



## Informations sur les scénarios I à IV 4<sup>e</sup> atelier



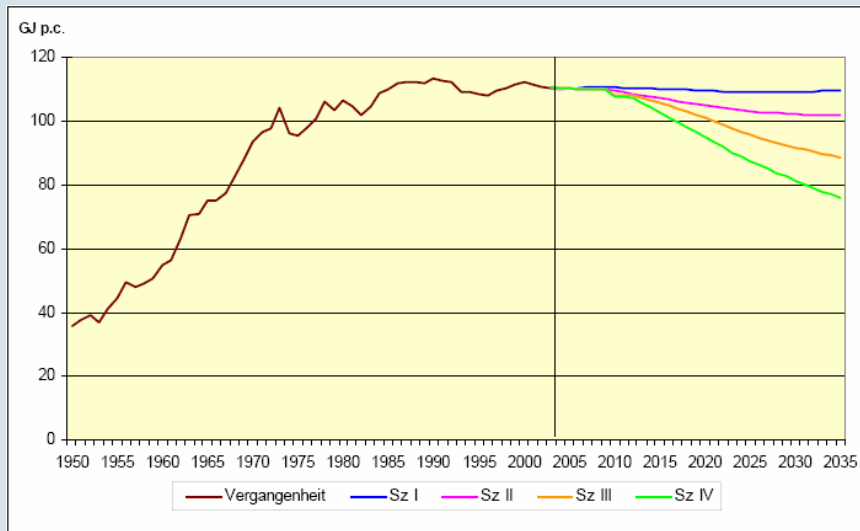
Forum Perspectives énergétiques 2035, 23 août 2006

M. Renggli

- ① **Aperçu des scénarios I à IV**
- ② **Grandes lignes des scénarios III et IV**
- ③ **Variantes concernant l'offre d'électricité**
- ④ **Comparaison des instruments (de politique énergétique) avec effets déterminants pour la réalisation des objectifs**
- ⑤ **Effets économiques**



## Aperçu (1) Evolution de la consommation d'énergie par habitant



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

2

La consommation spécifique d'énergie finale par habitant est plus ou moins stable depuis 1985, alors qu'elle avait augmenté de façon vertigineuse jusqu'en 1972 (première crise pétrolière). Le scénario I, bien que calculé selon le principe du bottom-up, suit la tendance actuelle de stabilisation. Il prévoit que l'augmentation présumée des composants quantitatifs, tels que les volumes de production, les surfaces de référence énergétique, les véhicules et les services de transports soient compensée par l'amélioration (technique) de l'efficacité énergétique. Par contre, les scénarios II, III et IV montrent des changements nets de tendance.

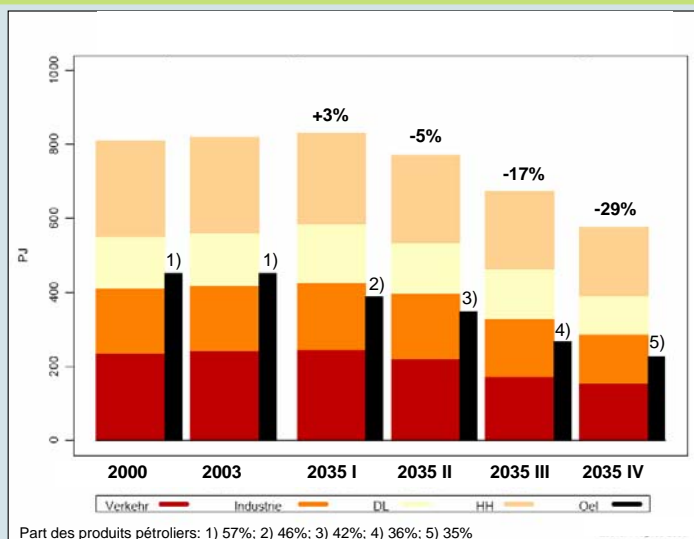
S'agissant de l'énergie finale, il conviendrait de discuter des objectifs quantitatifs possibles sur le plan de la politique énergétique, étant donné que la quantification de l'énergie primaire dépend fortement d'hypothèses (p.ex. évaluation de l'utilisation de l'énergie primaire pour les importations et les exportations d'électricité) et que presque tous les instruments politiques sont utilisés pour l'énergie finale. Il faut dire que celle-ci est facilement mesurable et qu'un contrôle des résultats est demandé. Des objectifs relatifs, tels que la consommation d'énergie finale par habitant, permettent de filtrer l'influence de valeurs ne dépendant pas de la politique énergétique, comme la croissance de la population.



## Aperçu (2)

### Consommation d'énergie finale – scénarios I à IV

Evolution-cadre «tendance», △ 2035/2000



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

3

Le transparent 3 montre la consommation d'énergie finale par secteur et par scénario (évolution-cadre «tendance»). Dans le scénario I, la consommation d'énergie finale est à peine plus élevée en 2035 qu'en 2000, alors que dans le scénario IV, elle est inférieure de près de 30% par rapport à l'année de référence. Dans le scénario IV, la production pétrolière passe de 57% (2000) à 35% (2035); en chiffres absolus, la consommation est réduite d'un peu plus de la moitié.

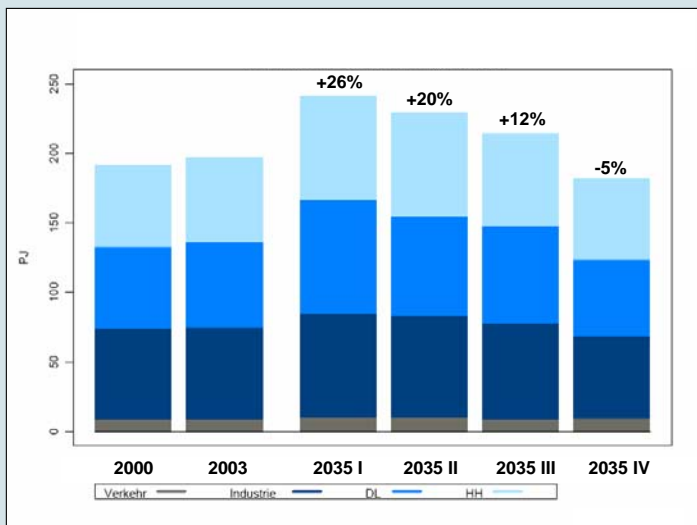
Les chiffres concernant le secteur de la transformation (notamment la production d'électricité) et, partant, l'évolution de la consommation d'énergie primaire ne sont pas complets.



### Aperçu (3)

Consommation d'électricité – scénarios I à IV

Evolution-cadre «tendance»,  $\Delta$  2035/2000



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli



## Aperçu (4) Evolutions-cadres

<b>Population</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- tendance (OFS 2001/2004)</li><li>- immigration plus élevée, (travail en cours)</li></ul>
<b>PIB</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- tendance</li><li>- élevé</li></ul>
<b>Climat</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- normal</li><li>- plus chaud</li><li>- vagues de chaleur et de froid</li></ul>
<b>Prix de l'énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- prix en termes réels = 30 USD/baril, en augmentation dès 2030 (2035: prix nominal = 60 USD/baril)</li><li>- stabilisation si prix en termes réels = 50 USD/baril (2035 prix nominal = 88 USD/baril)</li><li>- scénario de prix élevés (travail en cours)</li></ul>

Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

5

Les évolutions-cadres, qui ne sont pas influencées par la politique énergétique suisse, ont un effet substantiel sur l'offre et la demande d'énergie.

Compte tenu des prix actuellement élevés du pétrole, cette constatation est particulièrement importante:

En raison des coûts et du volume des réserves fossiles, des énergies de substitution possibles - notamment dans le domaine des ressources fossiles non conventionnelles ou des énergies alternatives (p.ex. biocarburants, liquéfaction du charbon), les scénarios I et II prévoient une «normalisation» à moyen terme des prix du pétrole. Les scénarios III et IV supposent des pénuries d'énergie ou des taxes d'incitation énergétique avec effet équivalent.

Prenons l'exemple du mazout en Suisse pour illustrer l'évolution des prix courants, avec l'hypothèse d'un prix en termes réels de 30 ou 50\$/bbl:

	1990	2000	2010	2020	2030	2035
Prix du mazout pour les ménages aux prix du marché (en ct./l)						
prix en termes réels = 50\$ le baril	37	51	69	81	94	102
prix en termes réels = 30\$ le baril	37	51	47	56	65	76



## Grandes lignes des scénarios III et IV (1)

### **Scénario I: poursuite de la politique actuelle (scénario de référence)**

#### **Scénario II: collaboration renforcée**

Taxe sur le CO<sub>2</sub> pour les combustibles  
Programmes d'encouragement  
Prescriptions modérées

#### **Scénario III: nouvelles priorités**

Objectifs quantitatifs, taxe d'incitation, prescriptions,  
harmonisation internationale des objectifs et instruments

#### **Scénario IV: passage à la société à 2000 watts**

Objectifs et instruments renforcés par rapport au scénario III

De plus: politiques économique, d'aménagement du territoire et des transports axées sur le ménagement des ressources

Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

6

### **Scénario III**

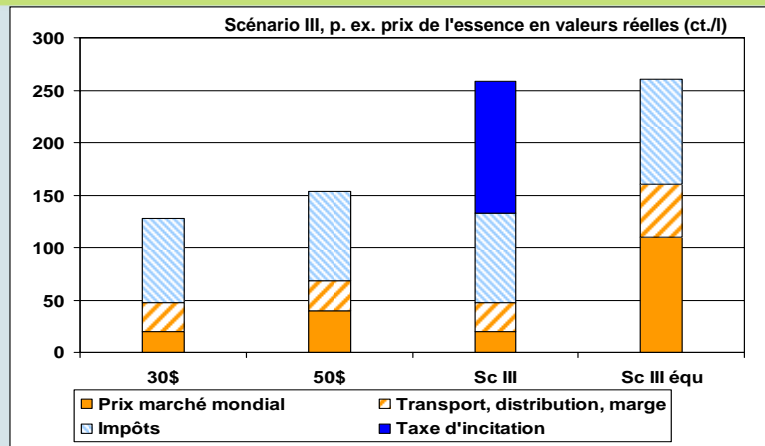
- Bases: les technologies connues les plus efficaces et qui soient disponibles; taux de pénétration élevés; avec le temps, amélioration modérée et continue de l'efficacité (accélérée en partie de manière autonome, en partie au moyen d'instruments d'encouragement).
- La stratégie des meilleures pratiques de ce scénario montre quelles sont les possibilités «d'encouragement des technologies» sans modification des structures ou des comportements ni rupture technologique. Le but est de déterminer les objectifs réalisables en partant de cette stratégie.

### **Scénario IV**

- Le scénario IV va au-delà du scénario III: il se fonde sur les résultats d'un sondage réalisé selon la méthode Delphi et qui porte sur les nouvelles technologies-clés, sur les technologies énergétiques ainsi que sur les changements sociaux. Les résultats jugés vraisemblables et utiles sont intégrés dans ce scénario IV.
- Dans le secteur de l'industrie, stimulé par de nouvelles technologies et de nouveaux produits, il faut s'attendre à de nouveaux changements structurels dans les différentes branches (p.ex. - 50% pour la production de papier en Suisse).
- De plus: changements sociaux: p.ex. densification des structures de l'habitat, bâtiments «intelligents», formes de travail flexibles et systèmes de régulation du trafic.
- Cette virtualisation présente vraisemblablement aussi des inconvénients sur le plan social (société à deux classes) et des risques pour la santé, comme p.ex. la nanotechnologie.



## Grandes lignes des scénarios III et IV (2)



- Sc III: les prix des agents énergétiques dans le sc III correspondent à un prix du pétrole brut sur le marché mondial s'élevant durablement à 81-82 \$/bbl pour le mazout et à 132 \$/bbl pour l'essence.
- Sc IV: l'exploitation des potentiels d'efficacité nécessite un doublement des prix de l'énergie finale par rapport à la variante 50\$/baril.

Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

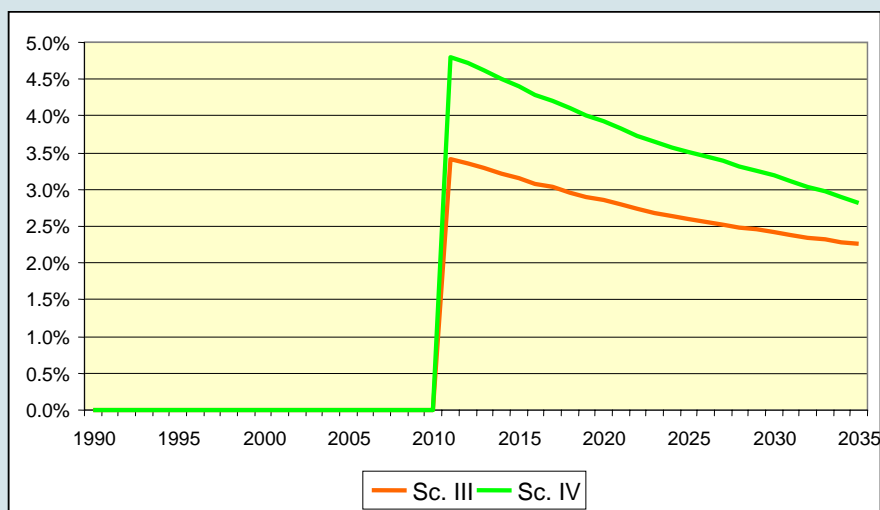
7

Si, en raison de la rareté des ressources, les prix de l'énergie finale n'augmentent pas aussi rapidement ou tombent à un niveau plus bas, une taxe d'incitation énergétique sera nécessaire pour atteindre les objectifs du scénario III. Avec un prix en termes réels de 30 USD jusqu'en 2030, un doublement (supplément lié à l'inflation non compris) des prix pour les consommateurs finaux est nécessaire.

Si l'on renforce progressivement les prescriptions sur la consommation spécifique d'énergie des nouvelles installations et nouveaux appareils, le seuil de rentabilité devrait être atteint dans le scénario III. De cette manière, on pourra éviter que l'efficacité énergétique ne régresse en cas d'augmentation des revenus ou de baisse des prix de l'énergie.



## Grandes lignes des scénarios III et IV (4) Produit de la taxe d'incitation par rapport au PIB



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

8

Le transparent 8 montre le produit financier de la taxe d'incitation pour les scénarios III et IV en % du PIB (pour un prix en termes réels du pétrole brut jusqu'en 2030 = 30 USD/baril). Le produit baisse lorsque la consommation d'énergie recule.

Ces produits ne sont pas considérés comme des coûts au sens économique, car les fonds restent en Suisse (remboursement aux ménages et aux entreprises), mais ils entraînent toutefois des coûts d'adaptation. Sur le plan des revenus, il y a donc des «perdants» et des «gagnants», les «perdants» étant les consommateurs très gourmands en énergie et les «gagnants» étant les consommateurs peu gourmands en énergie. Logiquement, les entreprises gourmandes en énergie sont soulagées lorsque les autres consommateurs d'énergie assument davantage de charges. L'utilité économique vient avant tout de la réduction des émissions polluantes et de l'augmentation de la sécurité de l'approvisionnement. Pour supprimer tout obstacle à la concurrence, les scénarios III et IV prévoient une harmonisation internationale des objectifs et instruments politiques.





## Variantes concernant l'offre d'électricité (1)

### Variantes de référence

#### - centralisé

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>A nucléaire</b>          | Variable en fonction de l'évolution de la demande, gros déficits en électricité comblés surtout à l'aide de centrales nucléaires (CN) |
| <b>B fossile nucléaire</b>  | Stratégie de transition avec centrales au gaz à cycle combiné (CCC), puis nouvelle CN   |
| <b>C fossile centralisé</b> | CN remplacées par des CCC   |

#### - décentralisé

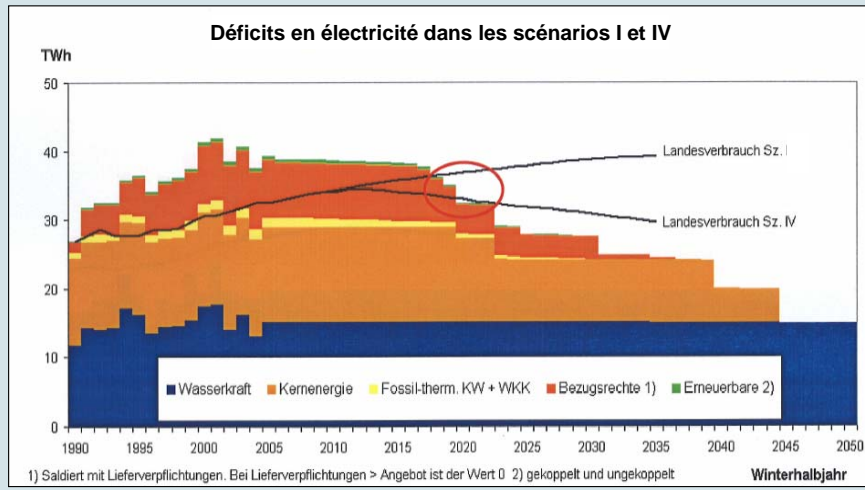
- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>D fossile décentralisé</b>   | CN remplacées avant tout par des centrales CCF                 |
| <b>E énergies renouvelables</b> | CN remplacées avant tout à par des énergies renouvelables (ER) |
| <b>F 100% ER</b>                | Abandon de l'énergie nucléaire d'ici à 2035                    |
| <b>G importations</b>           | Déficits comblés surtout à l'aide d'importations               |

### Variantes mixtes, en plus des variantes de référence (travail en cours)

- Sc II: CCC + 1 CN ou grande force hydraulique
- Sc III: CCC avec chauffage à bois + ER
- Sc III: CCF + ER
- Sc IV: ER + CCF ou grande force hydraulique



## Variantes concernant l'offre d'électricité (2)



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli



## Variantes concernant l'offre en électricité (3) Comblement des déficits en électricité d'ici 2035

Sc	Conditions importantes	Var A (imp. + CN)	Var B (CN + foss. cent.)	Var C (foss. cent.)	Var D (foss. décent.)	Var E (ER)	Var G (imp.)	Mix
I	- 30 mio/an pour ER - progrès tech.	<b>2 CN (1,6 GW chacune)</b>	5 CCC (357 + 4 x 550 MW) + 1CN	<b>6 CCC</b> (357 + 5 x 550 MW)	Irréalizable	Irréalizable	18,8 TWh 3,1 GW	X
II	- 330 mio/an pour ER - instr. d'encourag.	<b>1 CN</b>	3 CCC (357 + 2 x 550 MW) + 1CN	<b>4 CCC</b> (357 + 3 x 550 MW)	Irréalizable	Irréalizable	11,6 TWh 1,9 GW	X
III	- objectif CO <sub>2</sub> , - force hydraulique - percée géothermie	<b>1 CN</b>	Demande trop faible pour remplacer les 2 technologies	<b>Chavalon + 3 CCC bois/gaz</b>	Exploitation des potentiels techniques	Exploitation des potentiels techniques	10,3 TWh 1,7 GW	X
IV	- objectif CO <sub>2</sub> , - force hydraulique - géothermie	<b>1 CN</b>	Demande trop faible pour remplacer les 2 technologies	<b>Chavalon + 2 CCC</b> (séquestration du CO <sub>2</sub> )	X	X	5,2 TWh 0,8 GW Importations renouv.?	X
Conditions importantes		- acceptation - coûts (externes) - gestion des déchets des CN	Cf. A et C	- acceptation - infrastructure - sites - prix du CO <sub>2</sub>	- besoin en chaleur et compensation CO <sub>2</sub> pour CCF - instr. d'encourag.	- pénétration des ER sur le marché - courbes de référence - puissance (kW) - instr. d'encourag.	- possibilités d'importation - extension du réseau - sécurité de l'approvisionnement	

Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

Variantes élaborées

X en cours

11

Le transparent 11 donne un aperçu des variantes visant à combler les déficits en électricité. L'accroissement des capacités requis varie beaucoup selon la variante politique, à savoir selon la demande d'électricité.

### Comblement des déficits en électricité dans le scénario III:

Dans le scénario III, la consommation d'électricité augmente de 16% jusqu'en 2020 et baisse ensuite jusqu'au niveau de 2000. Cette évolution est due à l'augmentation des besoins, causée notamment par les pompes à chaleur électriques, les technologies de l'information et de la communication, le degré d'équipement, les besoins en confort, etc. Une augmentation des besoins qui ne sera compensée qu'à long terme, par l'augmentation de l'efficacité. Voici les variantes possibles pour couvrir les besoins en électricité restants:

- Var. A** + 1 CN (1,6 GW)
- Var. C** Combustion de gaz de bois (20%) dans 3 CCC. Innovant sur le plan technique, mais pas spéculatif.
- Var. D** CN comme transition vers l'approvisionnement décentralisé avec les ER. Les investissements non amortissables sont évités grâce aux cycles de renouvellement normaux. La demande en chaleur est un facteur limitant.
- Var. E** Mix de ER à moindre coût. Aucune solution claire n'apparaît. Les ER se développent à un rythme très différent selon la forme des instruments d'encouragement et les progrès techniques



## Variantes concernant l'offre d'électricité (4)

### Comblement des déficits en électricité dans le scénario III

- **Défi:** fournir la puissance nécessaire durant le semestre d'hiver en cas de suppression des CN. «Problème de charge»: la valorisation du «courant vert» pour l'énergie en ruban et la régulation (le courant éolien notamment) doit avoir lieu physiquement (non pas «par calcul») et être rétribuée.
- **Questions à étudier:** pénétration sur le marché de technologies pas encore établies (p.ex. géothermie, piles à combustibles hautement efficaces), concurrence d'utilisation chaleur-électricité-carburants dans le cas de la biomasse. Comblement complet des déficits en Suisse réalisable uniquement si une très grande part de la production d'électricité de base est fournie par la géothermie ou si de très forts volumes de courant «vert» sont importés.
- Les **coûts** liés notamment au comblement des déficits avec les variantes A à E sont intégrés dans le calcul économique; sont inclus: le rééquipement, la gestion des déchets, etc. des CN, les coûts liés à la réduction du CO<sub>2</sub> en Suisse (et le supplément CO<sub>2</sub> pour le négoce de certificats), la réduction pour les recettes d'exportation d'électricité, etc.
- **D'une part, il résulte des surcoûts** dans les scénarios «vert» et «décentralisé» (scénarios III et IV en combinaison avec les variantes D et E concernant l'offre) par rapport aux variantes avec une offre d'électricité «centralisée». **D'autre part, on évite des externalités** (pas encore internalisées).



## Comparaison des instruments avec effets déterminants pour la réalisation des objectifs (1) Evolution-cadre «tendance», pas de négoce de certificats CO<sub>2</sub>

Sc		Cons. én. finale par habitant	ER chaleur	ER carburants	ER électricité <sup>1)</sup>	Réduction CO <sub>2</sub> <sup>2)</sup>			
		△ 2035/2000	Parts en %			A	C	D	E
		△ 2035/2000	Parts en %			△ 2035/2000			
I	<ul style="list-style-type: none"><li>• adaptation des normes SIA</li><li>• progrès techniques</li><li>• modifications (volontaires) des investissements et des comportements</li></ul>	- 2%	15%	0.5%	2%	-11% <sup>3)</sup>	+5% <sup>4)</sup>		
II	<ul style="list-style-type: none"><li>• taxe CO<sub>2</sub> pour combustibles jusqu'à 2035 (35.-/t) pour inciter conventions d'objectifs</li><li>• centime climatique: 70 mio CHF/a jusqu'à 2035</li><li>• centime électrique: 50 mio CHF/a jusqu'à 2035</li><li>• surcoûts électricité ER: 330 mio CHF (optimisation) jusqu'à 2035</li><li>• adaptation plus rapide normes SIA et législation</li><li>• SuisseEnergie, centime clim., contrib. globales/cant. (coord.)</li><li>• instr. complémentaires p.ex. étiquettes, DIFC, certificat Bâtiments, audits énerg. PME</li><li>• modif. (volontaires) des invest. et comportements</li></ul>	-9%	18%	6%	6%	-21%	-12%		

1. Part de la consommation d'électricité, sans pompes ni pertes de transports et de distribution

2. Emissions indigènes = résultat des variantes concernant la politique et l'offre d'électricité

3. Si prix en termes réels = 50 USD/baril: -13%

4. Si prix en termes réels = 50 USD/baril: +1%

13

Les tableaux 13 et 14 montrent, en fonction des variantes politiques, quelles sont : la réduction de la consommation d'énergie par habitant de 2000 à 2035, la part des énergies renouvelables (ER) dans la consommation de chaleur, de carburants et d'électricité (2035) ainsi que la réduction du CO<sub>2</sub> de 2000 à 2035, cette réduction résultant des variantes au niveau de la politique et de l'offre d'électricité en Suisse (négoce international de CO<sub>2</sub> non inclus).

Les politiques à la base du scénario II, à savoir la taxe CO<sub>2</sub> sur les combustibles, le centime climatique et le centime électrique, la rétribution de l'injection, le certificat pour bâtiments, les audits, etc. permettent de réduire la consommation d'énergie finale de 9%.

Avec les instruments du scénario III et une réduction de 21% de la consommation, la Suisse resterait bien en dessous des exigences posées par la société à 2000 kW (-35%).

La réduction du CO<sub>2</sub> dépend du secteur de la transformation: dans le scénario III, elle pourrait atteindre 31% si les déficits étaient comblés au moyen de centrales thermiques fossiles (variante C) et 41% si les déficits étaient comblés par des énergies exemptes de CO<sub>2</sub> (variante E).



Comparaison des instruments avec effets déterminants pour la réalisation des objectifs (1)  
Evolution-cadre «tendance», pas de négoce de certificats CO<sub>2</sub>

Sc		Cons. én. finale par habitant	ER chaleur	ER carbura nts	ER électricité <sup>1)</sup>	Réduction CO <sub>2</sub> <sup>2)</sup>			
						A	C	D	E
		△ 2035/2000	Parts en %				△ 2035/2000		
III	Adaptation des instruments jusqu'à réalisation de l'objectif • taxe d'incitation ou hausse du prix du marché (au min. 2x30 USD/baril) • prescriptions (conso. spéc. bâtiments, install., véhicules, appareils) = effet de cliquet • instruments complémentaires comme scénario II • harmonisation internationale des objectifs et instruments	-21%	23%	14%	(20%)	-39%	-31%	-37%	-41%
IV	• comme le scénario III • politique en matière d'économie et d'aménagement du territoire • services de transports comme scénario alternatif ARE <sup>3)</sup>	-32%	27%	16%	(23%)		-43%	-	-51%

1) Part de la consommation d'électricité, sans pompes ni pertes de transports et de distribution

2) Emissions en Suisse = résultat des variantes dans la politique et l'offre d'électricité

3) „Rééquilibrage régional et rareté des ressources“; taxes d'incitation ou prix du marché; utilisation plus élevée des transports publics; croissance plus faible des transports de marchandises



## Effets économiques (1) L'après Kyoto et négoce de certificats

Objectifs et instruments Réduction du CO <sub>2</sub> (2035)	I	II	III	IV
Poursuite de la politique actuelle	<b>Référence</b>	<b>Alibi</b>	<b>Engagement global moyen</b>	<b>Engagement global fort</b>
UE/CH intervention timide: -5% Reste tenu à l'écart				
UE/CH intervention active: -25% Reste participe partiellement				
UE/CH intervention ambitieuse: -40% Reste participe				

Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

15

Les effets économiques du secteur de l'énergie suisse sont illustrés au moyen d'un modèle de commerce mondial, tenant également compte de la politique globale en matière de protection du climat (en valeurs quantitatives).

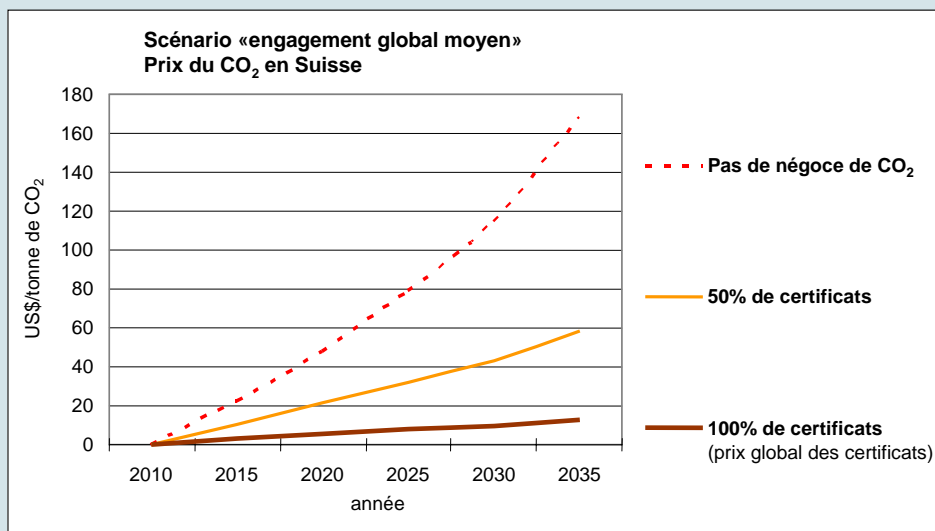
Le transparent 15 montre la forme que les conventions pourront prendre après Kyoto I (après 2012). Les configurations suivantes sont également envisageables au vu d'un sondage effectué auprès d'experts:

- **Alibi:** UE/CH visent, pour l'année 2035, une réduction de CO<sub>2</sub> de 5% par rapport à la variante de référence «poursuite de la politique actuelle». Le «reste du monde» (OPEP, nouveaux pays industrialisés, USA, etc.) est tenu à l'écart.
- **Engagement global moyen:** -25% pour UE/CH, le «reste du monde» participe partiellement; les experts considèrent cette solution comme la plus vraisemblable.
- **Engagement global fort** (compatible avec les impératifs climatiques): -40% pour UE/CH, le «reste du monde» participe également; cette variante serait nécessaire pour stabiliser la concentration de CO<sub>2</sub> (double du niveau préindustriel) et normaliser la situation climatique.

D'un point de vue économique, il est important de savoir si la Suisse participe au négoce international de CO<sub>2</sub> (et si oui, dans quelles proportions), et de connaître les effets d'une telle participation.



## Effets économiques (2) Après Kyoto et négoce de certificats



Informations sur les scénarios I à IV • 003775839  
Martin Renggli

16

Si l'on prend l'hypothèse d'un scénario III pour la Suisse et d'un engagement global moyen, la participation de la Suisse au négoce de CO<sub>2</sub> sera la suivante:

- En cas de non participation, les coûts par tonne de CO<sub>2</sub> économisée en Suisse se monteront à 210 CHF/t, ce qui correspond (par hasard) au montant maximal de la taxe CO<sub>2</sub> prévu dans la loi sur le CO<sub>2</sub> en vigueur.
- Si les engagements sont respectés pour moitié au moyen du négoce de CO<sub>2</sub>, les coûts de réduction diminueront très nettement pour atteindre env. 80 CHF/t. La diminution de la consommation quant à elle sera négligeable.
- Si les engagements sont complètement respectés au moyen du négoce de CO<sub>2</sub>, les coûts de réduction correspondront exactement au prix du CO<sub>2</sub> international, estimé à au moins 10 USD/t. Toutefois, la réduction de CO<sub>2</sub> en Suisse ne sera que de 4%.

En comparaison internationale, les coûts de réduction du CO<sub>2</sub> en Suisse sont très élevés. Une participation limitée au négoce des certificats est donc également avantageuse sur le plan économique. Il reste toutefois des questions en suspens, notamment quant au prix du CO<sub>2</sub> ainsi qu'à la forme et à la fonction du système de négoce. La Suisse doit s'attendre à un ralentissement de l'innovation (au niveau technique) dans le secteur énergétique et à d'autres inconvénients (pollution de l'air plus forte, approvisionnement en énergie dépendant de l'étranger).

Les «dépenses de consommation» utilisées comme indicateurs pour mesurer les effets économiques ne diminuent que très modérément (seulement 0,2% en 2035 par rapport au cas de référence et sans négoce de CO<sub>2</sub>), toujours sous la condition d'une harmonisation internationale des objectifs et instruments. La diminution des «dépenses de consommation» seront négligeables, si les engagements sont respectés pour moitié ou complètement au moyen du négoce CO<sub>2</sub>.