

Le secteur des transports dans la Commission Coûts d'Abattement de France Stratégie

Patrick Criqui, CNRS-UGA,
Séminaire EPOP
9 mars 2022

La commission Coûts d'abattement de France Stratégie

Les coûts d'abattement

CO₂

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

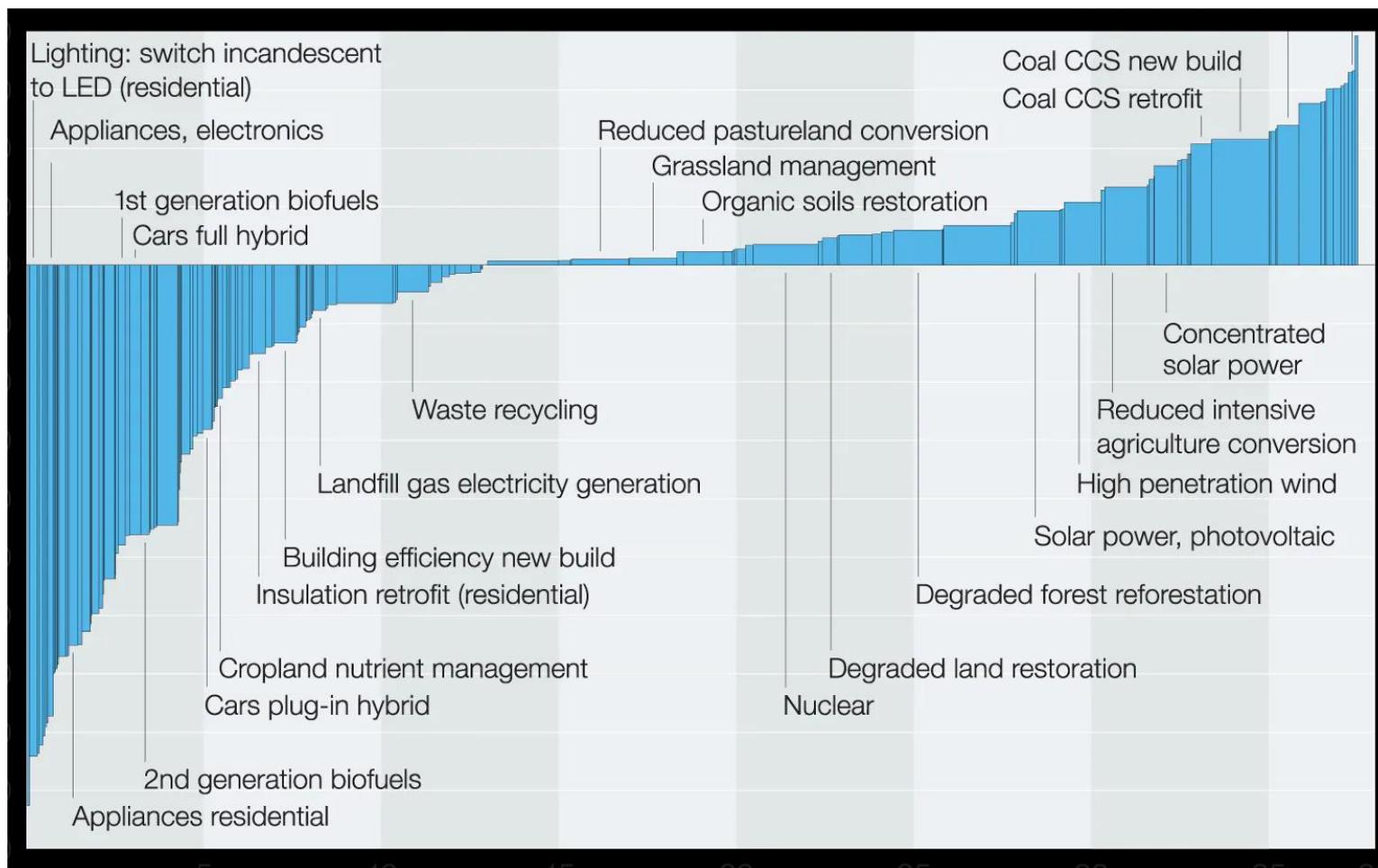
Quelle méthodologie ?

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

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

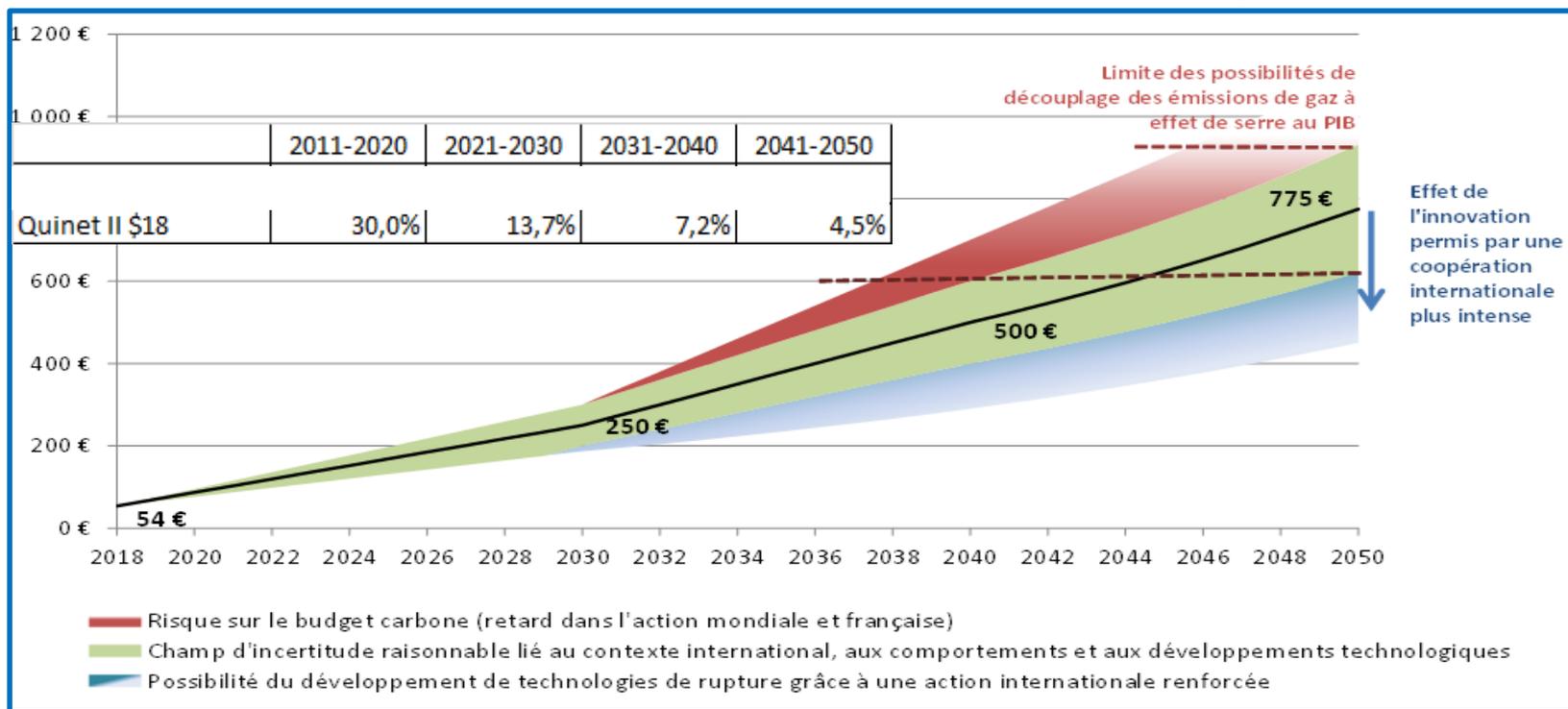
- ◆ Apparemment, le problème est d'une simplicité extrême avec:
 - Une voie microéconomique par les courbes de coûts marginaux de réduction (MACCs, Marginal Abatement Cost Curves)
 - Une voie macro par la modélisation 3E (Environnement-Energie-Economie) et l'introduction d'un prix notionnel du carbone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

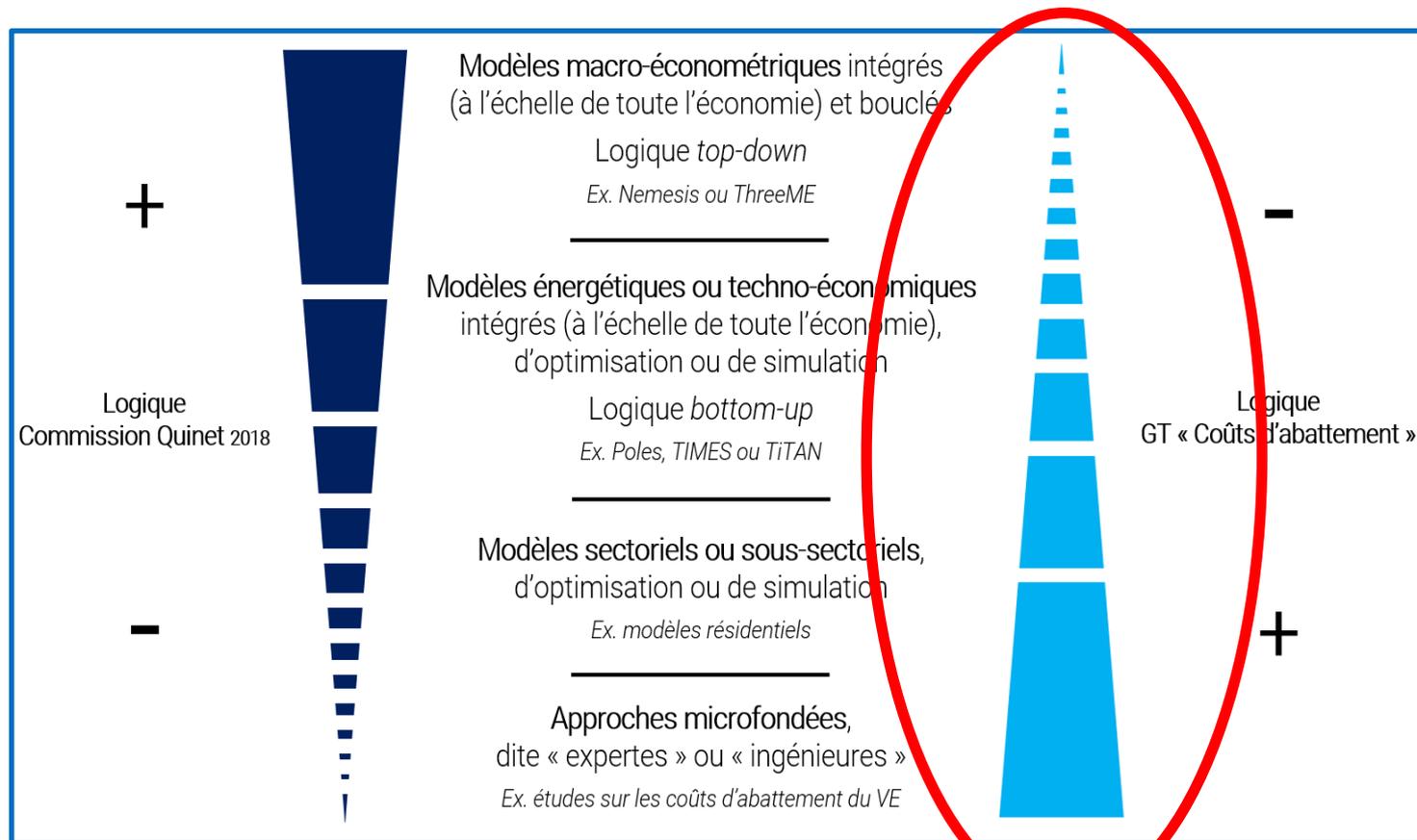


Enjeux méthodologiques

- **Approche socioéconomique**, 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)

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

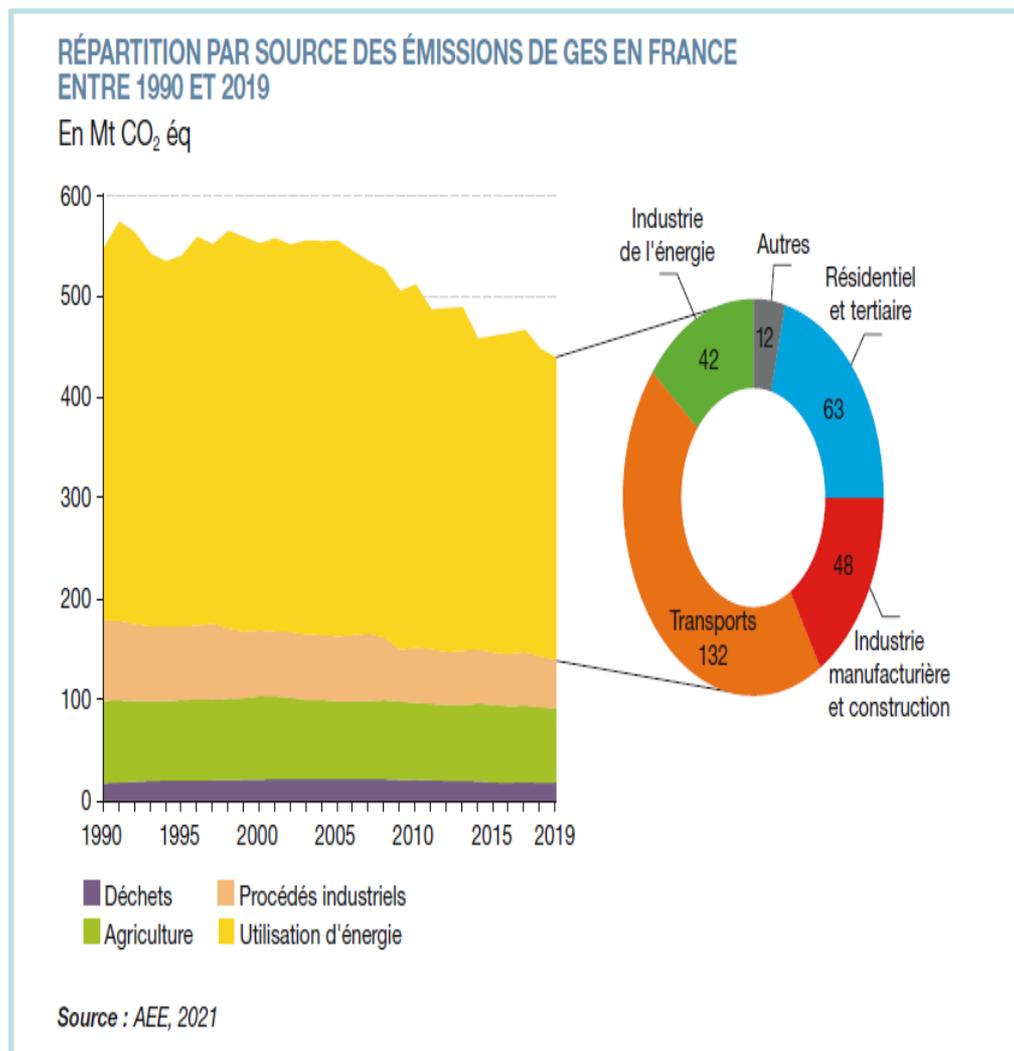
Quelle formule choisir ?

- ◆ 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)

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 1/3

- 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 2/3

- 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 ?
- A l'horizon 2030, **les perspectives de déploiement des agrocarburants transports terrestre sont limitées:** en termes de coût, de potentiel mobilisable, d'efficacité dans la réduction des émissions (<50%), de concurrence avec d'autres usages (aviation)

Enjeux dans le secteur des transports 3/3

- Pour les substitutions de véhicules, sont pris en compte les coûts externes suivants:
 - Les **coûts de la pollution atmosphérique par type de véhicule et d'usage** (d'après CGSP, E. Quinet 2013 et ADEME 2018)
 - En Analyse de Cycle de Vie, seule l'externalité CO2 est considérée (notamment pour les batteries)
- Pour les transferts modaux devraient être pris en compte:
 - Les **effets externes positifs pour la santé** du passage aux modes doux, marche et vélo
 - Le coût du temps
 - Les coûts d'infrastructures, dans une perspective systémique

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

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

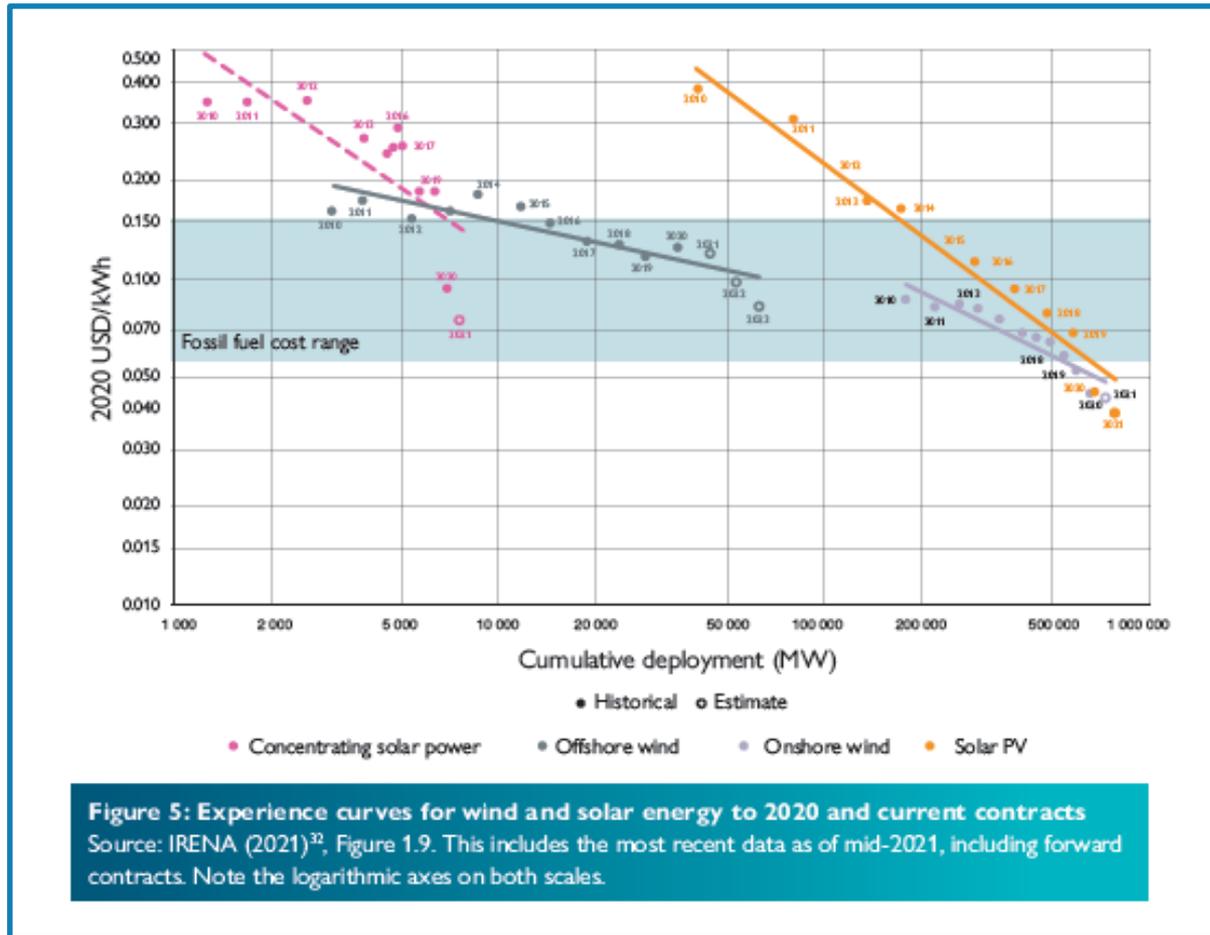
Propos d'étape 2/2

- ◆ **Différents coûts d'abattement:** calcul socioéconomique ou en économie privée, approche micro ou systémique
- ◆ L'approche micro-socioéconomique apporte des informations essentielles, mais **ne permet pas de comparer les coûts – techniques et externes – de deux systèmes** de transport
- ◆ 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 et **systémique**, cadrée par l'objectif de neutralité carbone

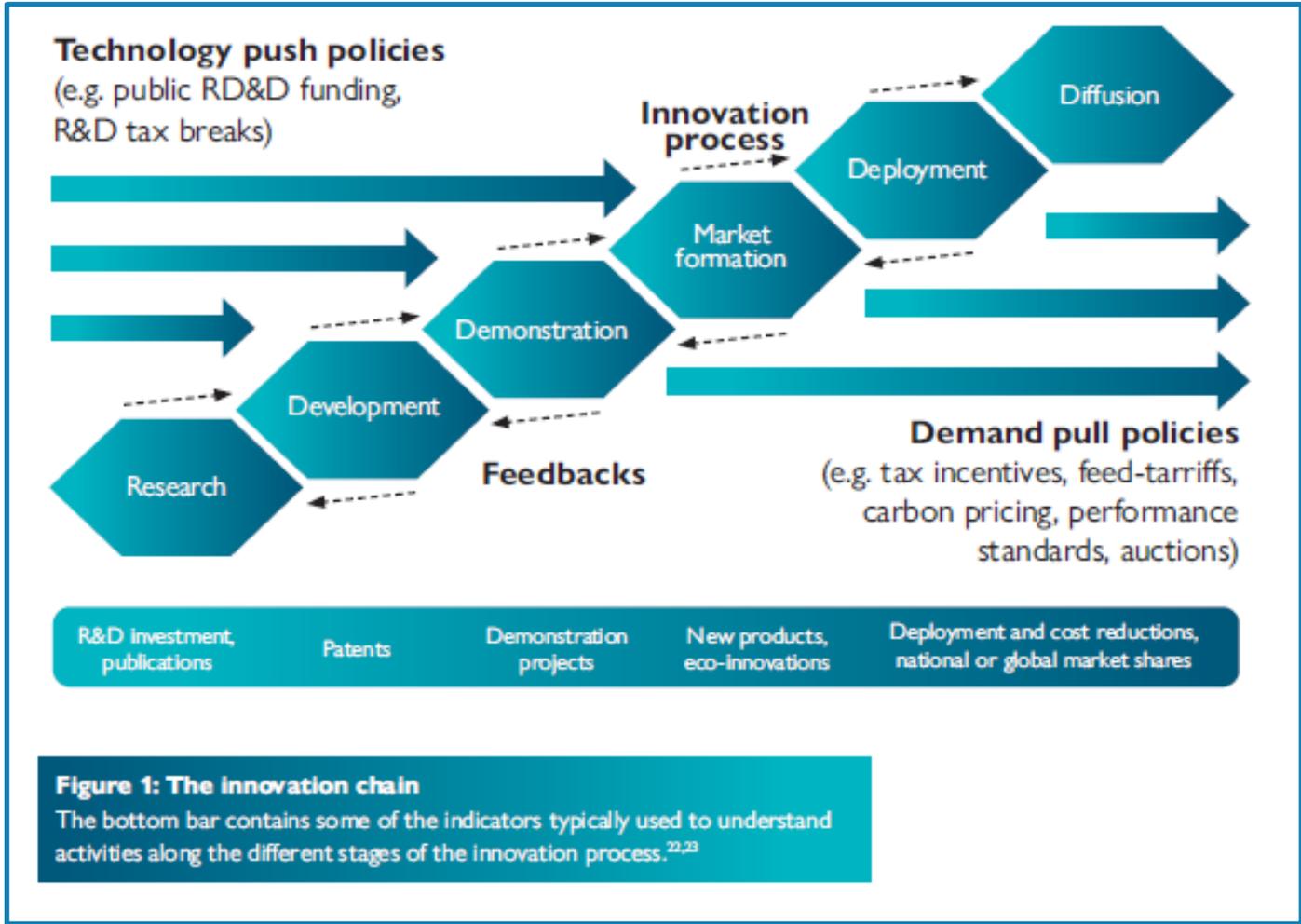
***Pour une approche en
« économie du changement
technique »***

Learning by doing ! (K. Arrow 1962)

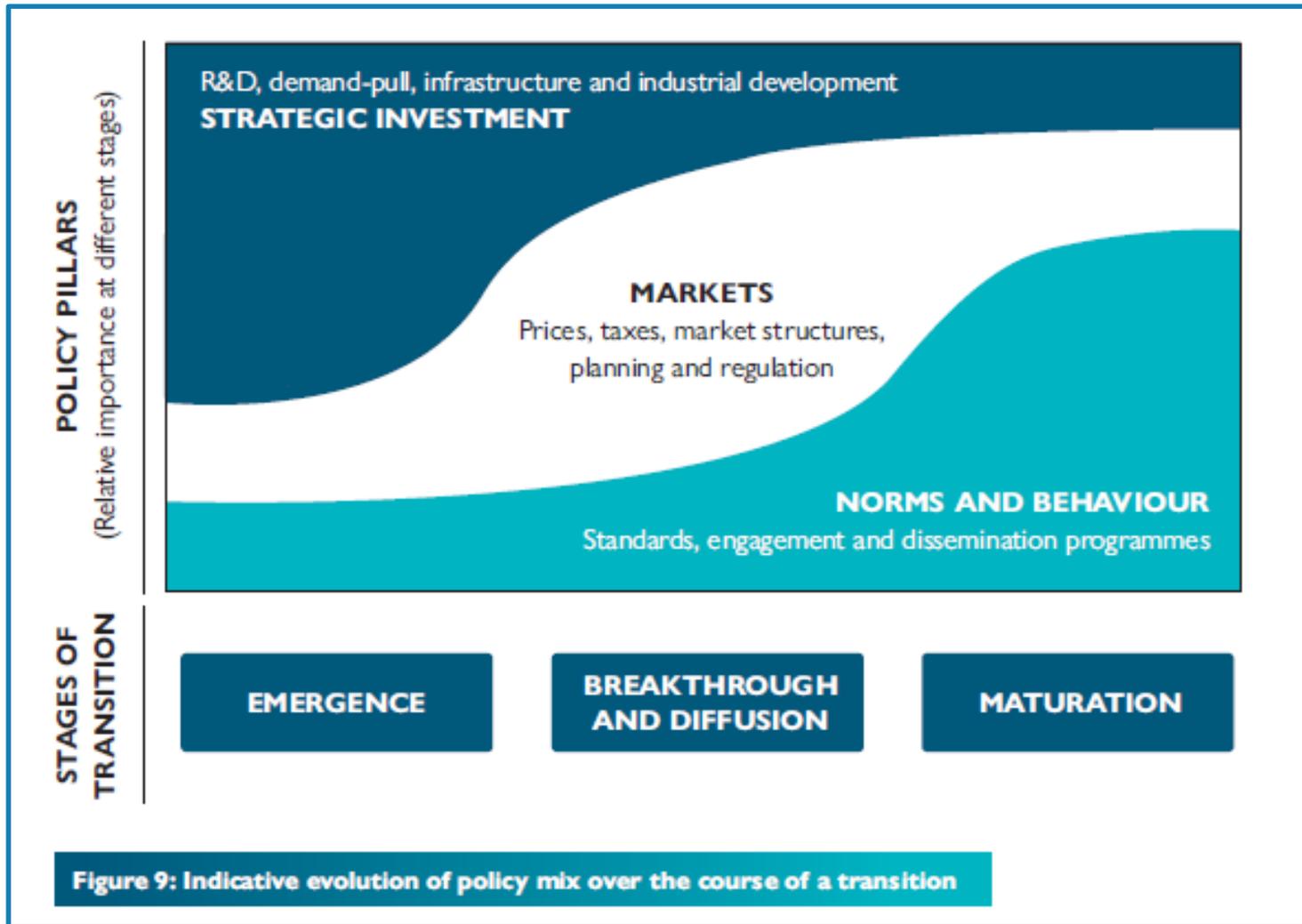
Learning curves: $COUT_n = COUT_0 \times CUMCAP_n^{-a}$



Economics of Energy Innovation and System Transitions

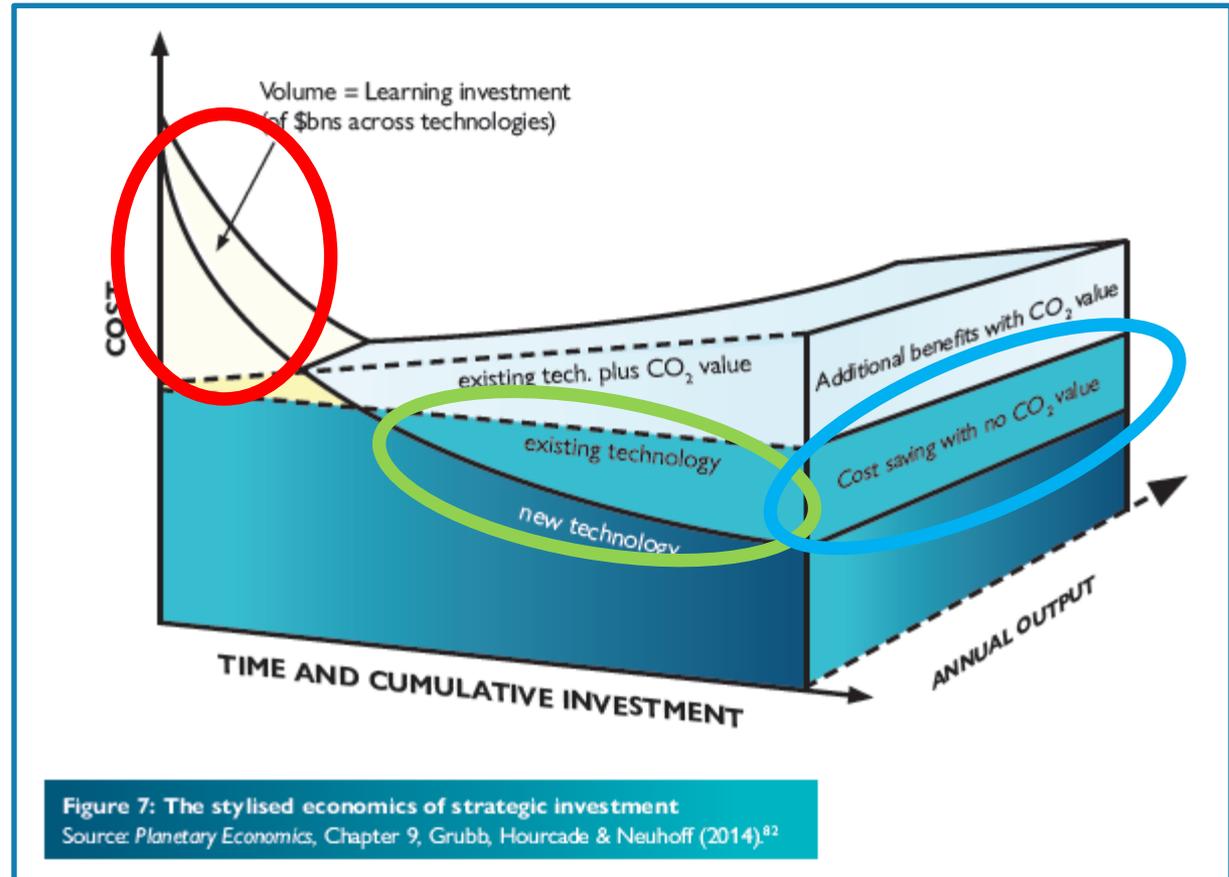


Quel mix d'incitations pour l'innovation ?



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.

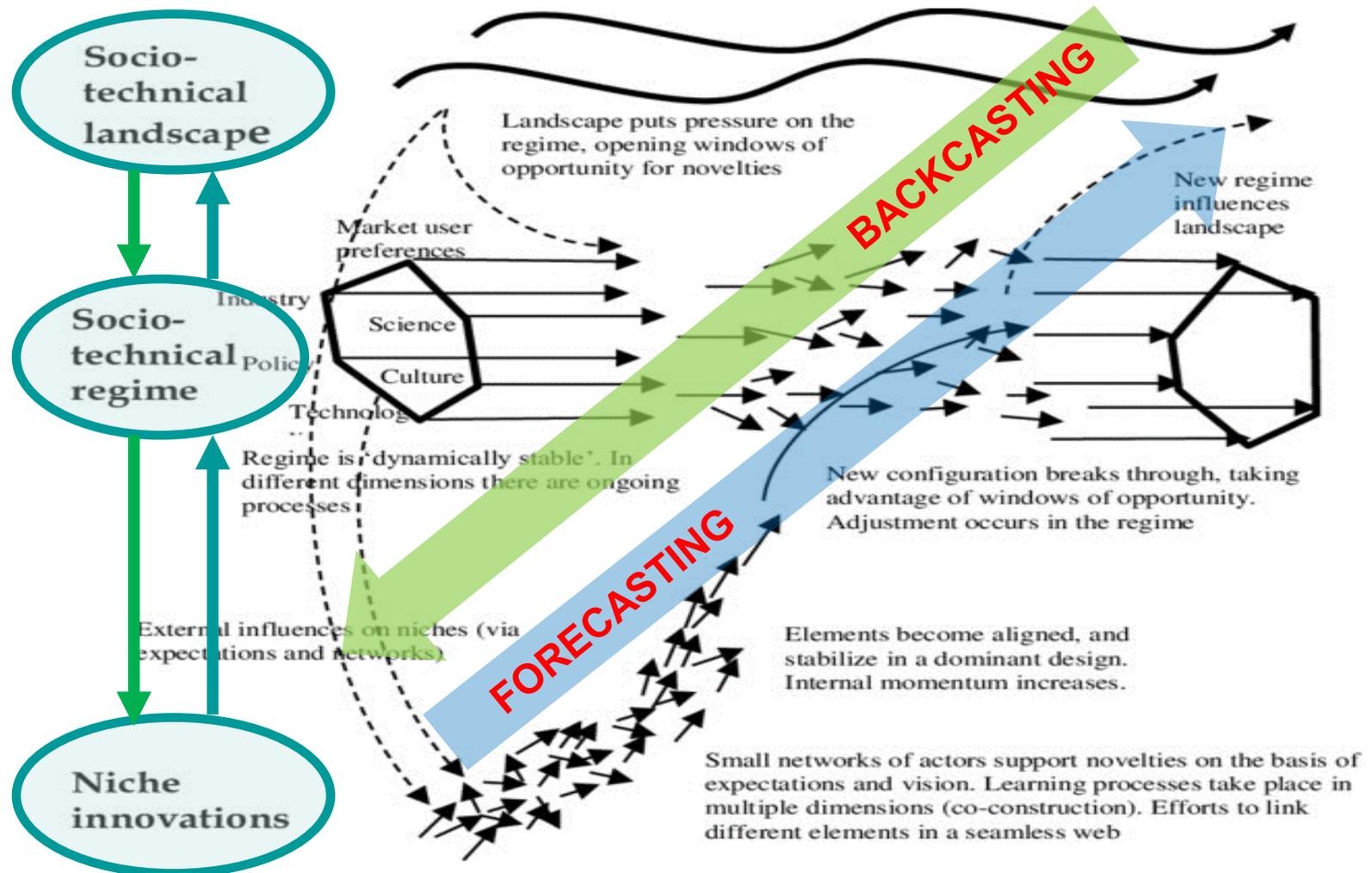
3 à 4 milliards d'euros seront utilisés dès 2022.

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

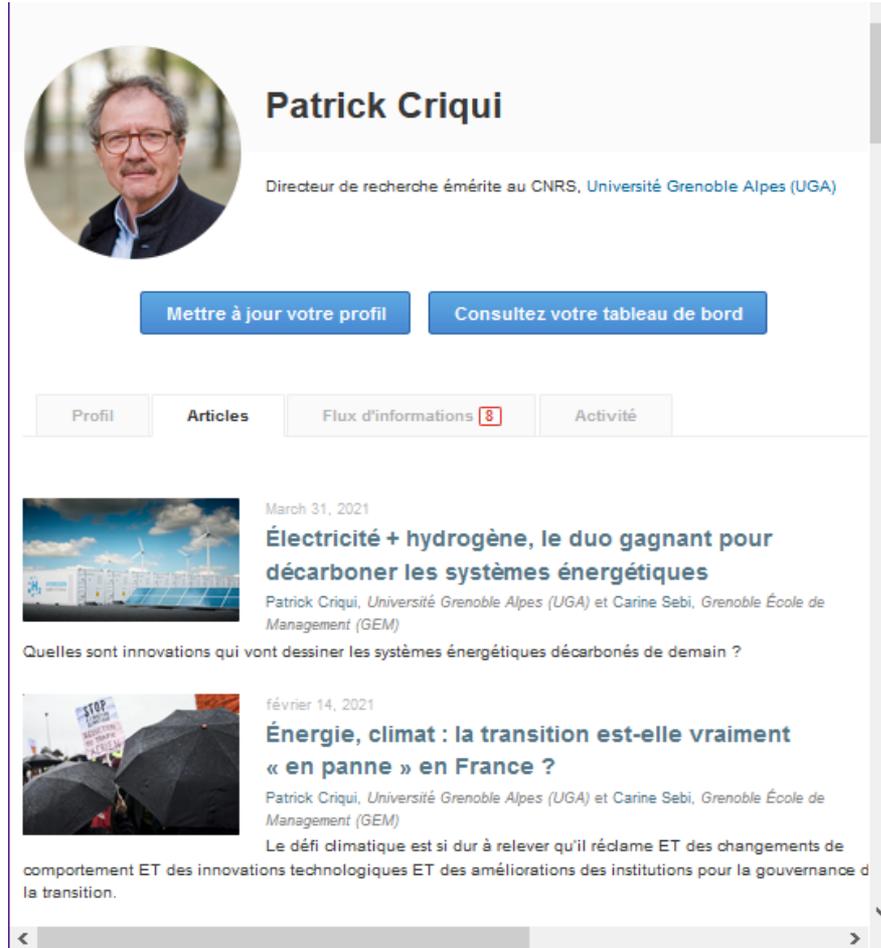
Le rythme du progrès technique s'accélère (ex. vaccins anti-COVID), la compétition est vive, il faut faire vite !

Sociotechnical transitions (Geels and Schot, 2007)



Merci de votre attention...

P. Criqui sur **THE CONVERSATION** - France



The screenshot shows a LinkedIn profile for Patrick Criqui. At the top left is a circular profile picture of a man with glasses and a mustache. To the right of the picture, the name "Patrick Criqui" is displayed in bold, followed by his title "Directeur de recherche émérite au CNRS, Université Grenoble Alpes (UGA)". Below this are two blue buttons: "Mettre à jour votre profil" and "Consultez votre tableau de bord". A navigation bar below the buttons contains tabs for "Profil", "Articles", "Flux d'informations" (with a red notification badge showing the number 8), and "Activité". The "Articles" tab is selected. Two articles are visible in the feed. The first article, dated March 31, 2021, has a thumbnail image of a solar farm and wind turbines. The title is "Électricité + hydrogène, le duo gagnant pour décarboner les systèmes énergétiques". The author is listed as Patrick Criqui, Université Grenoble Alpes (UGA) et Carine Sebi, Grenoble École de Management (GEM). The article text begins with "Quelles sont innovations qui vont dessiner les systèmes énergétiques décarbonés de demain ?". The second article, dated février 14, 2021, has a thumbnail image of a protest with umbrellas. The title is "Énergie, climat : la transition est-elle vraiment « en panne » en France ?". The author is the same as the first article. The article text begins with "Le défi climatique est si dur à relever qu'il réclame ET des changements de comportement ET des innovations technologiques ET des améliorations des institutions pour la gouvernance de la transition."

Patrick Criqui
Directeur de recherche émérite au CNRS, Université Grenoble Alpes (UGA)

Mettre à jour votre profil Consultez votre tableau de bord

Profil **Articles** Flux d'informations **8** Activité

March 31, 2021
Électricité + hydrogène, le duo gagnant pour décarboner les systèmes énergétiques
Patrick Criqui, Université Grenoble Alpes (UGA) et Carine Sebi, Grenoble École de Management (GEM)
Quelles sont innovations qui vont dessiner les systèmes énergétiques décarbonés de demain ?

février 14, 2021
Énergie, climat : la transition est-elle vraiment « en panne » en France ?
Patrick Criqui, Université Grenoble Alpes (UGA) et Carine Sebi, Grenoble École de Management (GEM)
Le défi climatique est si dur à relever qu'il réclame ET des changements de comportement ET des innovations technologiques ET des améliorations des institutions pour la gouvernance de la transition.