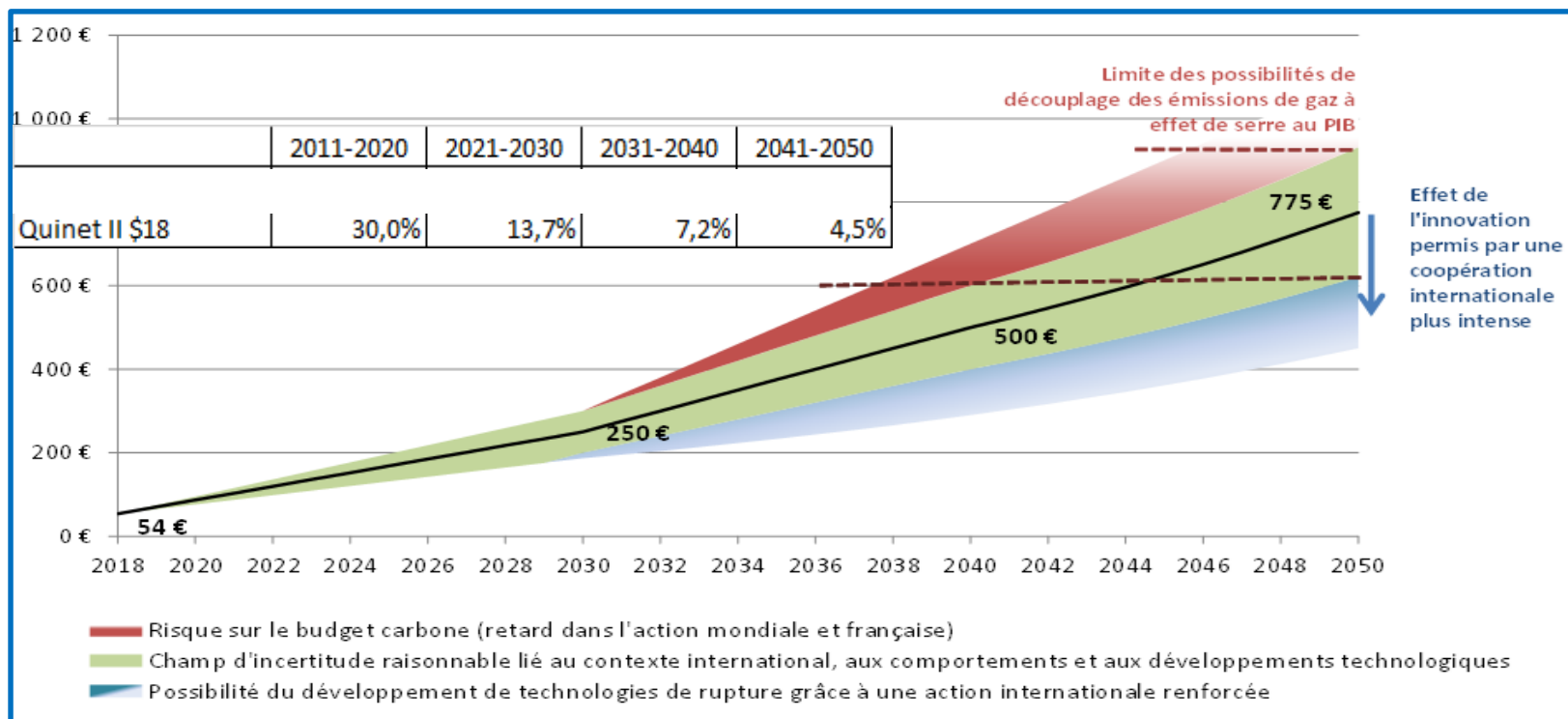
- ◆ Apparemment, le problème est d'une simplicité extrême avec:
 - Une voie microéconomique par les courbes de coûts marginaux de réduction (MACCs, Marginal Abatement Cost Curves)
 - Une voie macro par la modélisation 3E (Environnement-Energie-Economie) et l'introduction d'un prix notionnel du carbone (*shadow price*)

McKinsey (2007): “a revolutionary tool for cutting emissions !”



La Valeur de l'Action pour le Climat (A. Quinet-2, 2019)

- ◆ Une approche par la modélisation, rigoureuse mais rencontrant deux difficultés:
 - Le manque de visibilité sur les options technologiques à très long terme
 - Un point de départ bas pour un point d'arrivée très haut (2 €/l ess.)

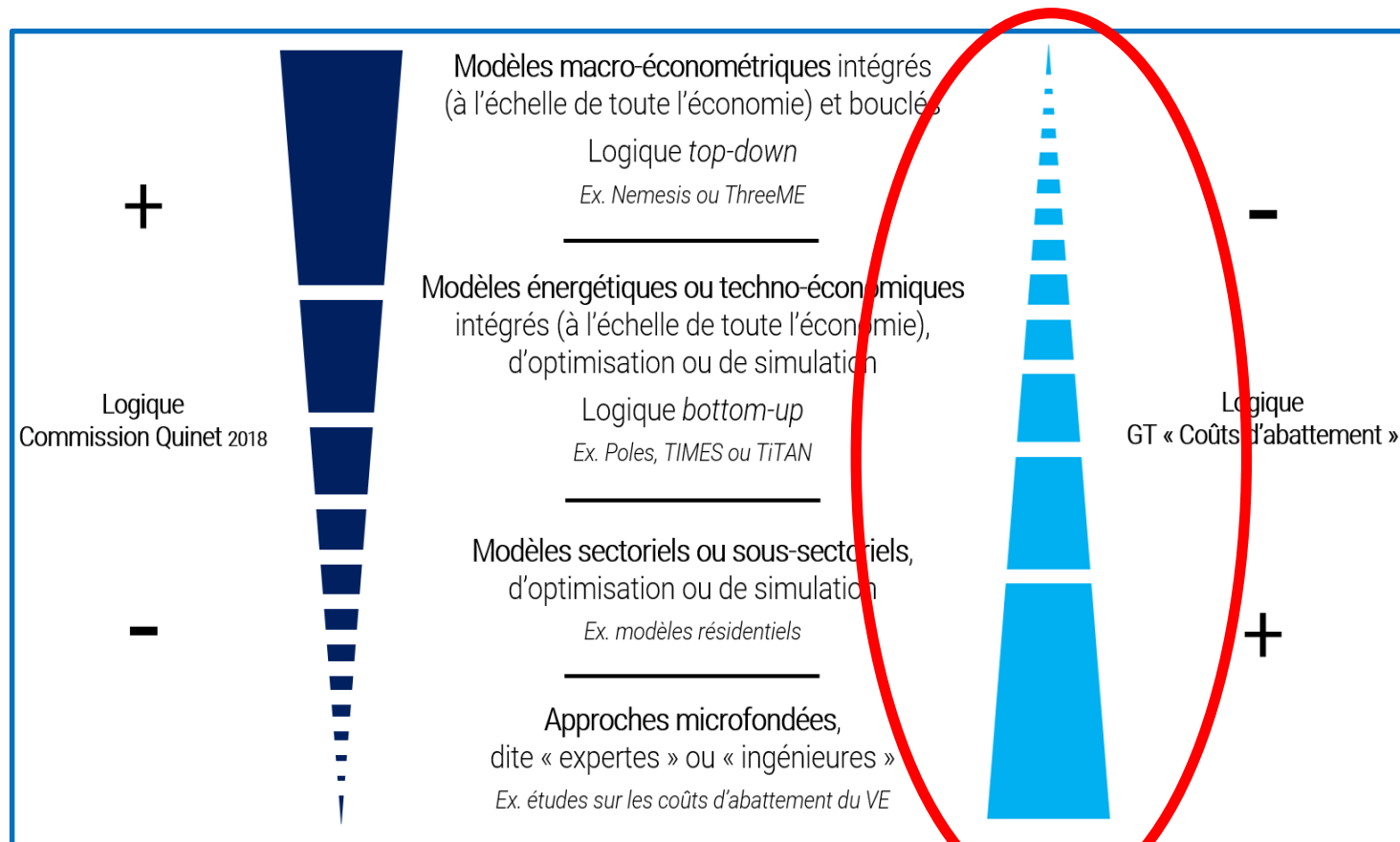


Enjeux méthodologiques

- **Approche socio-économique**, point de vue de l'ensemble de la collectivité cf. évaluation des projets d'investissement public (E. Quinet, 2013)
- **Les 2 grandes approches** sont *a priori* complémentaires, mais:
 - **microéconomique-ingénieur** → comparaison des VAN, par projet
 - **par les modèles** → introduction de signaux-prix carbone dans des modèles (multi-)sectoriels (avec ou sans bouclage macro)
- **Elles ne sont pas non plus équivalentes** du point de vue de l'intégration des coûts: coûts de transaction, cobénéfices, coûts externes, etc.
- **Choix de la référence et des hypothèses d'encadrement** → calcul avec une solution de référence micro et/ou des images du système énergétique complet. C'est la question centrale du « contrefactuel »
- La question de la profondeur temporelle des décisions: **le taux d'actualisation**
- **Prise en compte des coûts en dynamique** avec effets d'apprentissage et de la R&D : quelles hypothèses aux horizons 2030 et 2050 ?

Commission Coûts d'Abatement: une approche sectorielle

(top-down vs bottom-up)



1 + 6 chapitres

1. **Méthodologie** (S. Crémel et A. Pommeret)
2. **Transports** (S. Crémel et B. Mesqui)
3. **Secteur électrique** (A. Pommeret et al.)
4. **Hydrogène** (M. Gérardin)
5. **Bâtiment** (B. Le Hir et A. Robinet)
6. **Industrie** (M. Gérardin et A. Pommeret)
7. **Agriculture** (revue littérature)

1 + 6 chapitres

- 1. Méthodologie** (publié)
- 2. Transports** (publié)
- 3. Secteur électrique** (en cours de publi.)
- 4. Hydrogène** (en cours de publi.)
- 5. Bâtiment** (en cours de publi.)
- 6. Industrie** (en cours)
- 7. Agriculture** (revue littérature)

Des coûts privés à l'évaluation socioéconomique

$$\text{Coût d'abattement} = \frac{\text{Surcoût privé pour le porteur de l'action de décarbonation} + \text{Terme correctif de l'impact FiPu} + \text{Coûts externes}}{\text{Emissions évitées}}$$

- ◆ Au numérateur: la totalité des coûts en €, avec trois composantes et actualisés,
- ◆ Au dénominateur: des quantités évitées... actualisées ?

1. Une valeur du carbone croissante au taux d'actualisation (4,5%/an) ?

Méthode 1 – Coût d'abattement calculé « en budget carbone »

$$CA^1_i = - \frac{\sum_{t=0}^{N-1} \frac{\Delta C_{i,t}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{N-1} \Delta E_{i,t}} \quad (3)$$

Où :

- CA^1_i est le coût d'abattement « en budget carbone » du projet i
- $\Delta C_{i,t}$ est le coût additionnel (somme des coûts marchands et non marchands hors externalité climatique) du projet i par rapport à l'option de référence à la date t
- r est le taux d'actualisation socioéconomique
- $\Delta E_{i,t}$ est la variation d'émissions de GES du projet i par rapport à l'option de référence à la date t
- N est la durée de vie de l'investissement

2. Une valeur du carbone croissante au taux de la VAC (14 - 7 - 4,5%/an) ?

Méthode 2 – Coût d'abattement « ajusté à la VAC »
à comparer avec la VAC_0 initiale

$$VAN_{SE,i} = - \sum_{t=0}^{N-1} \frac{\Delta C_{i,t} + VAC_t \times \Delta E_{i,t}}{(1+r)^t} > 0$$

⇔

$$CA^2_i = - \frac{\sum_{t=0}^{N-1} \frac{\Delta C_{i,t}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{N-1} \frac{VAC_t}{VAC_0 (1+r)^t} \Delta E_{i,t}} < VAC_0$$

Où :

- $VAN_{SE,i}$ est la valeur socioéconomique actualisée nette du projet i
- CA^2_i est le coût d'abattement « ajusté à la VAC » du projet i
- VAC_t est la valeur de l'action pour le climat à la date t
- VAC_0 est la valeur de l'action pour le climat à la date de lancement du projet
- $\Delta C_{i,t}$ est le coût additionnel (somme des coûts marchands et non marchands hors externalité climatique) du projet i par rapport à l'option de référence à la date t
- r est le taux d'actualisation socioéconomique
- $\Delta E_{i,t}$ est la variation d'émissions de GES du projet i par rapport à l'option de référence à la date t

3. Une valeur du carbone constante ?

Méthode 3 – Coût d'abattement « à VSC constante »

$$CA^3_i = - \frac{\sum_{t=0}^{N-1} \frac{\Delta C_{i,t}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{N-1} \frac{\Delta E_{i,t}}{(1+r)^t}}$$

Où :

- CA^3_i est le coût d'abattement « en budget carbone » du projet i
- $\Delta C_{i,t}$ est le coût additionnel (somme des coûts marchands et non marchands hors externalité climatique) du projet i par rapport à l'option de référence à la date t
- r est le taux d'actualisation socioéconomique
- $\Delta E_{i,t}$ est la variation d'émissions de GES du projet i par rapport à l'option de référence à la date t

Quelle formule choisir ?

- ◆ La **formule 1** correspond à une évaluation socio-économique canonique, si la valeur du carbone augmente au ta (4,5%/an jusqu'à aujourd'hui), selon les prescriptions de la théorie
- ◆ La **formule 2** répond à une évaluation SE, avec annulation de la VAN pour une VAC calculée à partir d'une trajectoire d'émission exogène (ex. Facteur 4 ou Zéro Emissions Nettes aujourd'hui)
- ◆ La **formule 3** correspond à une évaluation sans anticipation, ou en supposant la VAC constante, ou encore à un coût annualisé pour un acteur privé (si son WACC est égal au ta public)
- ◆ Sous certaines conditions (flux annuels constants) et pour un horizon de temps donné un coefficient permet de passer de 1 à 2 ou 3, avec: **CA3 > CA1 > CA2** (en 2030/20 ans: 182-123-100)

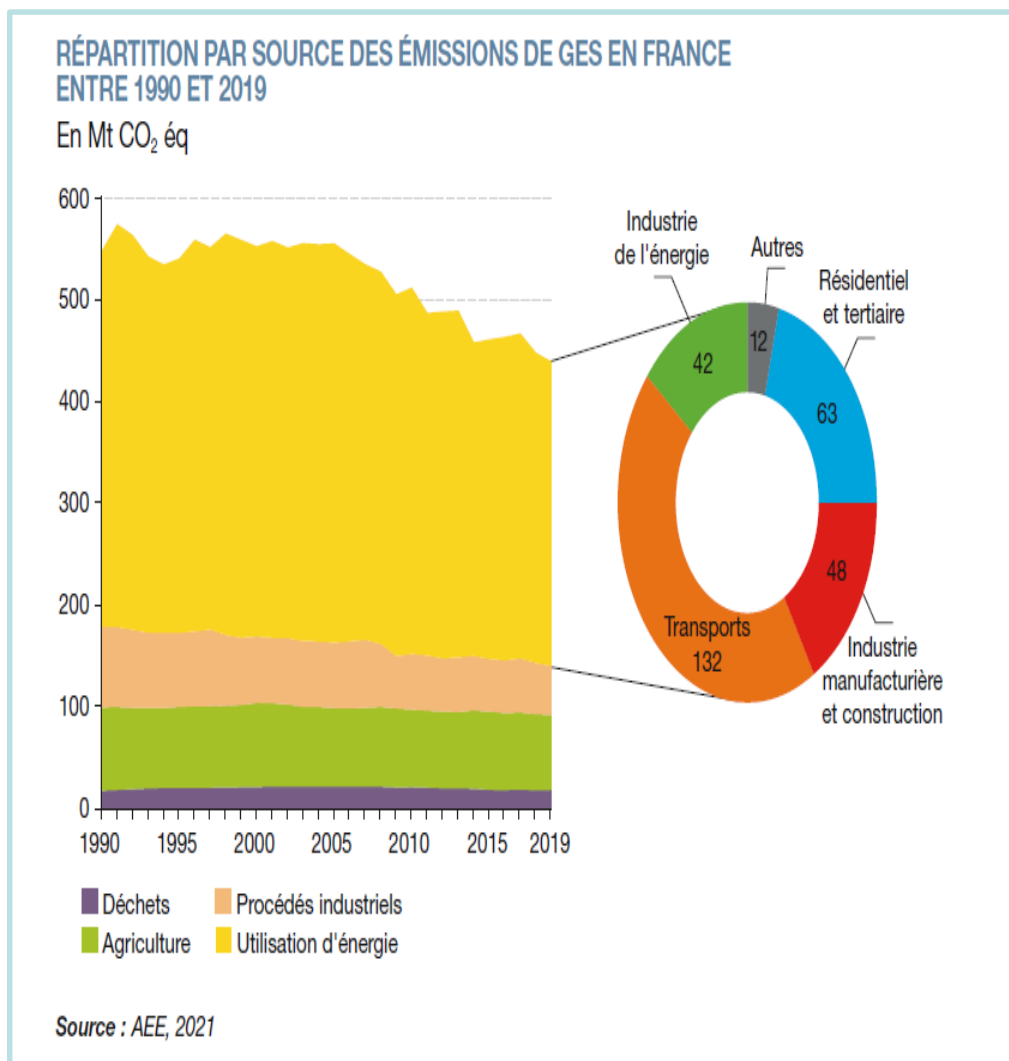
1 + 6 chapitres

1. **Méthodologie** (publié)
2. **Transports** (publié)
3. **Secteur électrique** (en cours de publi.)
4. **Hydrogène** (en cours de publi.)
5. **Bâtiment** (en cours de publi.)
6. **Industrie** (en cours)
7. **Agriculture** (revue littérature)

Les émissions de GES en France

◆ 436 MtCO₂e en 2019

- 132 transports
- 48 + 48 (ind.+procédés)
- 63 bâtiment
- 42 ind. énergie
- 73 Agriculture
- 18 déchets
- 12 autres



Enjeux dans le secteur des transports 1/2

- 1^{er} secteur d'émissions en France (29% GES), dont le routier représente 95% des émissions
- Gisements très diffus et équipements très diversifiés : parcs de VP (33M, 56% du CO2), de VUL (21%) de PL (23%)
- La trajectoire de transition doit mobiliser des solutions d'efficacité énergétique, technologiques **ET** comportementales / organisationnelles / structurelles :
 - découplage demande de transport / croissance du PIB
 - report modal : fret routier → ferroviaire ; VP → modes actifs
 - covoiturage
 - performance énergétique des PL

Enjeux dans le secteur des transports 2/2

- Pour les véhicules automobiles décarbonation totale en 2050
→ 2 leviers indispensables : transition vers des **motorisations avec vecteurs décarbonés** (VP et VUL) et **décarbonation des carburants** (PL)
- **Electrification incontournable pour VP et VUL**, mais :
 - rentabilité SE dépend fortement des usages/conditions d'utilisation
→ quel rythme de déploiement ? quels segments prioritaires ?
 - sur quels segments des alternatives pourraient-elles jouer un rôle:
GNV ? Agrocarburants ? H2 pour PL → VUL → VP ?
- **Ne pas oublier** que les externalités en termes de santé (ex. modes actifs) sont aussi importantes que difficiles à mesurer et peuvent « bousculer » le calcul économique (cf. bâtiment)

CA formule 1, par rapport au véhicule conventionnel de référence: quatre dimensions (temps – type de véhicule – prix énergie – coût du véhic.)

Tableau 1 – Coûts d'abattement en budget carbone à différents horizons selon le scénario énergétique et l'évolution du prix d'achat du véhicule (en €/tCO₂eq)

	Prix des énergies Prix du véhicule	2020		2025		2030		2040	
		AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD
Citadine hybride	-6 % en 2040	332	360	220	264	137	192		
Berline hybride	-7 % en 2040	307	338	225	273	186	245	158	228
Citadine électrique	-18 % en 2040	279	311	225	275	220	282	206	279
	-25 % en 2040	279	311	218	268	202	264	158	232
Berline électrique	-21 % en 2040	413	448	284	338	252	319	238	319
	-29 % en 2040	413	448	272	326	199	266	106	187
Véhicule hydrogène	-20 % en 2040	1025	1055	962	1008	934	992	838	907
	-40 % en 2040	1025	1055	880	926	749	807	410	480

CA formule 2, par rapport à la VAC (VSC Gollier = 150€/t 4%/an 500 €/t en 2050)

Tableau 2 – Coût d'abattement ajusté à la VAC à différents horizons selon le scénario énergétique et l'évolution du prix d'achat du véhicule (en €/tCO₂eq)

	Prix des énergies	2020		2025		2030		2040	
		AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD	AIE-AME	AIE-DD
VAC	Prix du véhicule	88		171		253		507	
Citadine hybride	-6 % en 2040	196	213	168	202	113	158		
Berline hybride	-7 % en 2040	178	196	170	206	152	200	158	228
Citadine électrique	-18 % en 2040	159	177	169	206	178	228	206	279
	-25 % en 2040	159	177	163	201	163	213	158	232
Berline électrique	-21 % en 2040	229	248	208	248	200	254	238	319
	-29 % en 2040	229	248	200	239	158	212	106	187
Véhicule hydrogène	-20 % en 2040	605	623	736	772	769	817	838	907
	-40 % en 2040	605	623	673	709	617	665	410	480

1 + 6 chapitres

1. **Méthodologie** (publié)
2. **Transports** (publié)
3. **Secteur électrique** (en cours de publi.)
4. **Hydrogène** (en cours de publi.)
5. **Bâtiment** (en cours de publi.)
6. **Industrie** (en cours)
7. **Agriculture** (revue littérature)

Enjeux dans le secteur électrique 1/2

- ◆ 21 MtCO₂ soit **seulement 5%** des émissions nationales
- ◆ Une approche de **projection du système à long terme**, « greenfield »:
 - La plus grande partie du parc existant aura été déclassée en 2050
 - Nouveaux investissements de production et d'infrastructures + modification du mix (PPE-SNBC, nucléaire = 30%)
 - Technologies non encore matures (stockage électrique, méthanation, électrolyse H₂)
- ◆ **Le LCOE des ERV est une indication insuffisante car les « coûts systèmes » sont dépendants de leur niveau de déploiement:**
 - Au-delà d'un certain seuil, les ERV sortent d'une production « au fil de l'eau » (*must run*)
 - Tenir compte des solutions de flexibilité, notamment par une « boucle H₂ + méthanation » et la mobilisation des batteries des véhicules électriques
 - Utilisation du modèle simplifié-détaillé en pas horaire SimelSP (H. Prevoit)

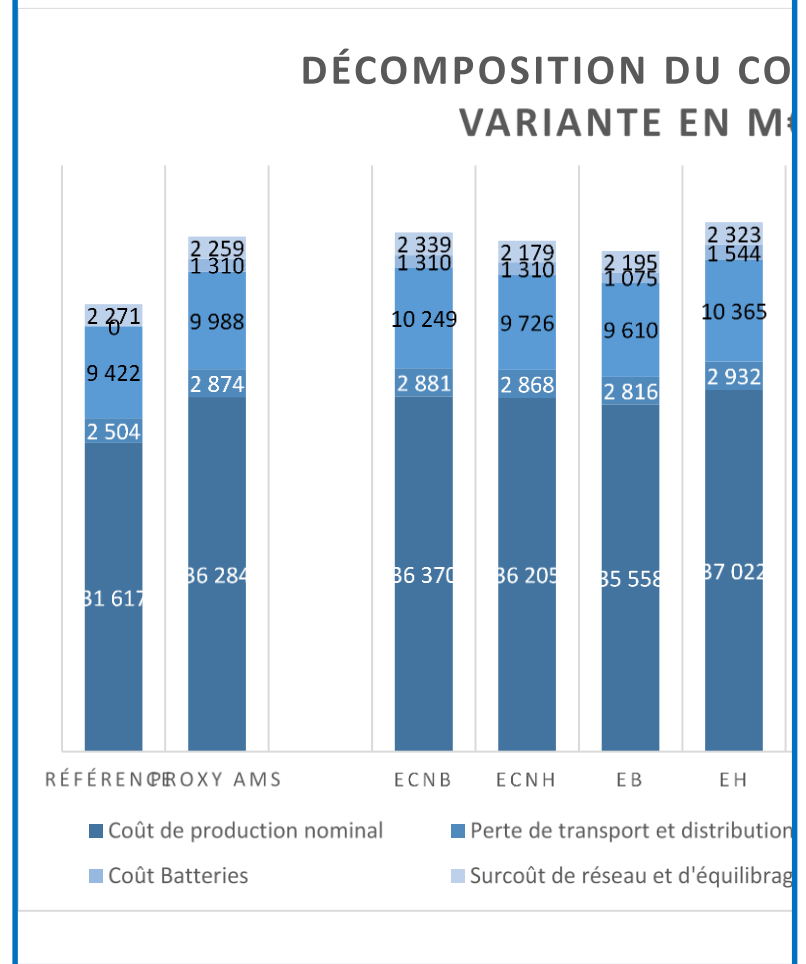
Enjeux dans le secteur électrique 2/2

- ◆ Calcul d'un **coût global du système** comparable à la VALCOE de l'AIE ou au « system cost » de l'OCDE-AEN: coût au niveau de la centrale (LCOE) + coûts système (profil par SimelSP, équilibrage, réseau)
- ◆ Les **coûts externes environnementaux, coûts macro-économiques et géo-politiques ne sont pas pris en compte...** par absence d'évaluations robustes (type ExternE)
- ◆ **Mesure du coût d'abattement** par comparaison d'un scénario de Référence avec 18 MtCO₂ ex gaz nat avec « **Proxy-AMS** », **scénario type SNBC**, complètement décarboné + variantes
- ◆ **Simplifications:** pas de trajectoire, SimelSP => une chronique de production et de consommation, système français isolé (par précaution ?)

Décomposition du coût total

- ◆ Proxy-AMS: Nuc 30%, Eol 25%, Sol 25%, Hydro 10%, Gaz vert
 - ◆ Le coût total du système est de 52,8 G€, supérieur de 15% à Référence
 - ◆ Il se décompose en coûts de:
 - Production nominal = 36,3
 - Pertes de transport = 2,9
 - Profil = 10,0
 - Flexibilité batteries = 1,3
 - Equilibrage et réseau = 2,3
- TOTAL = 52,8 G€

Figure 9 : Décomposition du coût total par variante en M€



Résultat central

- ◆ Le rapport du différentiel de coût du système aux abattements annuels donne le coût d'abattement
(formule 1 = formule 2 = formule 3 si on suppose la VAC constante après 2050)
- ◆ CA = 370 €/tCO₂, très inférieur à la VAC 2050 (750 €/tCO₂)
- ◆ Le CA est supérieur dans la variante Nucléaire bas par rapport à Nucléaire haut

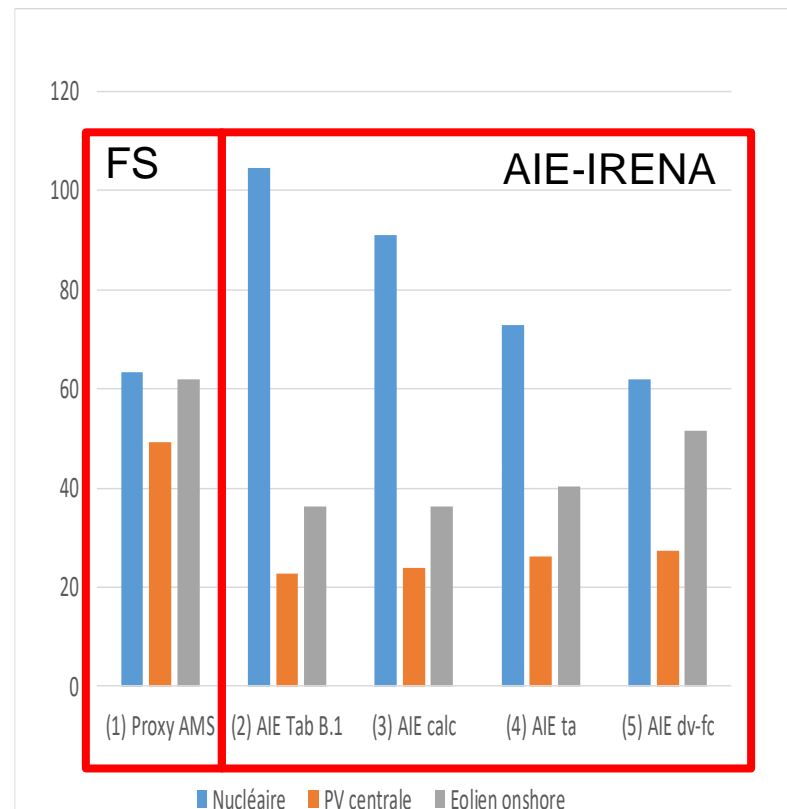
Tableau 1 : Coûts totaux, émissions abattues et coût d'abattement de nos variantes (onglet « CA »)

	Proxy AMS	ECNB	ECNH
Cout total (M€2015)	52 715	53 149	52 287
Surcoût par rapport au scénario de référence	6 900	7 334	6 473
Consommation (TWh)	532	532	532
Emission abattues (Mt CO ₂ e)	18,7	18,7	18,7
Coût d'abattement (€/tCO₂e)	370	393	347

Incertitudes sur les LCOE

- ◆ Les hypothèses de coût de l'étude sont très différentes de celles de l'AIE-IRENA (NZE in 2050)
- ◆ Mais le re-calcul sur des bases comparables (notamment ta unique) réduit considérablement les écarts
- ◆ Une sous-estimation du nucléaire de 30% et sur-estimation des ERV de 30% ne change pas la conclusion par rapport au mix
- ◆ En revanche à +50% pour le nucléaire et -50% pour les renouvelables la conclusion s'inverse

Figure 1 : Comparaison des LCOE Proxy-AMS et AIE-IRENA sous différents jeux de paramètres (€/MWh)



Le coût marginal dans les hypothèses d'électrification des usages

- ◆ Les variantes de niveau de consommation permettent de calculer le coût de production marginal d'un kWh supplémentaire
- ◆ Celui-ci s'établit à 129 €/MWh soit 30% de plus que le coût moyen du parc (99 €/MWh)

Tableau 1 : Coûts incrémentaux par variante (onglet « bilan électrique ») par rapport à Proxy-AMS

Variantes comparée à AMS	Delta coût M€/AMS	Delta conso TWh/AMS	Coût incrémentaux €/MWh
EBNH	-947	-6	166
EHNH	520	6	91
EBNB	-517	-6	90
EHNB	952	6	167
EH	1 472	11	129
EB	-1 460	-11	128

1 + 6 chapitres

4. Hydrogène

- ◆ La question du coût d'abattement pour et par l'H2 est triple:
 1. L'H2 matière première (spécifique) est aujourd'hui produit dans la chimie par reformage du gaz naturel; la CSC devrait permettre de passer du « H2 gris » au « H2 bleu »
 2. Le développement massif de l'électricité renouvelable variable devrait conduire à des besoins très importants de stockage et de production électrique pilotable (cf. la « voie allemande », avec imports)
 3. Il est de plus en plus clair que, dans la neutralité carbone, l'H2 aura un rôle à jouer comme vecteur d'énergie finale décarboné à côté de l'électricité ($\approx 60\%$) et des bioénergies ($\approx 20\%$?)
- ◆ A 2030-2040, les CA sont estimés à:
 - ≈ 100 €/tCO2 pour l'H2 spécifique en CSC ou électrolyse d'excédents
 - et à ≈ 250 €/tCO2 pour l'H2 combustible d'excédent (x 2 si production dédiée)

1 + 6 chapitres

5. Bâtiment

- ◆ La question du coût d'abattement dans le bâtiment doit permettre, d'identifier les arbitrages efficaces entre réduction des besoins et décarbonation des vecteurs:
 - La feuille de route SNBC prévoit 370 000 rénovation BBC dès 2022 à porter à 700 000, pour rénover l'ensemble du parc (235 000 en 2020)
 - Une rénovation BBC doit permettre de passer sous 80 kWh/m² (A-B)
 - La RE 2020 bannit le gaz dans le neuf, quel vecteur pour l'existant ?
- ◆ Une caractéristique dominante est l'extrême hétérogénéité des parcs (coll./indiv.), des acteurs (propr./loc.), de l'offre de rénovation, des solutions pratiques applicables
- ◆ L'existence des passoires thermiques (F-G, 8M) et des ménages en précarité (3,5M) fait apparaître les risques d'effet-rebond
- ◆ La rénovation vers B+élec permet d'approcher 80% de réduction pour un coût de 250 €/tCO₂ (A+élec => 400 €/tCO₂)

1 + 6 chapitres

6. Industrie

- ◆ 753 établissements (sur 20 000) couverts par l'ETS représentent 73% des émissions totales de l'industrie
- ◆ Elles se décomposent en quatre quarts d'égale importance: métallurgie, ciment-minéraux non métalliques, chimie, agroalimentaire-autres
- ◆ Les émissions sont de 48 MtCO₂ pour les combustibles et 48 MtCO₂ pour les émissions de procédé (calcination du carbonate de calcium dans les cimenteries, réduction du minerai de fer)
- ◆ Les réductions doivent s'appuyer sur trois leviers:
 - Changements de procédé
 - Efficacité x décarbonation des vecteurs
 - Economie circulaire: 3R Reduce-Reuse-Recycle

Propos d'étape 1/2

- ◆ L'exercice est riche d'enseignements:
 - Chaque secteur présente des caractéristiques propres du point de vue des méthodes qui lui sont adaptées
 - Les premiers résultats, dans les transports et le secteur électrique, montrent que **les options d'abattement sont plus coûteuses que les solutions de référence**, avec des ordres de grandeur 200 €/tCO₂ en 2030 (transports), 400 €/tCO₂ en 2040-2050 (électricité)...
 - **Mais ces valeurs sont inférieures à l'externalité négative évitée, telle que mesurée par la VAC** respectivement 250 et 500 €/tCO₂ pour la VAC (200 et 400 en VSC-Gollier)
- ◆ L'approche bottom-up sectorielle permet un **examen, ordonné par l'analyse économique**, des différentes options aux différents horizons de temps, utile pour informer la réflexion sur la future SNBC

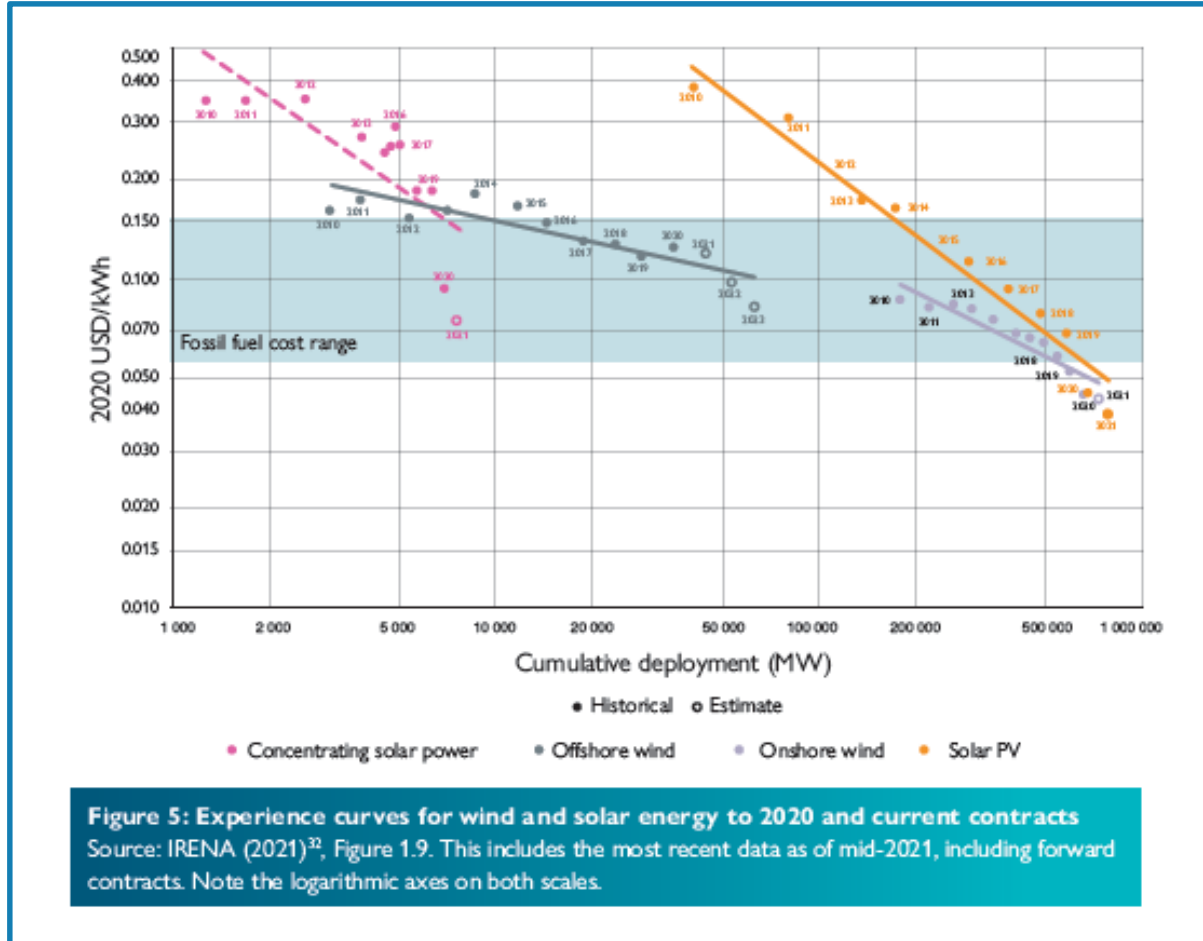
Propos d'étape 2/2

- ◆ Différents coûts d'abattement: calcul socio-éco ou en éco privée, approche micro ou systémique
- ◆ Les spécificités sectorielles rendent difficile le calcul de CA standardisés, malgré l'harmonisation des méthodologies
- ◆ La prise en considération de trajectoires technologiques non matures introduit des incertitudes intrinsèques sur les coûts
- ◆ Ces incertitudes peuvent être traitées de manière exogène, mais sont en fait endogènes: le futur des coûts dépend des décisions d'aujourd'hui
- ◆ Le calcul doit donc se faire « en tension » entre les évolutions prévisibles à moyen terme et une perspective plus téléologique, cadrée par l'objectif de neutralité carbone

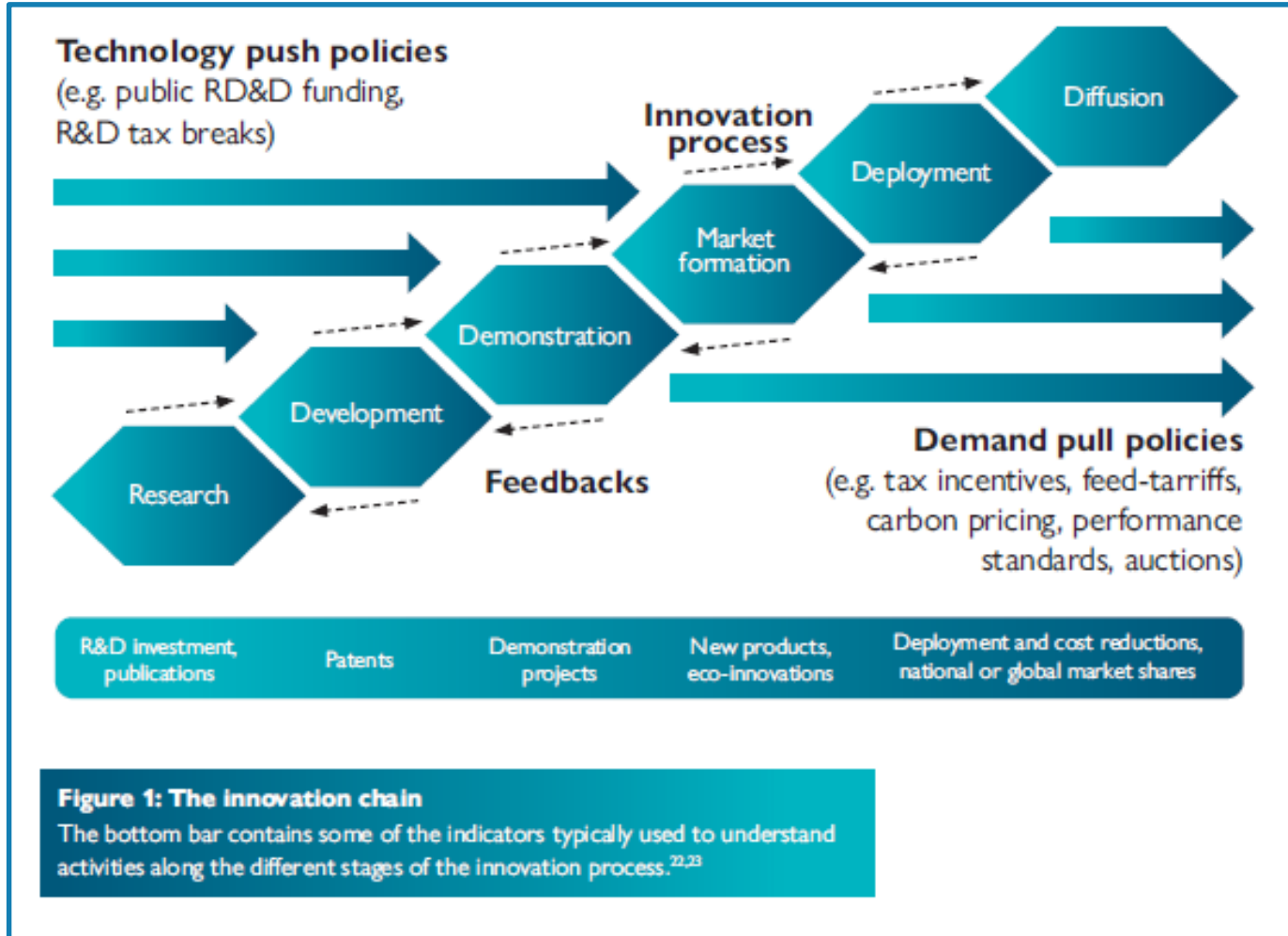
- ◆ *Les travaux de la Commission Coûts d'Abatement de France Stratégie: le calcul socioéconomique standard*
- ◆ *Une perspective élargie, en économie de l'innovation et des transitions systémiques (Source: EEICT, Université d'Exeter-Michael Grubb)*

Learning by doing ! (K. Arrow 1962)

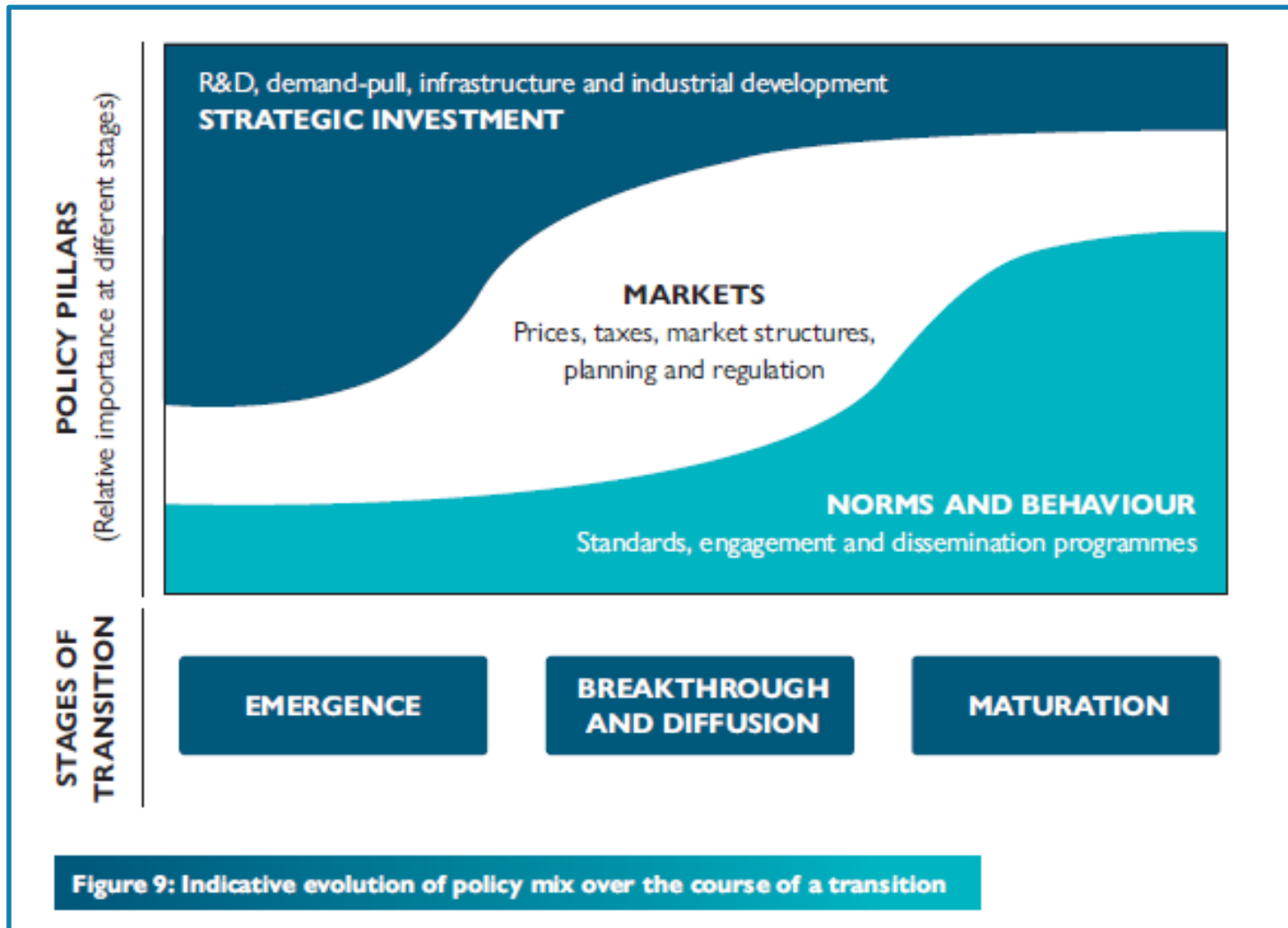
Learning curves: $COUT_n = COUT_0 \times CUMCAP_n^{-a}$



Economics of Energy Innovation and System Transitions

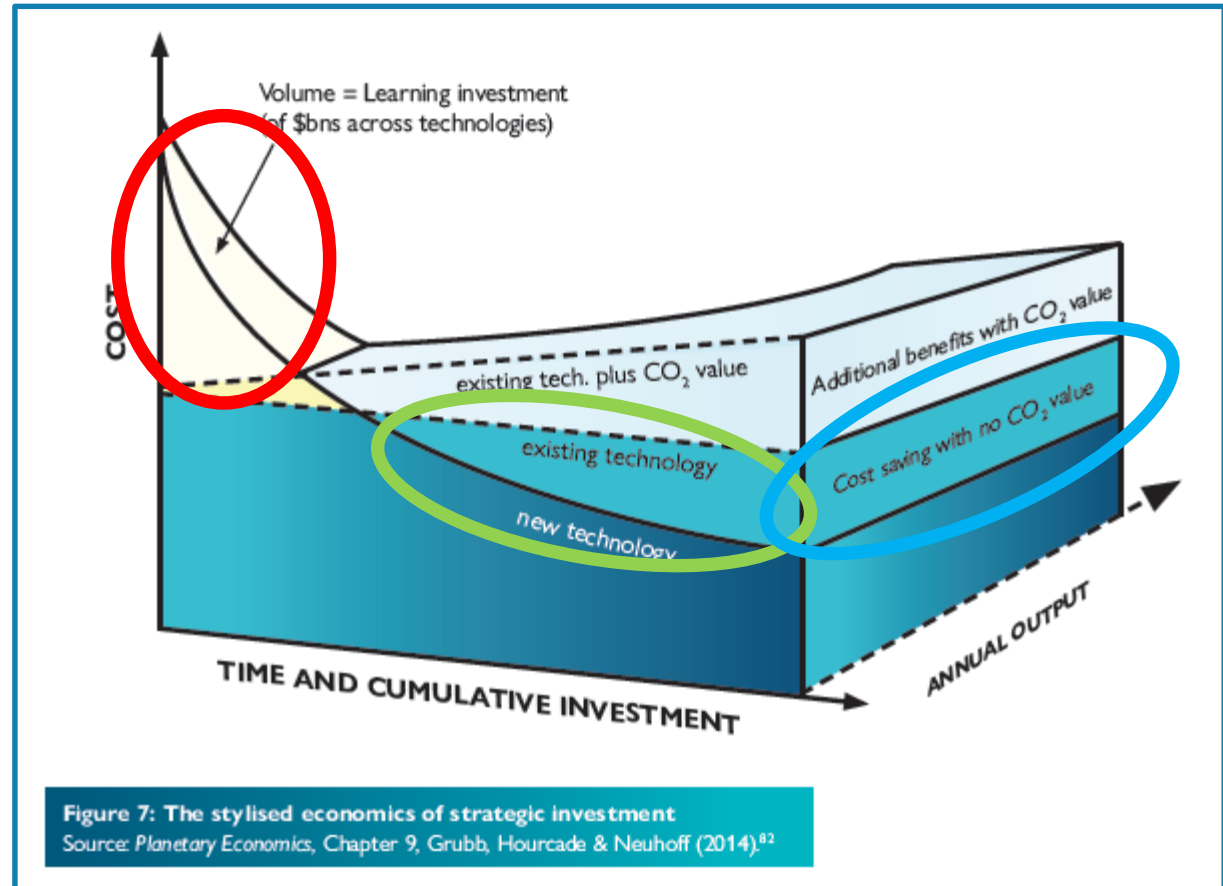


Quel mix d'incitations pour l'innovation ?



Une analyse coût-bénéfice dynamique

- ◆ Des politiques incitatives coûteuses à court terme
- ◆ Peuvent devenir compétitives à moyen terme
- ◆ Et dégager des bénéfices massifs à long terme



France 2030: 10 objectifs

→ **Objectif 1** : Faire émerger en France des réacteurs nucléaires de petite taille, innovants et avec une meilleure gestion des déchets.
1 milliard d'euro sera investi d'ici à 2030.

→ **Objectif 2** : Devenir le leader de l'hydrogène vert. En 2030, la France comptera sur son sol au moins deux gigafactories d'électrolyseurs et produira massivement de l'hydrogène et l'ensemble des technologies utiles à son utilisation.

→ **Objectif 3** : Décarboner notre industrie. Baisser de 35 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2015.

Plus de 8 milliards d'euros seront investis pour atteindre ces trois premiers objectifs.

→ **Objectif 4** : Produire près de 2 millions de véhicules électriques et hybrides.

→ **Objectif 5** : Produire le premier avion bas-carbone.

Près de 4 milliards d'euros seront investis pour ces transports du futur.

→ **Objectif 6** : Investir dans une alimentation saine, durable et traçable.

2 milliards d'euros investis pour ces enjeux.

→ **Objectif 7** : Produire 20 biomédicaments contre les cancers, les maladies chroniques dont celles liées à l'âge et créer les dispositifs médicaux de demain.

→ **Objectif 8** : Placer la France à nouveau en tête de la production des contenus culturels et créatifs.

3 territoires stratégiques ont été identifiés : l'Arc méditerranéen, l'Île-de-France, le Nord. Ils seront les 3 grandes fabriques de la French Touch.

→ **Objectif 9** : Prendre toute notre part à la nouvelle aventure spatiale.

→ **Objectif 10** : Investir dans le champ des fonds marins.

30 milliards d'euros pour 2030.

3 à 4 milliards d'euros seront utilisés dès 2022.

France 2030, un plan schumpetérien ?

- ◆ Innovation = invention > industrialisation > diffusion >
- ◆ Pas un processus linéaire mais en boucle => effets d'apprentissage
- ◆ Innovation incrémentale > < innovation de rupture
- ◆ Combinaison du rôle des innovateurs individuels (auj. startups) et des développeurs grandes entreprises: réconcilier le « jeune » et le « vieux Schumpeter »
- ◆ Prise de risque et droit à l'erreur

Le rythme du progrès technique s'accélère (ex. vaccins anti-COVID), la compétition est vive, il faut faire vite !

Sociotechnical transitions (Geels and Schot, 2007)

