



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**National Centre for Climate Services NCCS**

**Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL**

# Émissions de gaz à effet de serre selon différents scénarios socio-économiques et climatiques pour la Suisse

Résumé



**prognos**



## MENTIONS LÉGALES

### Direction du projet

Lena Gubler, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

### Direction du consortium

Quirin Oberpriller et Jürg Füssler, INFRAS

### Auteurs

Quirin Oberpriller, Nicolas Schmid, Sophie Bogler, David Giger, Jürg Füssler (INFRAS); Andreas Kemmler, Alexander Piégsa, Sven Kreidelmeyer, Minh Phuong Vu, Andreas Brutsche, Almut Kirchner (Prognos); Johanna Zwahlen (Zoï Environment Network), Benjamin Black (ETH), Lena Gubler (WSL)

### Partenaires du projet au sein du consortium

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, INFRAS, Prognos, Zoï Environment Network

### Conception

Maria Libert (Zoï Environment Network)

### Relecture

Stephanie Kusma, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

### Traduction

Text Translate AG, Zurich

Ces travaux ont été soutenus par le National Centre for Climate Services (NCCS) et réalisés dans le cadre du programme «Bases décisionnelles pour la gestion du changement climatique en Suisse: informations sur des thèmes intersectoriels (NCCS-Impacts)» dans le cadre du projet «Scénarios socio-économiques pour la Suisse».

Plus d'informations sur le programme:

[www.nccs-impacts.ch](http://www.nccs-impacts.ch)

### Citation

INFRAS, Prognos, WSL (2026): Émissions de gaz à effet de serre dans différents scénarios socio-économiques et climatiques pour la Suisse. Résumé. National Centre for Climate Services (NCCS) (éd.), Zurich. <http://doi.org/10.55419/wsl:42758>

### Coordination du programme NCCS-Impacts

Andreas Fischer et Angela Michiko Hama (NCCS/MétéoSuisse)

### Éditeur

National Centre for Climate Services NCCS

Le National Centre for Climate Services (NCCS) est le réseau fédéral chargé de développer des services climatiques orientés vers la pratique pour l'environnement, l'économie et la société. Organisé comme un centre virtuel, le NCCS regroupe huit offices fédéraux et institutions de recherche fédérales. En tant qu'organe national de coordination et d'innovation à l'interface entre la recherche et la pratique, le NCCS soutient la prise de décisions liées au climat.

### Membres du NCCS

- Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse
- Office fédéral de l'environnement OFEV
- Office fédéral de l'agriculture OFAG
- Office fédéral de la protection de la population OFPP
- Office fédéral de la santé publique OFSP
- Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV
- ETH Zurich
- Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

Mai 2026

*Les auteurs assument l'entière responsabilité du contenu de cette publication.*

Ce résumé est également disponible en allemand, en italien et en anglais. La langue originale est l'allemand.

## AVANT-PROPOS

Le présent résumé du projet «Scénarios socio-économiques pour la Suisse» s'adresse aux décideurs de l'administration et de la politique qui travaillent sur des projets prospectifs, comme des scénarios, des perspectives et des stratégies, ainsi qu'à la recherche et au conseil. Il présente les scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) et les ensembles de mesures climatiques (SPA). Ceux-ci servent de base à la modélisation des émissions de gaz à effet de serre et des changements d'affectation des sols en Suisse jusqu'en 2100. Il donne un aperçu des méthodes utilisées, de la modélisation et d'une sélection de résultats.

Des rapports détaillés sur l'ensemble du projet, d'autres publications scientifiques et les données sous-jacentes sont disponibles sur le site web du projet:

[www.nccs-impacts.ch/ssp-ch](http://www.nccs-impacts.ch/ssp-ch)

Ce résumé est basé sur le rapport technique suivant:

Oberpriller, Q., Schmid, N., Kemmler, A., Gubler, L., Bogler, S., Giger, D., Piégsa, A., Brutsche, A., Kreidelmeyer, S., Vu, M. Ph., Black, B., Kirchner, A., Füssler, J. (2026): Treibhausgasemissionen unter verschiedenen sozioökonomischen und klimapolitischen Szenarien für die Schweiz. Modellierung und Analyse. Infrass, Prognos, WSL. Zurich. <http://doi.org/10.55419/wsl:42766>

Les bases des SSP-CH sont décrites dans le rapport suivant:

Gubler, L., Tschumi, P., Pütz, M., Seidl, I. (2026): SSP-CH: Sozioökonomische Szenarien für die Schweiz. Grundlagen, Methoden und Resultate. WSL Berichte 193. Birmensdorf. <http://doi.org/10.55419/wsl:42764>



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

National Centre for Climate Services NCCS

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL



prognos



Sauf indication contraire, tous les contenus sont soumis à la licence Creative Commons CC BY 4.0.

# SOMMAIRE

## INTRODUCTION \_\_\_\_\_ 3

Modélisation des émissions futures de gaz à effet de serre pour la Suisse

## PROCÉDURE ET BASES \_\_\_\_\_ 5

Comment les résultats de la modélisation ont-ils été déterminés?

### ENCADRÉ 1 | Scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) 6

### ENCADRÉ 2 | Ensembles d'instruments de politique climatique pour la Suisse (SPA) 7

## RÉSULTATS \_\_\_\_\_ 10

Consommation finale d'énergie et émissions de gaz à effet de serre pour quatre scénarios d'avenir sélectionnés jusqu'en 2100

Une Suisse efficace avec une politique climatique incitative SSP1-CH & SPA1 \_\_\_\_\_ 10

Une Suisse intensive en ressources sans politique climatique SSP5-CH & SPA4 \_\_\_\_\_ 14

Une Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale SSP3-CH & SPA3 \_\_\_\_\_ 15

Une Suisse sobre avec une politique climatique participative SSP0-CH & SPA2 \_\_\_\_\_ 17

Aperçu et comparaison des quatre scénarios \_\_\_\_\_ 19

Limites du système élargies: émissions aériennes et commerce extérieur \_\_\_\_\_ 20

### ENCADRÉ 3 | Changement d'utilisation des sols 23

## CONCLUSIONS \_\_\_\_\_ 24

Conclusion et applications possibles

# MODÉLISATION DES ÉMISSIONS FUTURES DE GAZ À EFFET DE SERRE POUR LA SUISSE

Il est plus urgent que jamais de lutter contre le changement climatique et ses répercussions sur la société et l'économie. En Suisse, la consommation de ressources et les émissions de gaz à effet de serre sont surtout attribuables aux domaines de l'économie, de l'énergie, des transports, de l'agriculture et de la consommation. Des scénarios et des modèles scientifiquement fondés permettent de montrer comment ces émissions pourraient évoluer – et être réduites – dans différents contextes sociaux, économiques et politiques.

Des scénarios socio-économiques et climatiques exploratoires permettent d'évaluer les évolutions possibles et de les comparer. Il est impossible de prédire l'avenir avec certitude: plus l'horizon temporel est lointain, plus la complexité du système augmente et plus l'incertitude grandit. En revanche, réfléchir en termes de «scénarios hypothétiques» permet de mieux ajuster les décisions politiques aux différents futurs envisageables.

Les modèles énergétiques et d'émissions aident à visualiser et à comparer les effets de ces évolutions sur les émissions: comment celles-ci évoluent-elles lorsque les progrès technologiques s'accroissent? Quelle est l'influence des facteurs sociaux et des valeurs de la population sur la consommation des ressources? Que se passe-t-il lorsque la population augmente ou que les comportements de consommation changent? Quel est l'impact des investissements dans les énergies renouvelables, dans l'enveloppe des bâtiments et dans des systèmes de production de chaleur plus efficaces sur le plan énergétique? Comment les instruments politiques, tels qu'une taxe sur le CO<sub>2</sub> ou des normes de construction plus strictes et contraignantes, peuvent-ils contribuer à réduire les émissions et quelle peut être l'ampleur de leur impact?

La Suisse a une longue tradition d'élaboration de scénarios destinés à soutenir la politique. On peut citer, par exemple, les scénarios climatiques, démographiques, relatifs au PIB et aux secteurs économiques, les perspectives à long terme pour les finances publiques, les travaux prospectifs de l'analyse de la situation et du contexte de la Chancellerie fédérale, ainsi que les perspectives en matière de transports et d'énergie. Ces derniers se concentrent notamment sur les questions de politique énergétique et climatique à l'horizon 2050 et examinent un éventail restreint d'évolutions socio-économiques possibles.

Dans le projet présenté ici, des scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) et des ensembles d'instruments de politique climatique (SPA – Shared Policy Assumptions) ont été élaborés sur la base du cadre SSP du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ils décrivent des évolutions cohérentes et plausibles pour la Suisse, sans attribuer de probabilité à leur réalisation. Les SSP-CH complètent les scénarios et perspectives existants de l'administration fédérale à plusieurs égards: ils prolongent l'horizon temporel jusqu'en 2100. Ils prennent également en compte un éventail plus large d'évolutions possibles et très différentes. Celles-ci concernent principalement les changements sociaux, économiques et technologiques. Les SPA permettent quant à eux d'analyser l'impact de différents scénarios de politique climatique.

## LE PROJET SSP-CH DANS LE PROGRAMME NCCS-IMPACTS

Dans le cadre du programme NCCS-Impacts, le projet *Scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH)* a modélisé l'évolution possible des émissions de gaz à effet de serre et de l'utilisation des sols en Suisse jusqu'en 2100. Ce résumé se concentre sur la modélisation des émissions de gaz à effet de serre. Cinq scénarios SSP-CH (*Shared Socioeconomic Pathways*) avec différents développements socio-économiques sont pris en compte (voir encadré 1). Ceux-ci sont ensuite combinés avec quatre ensembles possibles d'instruments de politique climatique (SPA – *Shared Policy Assumptions*) (voir encadré 2). La modélisation de l'utilisation des sols est expliquée dans l'encadré 3.

Cette approche s'appuie sur la méthodologie du cadre global SSP du GIEC et permet d'étudier un large éventail d'évolutions futures possibles. Des scénarios exploratoires sont développés dans l'esprit d'une «analyse si-alors». Il ne s'agit donc pas d'extrapoler les tendances actuelles ou de rechercher l'évolution la plus probable, mais plutôt de présenter et de comparer un éventail d'évolutions plausibles et cohérentes. Ces scénarios peuvent s'écarter considérablement des évolutions actuelles: ils décrivent par exemple des situations caractérisées par une activité d'innovation très faible ou très forte, une croissance faible ou forte (économie ou population), une importance plus ou moins grande accordée aux questions climatiques et environnementales dans la société et la politique.

### À QUI S'ADRESSENT LES MODÉLISATIONS?

Les résultats de la modélisation des émissions de gaz à effet de serre aident les décideurs des secteurs de l'administration, de l'économie et de la société à élaborer et à mettre en œuvre des stratégies et des mesures éclairées et viables sur le long terme. Ils fournissent une base scientifique pour identifier les défis et les opportunités et prendre des décisions robustes. Les SSP-CH, les SPA, les résultats de la modélisation et, en particulier, l'approche méthodologique peuvent par ailleurs être utilisés pour des travaux prospectifs dans les domaines de la recherche et du conseil. L'approche par scénarios développée pour la Suisse (scénarios socio-économiques SSP-CH combinés à des ensembles d'instruments de politique climatique SPA) et sa traduction quantitative apportent ainsi une contribution méthodologique importante à la recherche internationale dans ce domaine.

Tous les scénarios étudiés dans le cadre du projet sont des scénarios dits «exploratoires». Ils décrivent sous forme d'énoncés «si... alors» comment les hypothèses relatives aux conditions-cadres, aux interactions et, le cas échéant, aux changements de préférences et de dynamiques sociales influencent les émissions futures de gaz à effet de serre. Il ne s'agit en aucun cas de scénarios orientés vers un but précis, qui examineraient comment atteindre des objectifs prédéfinis à un moment donné.

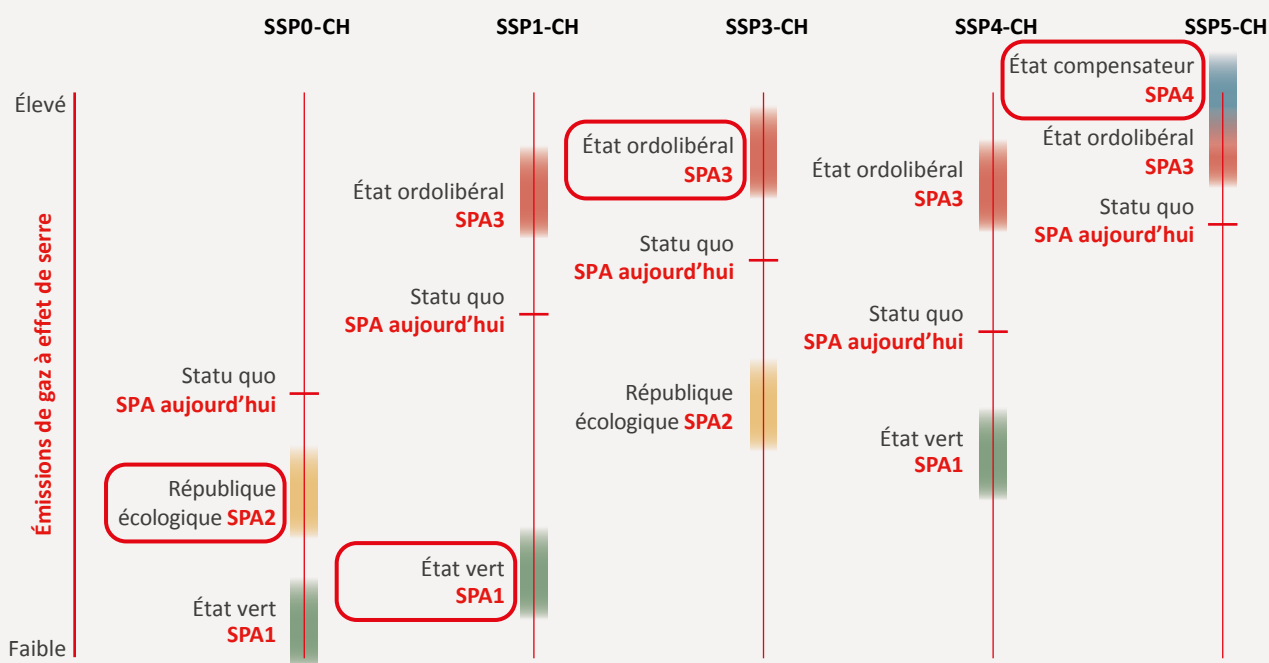
# COMMENT LES RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION ONT-ILS ÉTÉ DÉTERMINÉS?

## ÉVOLUTION DES SCÉNARIOS

Dans un premier temps, cinq scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) ont été élaborés en référence aux *Shared Socioeconomic Pathways* (SSP) mondiaux. Les SSP-CH décrivent différentes évolutions pour la population, l'économie, la technologie et le mode de vie jusqu'en 2100 et sont expliqués plus en détail dans l'encadré 1. Les SSP-CH ne tiennent toutefois pas compte de l'évolution de la politique climatique, car ils ne sont pas conçus à cet effet. C'est pourquoi, dans un deuxième temps, quatre ensembles complémentaires d'instruments de politique climatique (SPA – *Shared Policy Assumptions*) décrits dans l'encadré 2 ont été développés.

Enfin, les SSP-CH ont été combinés aux SPA, chaque SPA devant correspondre à la logique du SSP-CH associé: le SPA ne doit pas supplanter l'évolution sociétale définie dans le SSP-CH, et les instruments de politique climatique des SPA doivent être politiquement réalisables dans le contexte des développements sociétaux du SSP-CH. Afin de garantir la clarté de la présentation, le présent résumé se concentre sur quatre de ces combinaisons exemplaires (voir la figure 1), choisies de manière à représenter un éventail aussi large que possible d'évolutions. Le rapport technique «Émissions de gaz à effet de serre dans différents scénarios socio-économiques et climatiques pour la Suisse. Modélisation et analyse» (voir mentions légales) analyse trois autres combinaisons, soit sept au total.

Fig. 1: Effet des SPA sur les SSP-CH



Le statu quo désigne le niveau actuel des émissions de gaz à effet de serre dans le SSP-CH sans SPA supplémentaire. Les émissions avec SPA supplémentaire sont alors supérieures ou inférieures à ce niveau.

Les combinaisons décrites dans ce résumé sont encadrées en rouge: SSP0-CH & SPA2: Suisse sobre avec une politique climatique participative; SSP1-CH & SPA1: Suisse efficace avec une politique climatique incitative; SSP3-CH & SPA3: Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale; SSP5-CH & SPA4: Suisse intensive en ressources sans politique climatique.

## ENCADRÉ 1 | SCÉNARIOS SOCIO-ÉCONOMIQUES POUR LA SUISSE (SSP-CH)

Les scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) décrivent cinq évolutions plausibles et cohérentes pour le pays jusqu'à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Ils mettent en lumière les évolutions techniques, institutionnelles, économiques et culturelles possibles et leurs interactions. Ouverts sur l'avenir, ils ne partent pas d'un objectif précis dans le futur et couvrent ainsi un large éventail d'avenirs possibles. Ces scénarios ne doivent pas être confondus avec des visions ou des scénarios idéaux. Ils contiennent à la fois des évolutions positives et négatives.

Les SSP-CH ont été élaborés avec la participation de 59 experts issus de 20 institutions scientifiques suisses, puis développés et validés lors de cinq ateliers organisés en Suisse alémanique et en Suisse romande, auxquels ont participé au total 85 personnes. Les cinq

scénarios (SSP-CH) sont décrits en détail dans une publication<sup>1</sup> de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL. Le tableau 1 donne un aperçu des paramètres dont les caractéristiques définissent les cinq SSP-CH.

Les scénarios SSP1-CH, SSP3-CH et SSP4-CH sont tout à fait comparables aux SSP mondiaux correspondants. Le SSP0-CH n'a pas encore d'équivalent au niveau mondial. Le SSP5-CH s'écarte du SSP5 mondial, car les experts interrogés ont jugé peu plausible qu'une société hautement innovante et techniquement très avancée, telle que décrite dans le SSP5 mondial,

<sup>1</sup> Lien vers le rapport du WSL: <https://ssp-ch-szenarien.wsl.ch>

**Tableau 1:** Aperçu des paramètres sélectionnés dont les caractéristiques définissent les cinq SSP-CH

Paramètres du scénario SSP-CH	SSP0-CH <i>Suisse sobre</i>	SSP1-CH <i>Suisse efficace</i>	SSP3-CH <i>Suisse conflictuelle</i>	SSP4-CH <i>Suisse inégalitaire</i>	SSP5-CH <i>Suisse intensive en ressources</i>
<b>Population et bien commun</b>					
Population résidente permanente	faible	élevée	faible	moyenne	élevée
Cohésion sociale	élevée	moyenne	élevée au sein des groupes, faible dans l'ensemble de la société	faible	moyenne
<b>Économie et consommation</b>					
Croissance économique	faible	élevée	faible	élevée	moyenne
Répartition des richesses et des revenus	équitable	équitable	moyenne	inégal	moyenne
Consommation	faible	moyenne	faible	partagée	élevée
<b>Politique et État</b>					
Priorités de l'État	bien commun	économie, bien commun	sécurité	économie, sécurité	économie
Intégration politique internationale de la Suisse	moyenne	élevée	faible	élevée	faible
<b>Technologie</b>					
Développement technologique et innovation	lent	rapide	lent	rapide	lent
<b>Environnement et ressources naturelles</b>					
Conscience environnementale	élevée	élevée	faible	faible	faible
Efficacité des ressources	moyenne	élevée	faible	élevée	faible

continue à miser sur les énergies fossiles jusqu'à la fin du siècle. Le SSP5-CH part donc du principe d'une société non innovante. Au niveau mondial, il existe également un scénario SSP2 «Middle of the Road» qui décrit une évolution moyenne des paramètres socio-économiques pertinents. Les SSP-CH ne prévoient pas de scénario de ce type, car l'approche méthodologique choisie dans le cadre de ce projet pour élaborer des scénarios qualitatifs ne permet pas

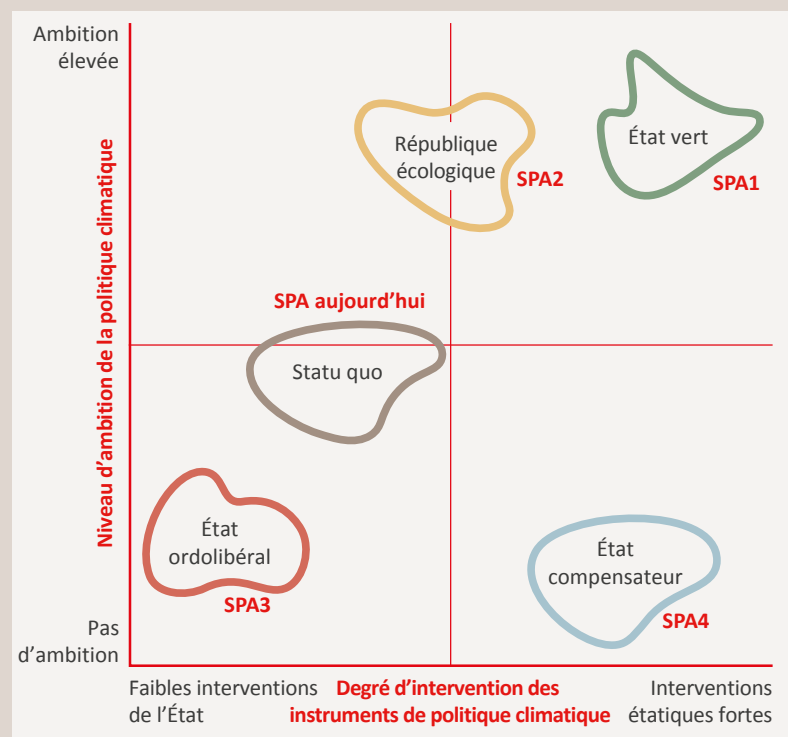
de générer un scénario dans lequel toutes les évolutions sont moyennes. Étant donné qu'un scénario moyen est souvent considéré comme étant le plus probable et qu'il est généralement retenu comme seul scénario, il a en outre été décidé de ne pas élaborer a posteriori un SSP2-CH. L'utilisation d'un seul scénario serait contraire à la méthode des scénarios, qui vise à comparer plusieurs évolutions possibles sans leur attribuer de probabilité de réalisation.

## ENCADRÉ 2 | ENSEMBLES D'INSTRUMENTS DE POLITIQUE CLIMATIQUE POUR LA SUISSE (SPA)

Les ensembles d'instruments de politique climatique (SPA) décrivent quatre évolutions différentes de la politique climatique nationale (SPA1 à SPA4). Un SPA-aujourd'hui résume par ailleurs le statu quo des instruments de politique climatique existants en 2023. Sur la base de la littérature en sciences politiques, les SPA ont été élaborés selon deux dimensions centrales: le niveau d'ambition de la politique climatique et le degré d'intervention des instruments politiques (voir la figure 2). Les SPA couvrent un large éventail de politiques climatiques possibles:

- SPA-aujourd'hui – statu quo: politique climatique actuellement mise en œuvre (situation en 2023)
- SPA1 – État vert: politique climatique ambitieuse, interventions étatiques fortes – politique climatique directrice
- SPA2 – République écologique: politique climatique ambitieuse, interventions étatiques plutôt faibles (par exemple, des mesures volontaires de la société civile et de l'économie) – politique climatique participative
- SPA3 – État ordolibéral (également appelé «État libéral de marché» dans d'autres publications): objectifs peu ambitieux, interventions étatiques minimales – politique climatique minimale
- SPA4 – État compensatoire (également appelé «État préservateur» dans d'autres publications): interventions étatiques fortes, qui ne servent toutefois pas la politique climatique, mais d'autres objectifs politiques (par exemple, la réduction des coûts énergétiques) – sans politique climatique

**Fig. 2:** Les ensembles d'instruments de politique climatique sont classés en fonction du niveau d'ambition des objectifs politiques et du degré d'intervention des mesures politiques.



Les SPA ont été développés pour les secteurs de l'énergie, des transports, de l'industrie, du bâtiment, de l'agriculture et des importations. La combinaison de ces ensembles d'instruments de politique climatique (SPA) avec les différents scénarios socio-économiques (SSP-CH) permet d'analyser un large éventail de voies de développement possibles pour la société et la politique climatique suisses.

# MODÉLISATION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE ET DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La mission principale de ce projet consistait à traduire les évolutions décrites qualitativement dans les différentes combinaisons de SSP-CH et de SPA en émissions de gaz à effet de serre, à l'aide d'une modélisation quantitative. Cette modélisation repose sur une approche ascendante et sur l'inventaire des gaz à effet de serre (GES). La modélisation est divisée en plusieurs secteurs: transports, bâtiments, agriculture, industrie, énergie et technologies à émissions négatives (NET). Une perspective élargie prend également en compte des émissions liées aux importations et aux exportations ainsi qu'à l'aviation internationale. La consommation d'énergie est également modélisée en tant que stade préliminaire des émissions de gaz à effet de serre.

Dans un premier temps, une série de paramètres de scénario a été définie. Ceux-ci présentent les principales caractéristiques du SSP-CH sous une forme simplifiée et décrivent à la fois des grandeurs courantes (par exemple, la population résidente, le PIB par habitant ou le cheptel par habitant), ainsi que d'autres, telles que la conscience environnementale ou le niveau de consommation individuel. Leur évolution en fonction du SSP-CH a été quantifiée avec l'aide d'experts.

Dans un deuxième temps, les évolutions de ces paramètres ont été traduites en modifications des paramètres du modèle. Ces derniers constituent les éléments centraux du modèle (dans le secteur du bâtiment, par exemple, la surface des bâtiments ou le mix énergétique). Afin de modéliser systématiquement les nombreux scénarios de ce projet, une matrice d'impact fixe comprenant des élasticités a été définie pour chaque secteur. Celle-ci permet de déterminer précisément comment les paramètres du scénario influencent les paramètres du modèle. Les différences entre les résultats des scénarios en termes d'émissions de gaz à effet de serre résultent donc exclusivement des différentes évolutions des paramètres du scénario. Aucun paramètre de scénario spécifique n'a été défini pour évaluer l'impact des instruments de politique climatique. Dans chaque cas, l'impact des différentes politiques climatiques (SPA) sur les paramètres du modèle a été évalué globalement. La figure 3 illustre, à l'aide d'un exemple, les étapes décrites ci-dessus, depuis les paramètres du scénario jusqu'aux résultats du modèle.

Pour chaque secteur, des modèles à la complexité réduite, spécialement développés pour ce projet, sont utilisés. Ceux-ci s'appuient sur les résultats et les conclusions de modèles plus complexes (par exemple pour la modélisation des perspectives énergétiques 2050+). Cela permet de représenter de manière personnalisée les liens essentiels entre les paramètres du scénario et ceux du modèle et de présenter les voies d'impact de manière claire.

Le point de départ de la modélisation est l'année 2023. Les années 2035, 2060, 2085 et 2100 ont été modélisées. Les années intermédiaires sont interpolées.<sup>2</sup>

Dans le contexte international, les scénarios socio-économiques SSP sont étroitement liés aux scénarios RCP (Representative Concentration Pathways)<sup>3</sup>, qui décrivent différentes évolutions des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Par exemple, les trajectoires d'émissions des scénarios RCP ont servi d'objectifs pour la modélisation des SSP mondiaux. Il n'existe pas de lien similaire entre les SSP-CH et les scénarios d'émissions mondiaux ou les scénarios climatiques suisses qui en découlent: les SSP-CH ne sont pas des scénarios cibles. De plus, la Suisse ne génère qu'une faible part des émissions mondiales, de sorte que les scénarios d'émissions suisses n'ont pas d'incidence directe sur les scénarios d'émissions mondiaux.

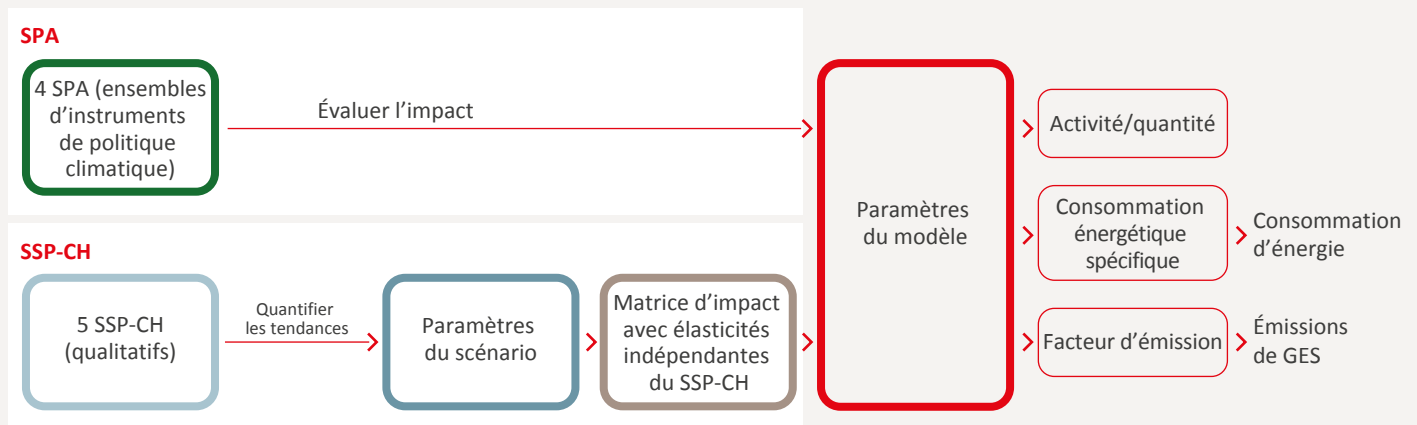
---

<sup>2</sup> De plus, l'année 2050 est indiquée dans les figures, car il s'agit d'une année importante pour la politique climatique qui est en partie pertinente pour la modélisation des SPA.

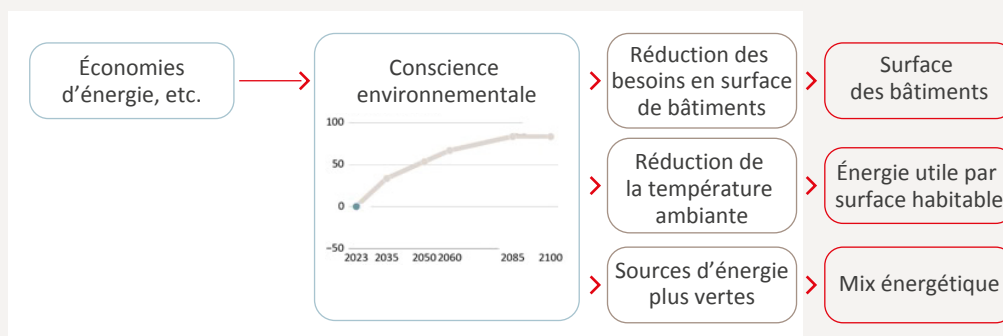
<sup>3</sup> Les scénarios RCP (Representative Concentration Pathways) sont des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

**Fig. 3:** Approche pour la modélisation de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

### Structure générique du modèle



### Exemple: modélisation SSP0-CH dans le secteur du bâtiment



Exemple: si la conscience environnementale augmente de 50%, les besoins en surface de bâtiment diminuent de 25% si l'élasticité pour cette voie d'impact est de -0,5.

Pour la modélisation utilisée dans ce rapport, tous les scénarios s'appuient sur le même scénario RCP moyen.<sup>4</sup> Cette approche est justifiée par le fait que les différentes hypothèses ont peu d'influence sur la modélisation présentée ici. D'un point de vue méthodologique, il est également avantageux de maintenir constantes les influences du changement climatique, de sorte que les différentes consommations d'énergie finale et les émissions ne reflètent que les effets du SSP-CH et du SPA.

<sup>4</sup> Le scénario RCP4.5 est utilisé. Il aboutit à une augmentation de la température de +2,9 °C (fourchette: 2,1 °C à 4,0 °C) par rapport au niveau préindustriel d'ici 2100 (voir tableau 4.2; GIEC, 2021: Changement climatique 2021: les bases scientifiques physiques. Contribution du Groupe de travail I au sixième Rapport d'évaluation).

# CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE POUR QUATRE SCÉNARIOS D'AVENIR SÉLECTIONNÉS JUSQU'EN 2100

Les chapitres suivants présentent quatre combinaisons de scénarios socio-économiques (SSP-CH) et d'ensembles d'instruments de politique climatique (SPA).<sup>5</sup> Chaque chapitre commence par une brève introduction du SSP-CH et du SPA correspondants. Ceux-ci constituent le point de départ de la modélisation. Viennent ensuite les résultats concernant la consommation finale d'énergie et les émissions directes de gaz à effet de serre en Suisse. La consommation finale d'énergie désigne la quantité d'énergie utilisée dans les secteurs de consommation finale que sont l'industrie, les bâtiments (ménages et services) et les transports.

Une présentation détaillée de toutes les bases et hypothèses figure dans le rapport technique intitulé «Treibhausgasemissionen unter verschiedenen sozioökonomischen und klimapolitischen Szenarien für die Schweiz. Modellierung und Analyse».

D'une manière générale, les résultats de la modélisation sur la longue période allant jusqu'en 2100 doivent être interprétés avec prudence: le modèle permet certes de saisir quantitativement les interactions possibles dans un système global, mais les données de base, les scénarios SSP-CH et SPA, ainsi que les modélisations de l'énergie, des émissions et de l'utilisation des sols sur une période aussi longue sont naturellement associés à de grandes incertitudes et limitations. La modélisation peut néanmoins aider à examiner systématiquement différentes évolutions possibles et cohérentes pour l'avenir.

## UNE SUISSE EFFICACE AVEC UNE POLITIQUE CLIMATIQUE INCITATIVE SSP1-CH & SPA1

### Hypothèses socio-économiques et climatiques

Scénario SSP1-CH – Suisse efficace: la Suisse est fortement technicisée et s'est développée pour devenir une économie circulaire efficace, fortement intégrée au niveau international. La population profite de la valeur ajoutée apportée par une économie en croissance. L'immigration constante entraîne une forte densification des villes. La consommation d'espace augmente modérément, la population est très sensibilisée aux questions environnementales. L'approvisionnement en énergies renouvelables est assuré en grande partie au niveau national et en partie par des importations. Les denrées alimentaires sont en grande majorité importées; la Suisse entretient des relations politiques et économiques internationales étroites, en particulier avec l'UE. Les institutions politiques fonctionnent de manière fiable et efficace.

Ensemble climatique SPA1 – Politique climatique incitative: afin d'atteindre des objectifs ambitieux en matière de protection du climat, l'État intervient de manière incitative dans les affaires économiques et la consommation privée et a introduit une multitude de nouveaux instruments réglementaires et financiers.

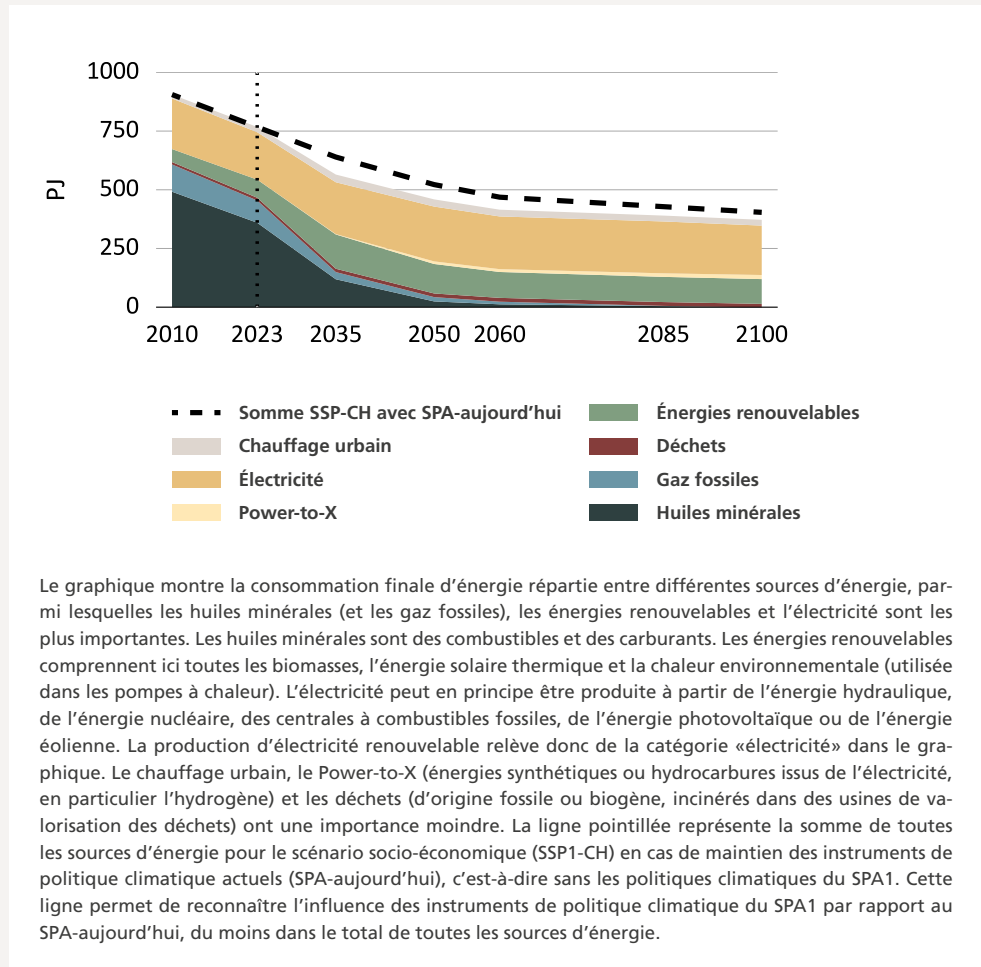
---

<sup>5</sup> Le rapport technique combine les cinq scénarios socio-économiques SSP-CH avec différentes politiques climatiques compatibles SPA. Pour ce résumé, quatre combinaisons typiques ont été sélectionnées, qui représentent suffisamment la diversité des caractéristiques.

## Résultats de la modélisation: consommation finale d'énergie

La figure 4 présente la consommation finale d'énergie de ce scénario.

**Fig. 4:** Consommation finale d'énergie dans le scénario «Suisse efficace avec une politique climatique incitative (SSP1-CH & SPA1)»



Le graphique montre les données de consommation réelles pour la période 2010–2023 (à gauche de la ligne pointillée). Celles-ci diminuent d'environ 15%. Cette tendance se poursuit dans le scénario d'avenir. La consommation de pétrole, en particulier, continue de baisser. Cette diminution est principalement due à l'électrification croissante (notamment des pompes à chaleur, des véhicules électriques et du chauffage électrique dans les procédés industriels et commerciaux) et à l'amélioration de l'efficacité énergétique, qui se répercute dans tous les secteurs (selon le scénario SSP1-CH). Dans le seul secteur industriel, il existe toutefois encore certains procédés à haute température pour lesquels un changement technologique serait nécessaire pour remplacer les combustibles fossiles.

La consommation d'électricité n'augmente que légèrement, alors que le SSP1-CH prévoit une électrification croissante. De nouveaux consommateurs (par exemple les centres de données) consomment également beaucoup d'électricité supplémentaire. Sans leur influence, la consommation d'électricité diminuerait même légèrement. La raison principale en est l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le SSP1-CH. Dans le secteur du bâtiment, par exemple, la consommation d'électricité augmente temporairement en raison des pompes à chaleur, car celles-ci chauffent une part toujours plus importante de la surface habitable. Cependant, dans le même temps, les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude électriques conventionnels moins efficaces sont remplacés et l'efficacité des pompes à chaleur augmente. En outre, le réchauffement climatique et la baisse de la demande de chauffage qui en résulte réduisent la consommation. En revanche, les besoins en refroidissement augmentent, ce qui réduit l'effet net dans le secteur du bâtiment.

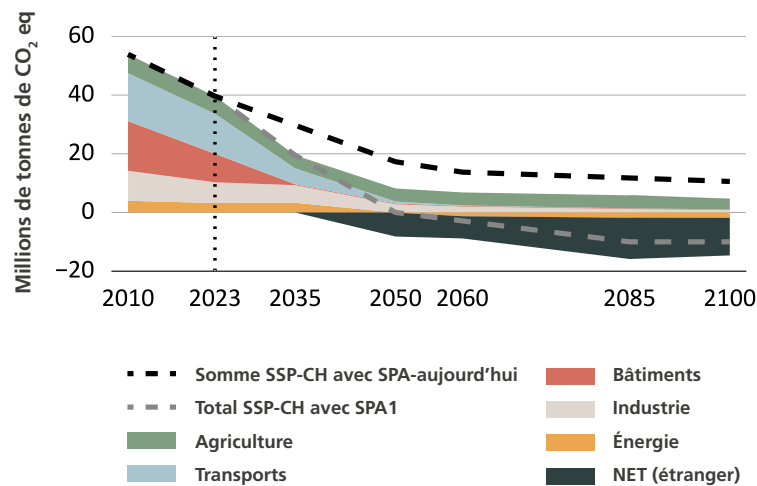
L'utilisation des énergies renouvelables dans la production de chaleur doublera dans le SSP1-CH d'ici 2035. Cette augmentation est principalement due à l'utilisation croissante des pompes à chaleur, dont la chaleur environnementale utilisée est classée comme énergie renouvelable. En raison de l'amélioration continue de l'efficacité, la consommation d'énergies renouvelables diminuera à nouveau à partir de 2035. La modélisation n'a révélé aucun changement significatif pour les énergies renouvelables issues de la biomasse, car la quantité de biomasse disponible est limitée. Pour rappel, la production d'électricité renouvelable n'est pas incluse dans cette catégorie, mais dans la catégorie Électricité (où elle n'est toutefois pas indiquée séparément).

La comparaison avec la consommation finale d'énergie en cas de maintien des instruments de politique climatique actuels («somme SSP-CH avec SPA-aujourd'hui», représentée par la ligne pointillée noire) montre que les instruments de politique climatique du SPA1 ont un impact plutôt faible à long terme dans ce scénario socio-économique. Cette faible influence s'explique principalement par une efficacité énergétique accrue et une demande moindre résultant de l'évolution sociétale dans le SSP1-CH. Les instruments de politique climatique visant à abandonner les énergies fossiles (substitution) ont par ailleurs un impact principalement sur les émissions de gaz à effet de serre, et moins sur la consommation finale d'énergie (même si les véhicules électriques à batterie sont par exemple nettement plus efficaces que les véhicules à moteur fossile). On constate également que l'effet du SPA1 s'atténue vers la fin du siècle, car les évolutions socio-économiques (par exemple, une forte conscience environnementale) anticipent cet effet. La politique climatique du SPA1 accélère et renforce donc une évolution qui est déjà intégrée dans les hypothèses du scénario socio-économique considéré (SSP1-CH).

#### Résultats de la modélisation: émissions de gaz à effet de serre

La figure 5 montre les émissions de gaz à effet de serre de différents secteurs modélisés en Suisse.

**Fig. 5:** Émissions de gaz à effet de serre dans le scénario «Suisse efficace avec une politique climatique incitative (SSP1-CH & SPA1)»



La figure suit la classification établie des secteurs de l'inventaire des gaz à effet de serre. Ces secteurs sont l'agriculture, les transports, les bâtiments, l'industrie et l'énergie. Dans le secteur de l'énergie, les émissions liées à la production d'électricité sont prises en compte, même si les besoins en électricité proviennent, par exemple, des véhicules électriques à batterie dans le secteur des transports. Ces émissions directes en Suisse selon l'inventaire des gaz à effet de serre ne prennent en compte que les émissions territoriales (les résultats obtenus en élargissant les limites du système sont présentés à la fin de ce résumé).

On observe une baisse rapide des émissions dans presque tous les secteurs. C'est dans le secteur du bâtiment que cette baisse est la plus rapide: grâce aux évolutions techniques et à des mesures strictes en matière de politique climatique (notamment l'interdiction des chauffages fossiles à partir de 2035, prévue par le SPA1), les émissions tombent à zéro déjà peu après 2035. L'évolution est similaire, mais légèrement plus lente, dans le secteur des transports. Dans ce secteur, les émissions seront réduites à presque zéro à partir de 2050, principalement grâce à la généralisation des véhicules électriques à batterie.

Le secteur industriel continuera de produire des émissions au cours de la seconde moitié du siècle, en raison des émissions difficilement évitables liées aux procédés industriels (par exemple, la production de ciment ou les procédés à haute température). Certes, conformément aux exigences de la politique climatique (SPA1), le captage et le stockage du carbone (CSC) seront utilisés pour réduire ces émissions. Toutefois, un léger résidu subsistera, car le recours généralisé au CSC n'est pas prévu. Son utilisation sera prioritairement destinée à la production de ciment et, dans une moindre mesure, aux secteurs de la chimie et de l'acier (selon le SPA1).

Dans le secteur de l'énergie, les émissions proviennent principalement de la part fossile des déchets traités dans les usines d'incinération (UIOM). Les déchets se composent pour moitié d'une part fossile et pour moitié d'une part biogène. Le CSC est également utilisé dans ce secteur en vertu du SPA. Étant donné que la séparation des composants biogènes entraîne des émissions négatives (sans séparation, les émissions biogènes sont neutres sur le plan climatique), ce secteur affichera des émissions légèrement négatives au cours de la seconde moitié du siècle.

Selon le SPA, l'utilisation de technologies à émissions négatives (NET) à l'étranger génère des émissions négatives supplémentaires. La consommation d'énergie (à l'étranger) et les coûts d'achat d'émissions négatives (aucun coût n'est modélisé) ne sont toutefois pas pris en compte dans le modèle.

Les émissions résiduelles sont principalement générées par le secteur agricole, car le scénario SSP1-CH prévoit l'absence de technologies permettant de réduire significativement ses émissions. Ce scénario d'avenir ne prévoit pas non plus de réduction notable de la consommation de viande, qui est responsable d'une grande partie de ces émissions. Toutefois, contrairement aux autres secteurs, le gaz à effet de serre dominant dans le secteur agricole n'est pas le CO<sub>2</sub>, mais le méthane.

Globalement, ce scénario atteint la neutralité carbone en 2050, puis devient négatif, grâce à des réductions d'émissions significatives au niveau national et à l'achat d'émissions négatives (NET) à l'étranger.

Une comparaison avec les émissions totales du SSP1-CH sans mesures de politique climatique supplémentaires (SPA-aujourd'hui) montre à quel point les instruments politiques du SPA1 réduisent les émissions. Cette réduction s'explique d'une part par la diminution de la consommation d'énergie décrite ci-dessus et par le remplacement à grande échelle des combustibles et carburants fossiles par des énergies renouvelables dans tous les secteurs. D'autre part, les instruments de politique climatique du SPA-1 rendent possibles le CSC et les NET.

# UNE SUISSE INTENSIVE EN RESSOURCES SANS POLITIQUE CLIMATIQUE SSP5-CH & SPA4

## Hypothèses socio-économiques et climatiques

Scénario SSP5-CH – Suisse intensive en ressources: dans un premier temps, la Suisse connaît une forte croissance économique et une immigration importante. La consommation croissante d'énergies fossiles, associée à des modes de vie gourmands en ressources, a un impact considérable sur l'environnement. Vers la fin du siècle, la hausse des prix des ressources et les coûts liés à la dégradation de l'environnement entraînent une baisse de la performance économique et une perte de prospérité. Les prestations sociales sont réduites. La population émigre de plus en plus et la cohésion sociale s'affaiblit. L'État doit intervenir de plus en plus pour faire face aux crises environnementales et sociales et à leurs conséquences.

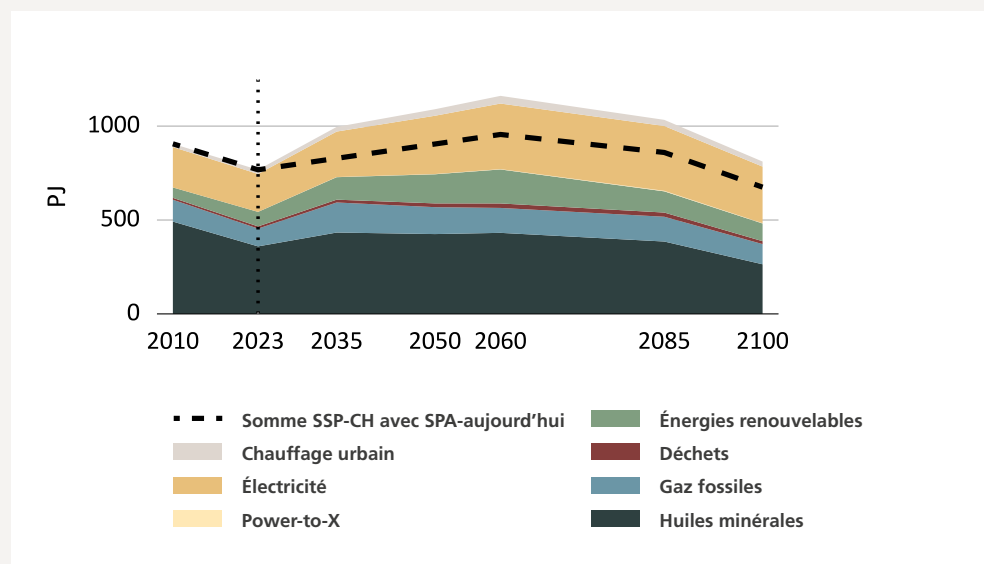
SPA4 – Sans politique climatique: de nombreux instruments de politique climatique sont supprimés, tandis que les subventions pour les énergies fossiles et d'autres instruments de soutien sont renforcés.

## Résultats de la modélisation: consommation finale d'énergie

Dans ce scénario d'avenir, la consommation d'énergies fossiles s'écarte nettement du premier scénario (Suisse efficace avec une politique climatique incitative; SSP1-CH & SPA1). Elle augmente d'abord, puis diminue en raison de la baisse de la performance économique à la fin du siècle (voir la figure 6). La part des gaz fossiles est beaucoup plus importante, car la production d'électricité et l'industrie les utilisent de manière accrue. Par rapport au premier scénario, la consommation d'électricité est environ 50% plus élevée, car le mode de vie de la population est plus énergivore (selon le SSP5-CH). L'électrification progresse, mais à un rythme moins soutenu. De nouveaux consommateurs d'électricité apparaissent également ici. Il en va de même pour les autres sources d'énergie. La consommation d'énergies renouvelables est même plus élevée, car dans ce scénario également, de nombreuses pompes à chaleur sont utilisées dans les bâtiments et, parallèlement, les besoins en chauffage sont nettement plus importants en raison d'une surface habitable plus grande et d'une diminution des rénovations.

Dans ce cas, sous l'influence des instruments politiques du SPA4, la consommation d'énergie augmente, car le SPA4 supprime ou réduit la plupart des instruments de politique climatique et énergétique actuellement en vigueur (par exemple, la promotion de la rénovation des bâtiments, la taxe sur le CO<sub>2</sub> ou le système d'échange de quotas d'émission). En contrepartie, l'utilisation des énergies fossiles est davantage subventionnée.

**Fig. 6:** Consommation d'énergie finale dans le scénario «Suisse intensive en ressources sans politique climatique (SSP5-CH & SPA4)»

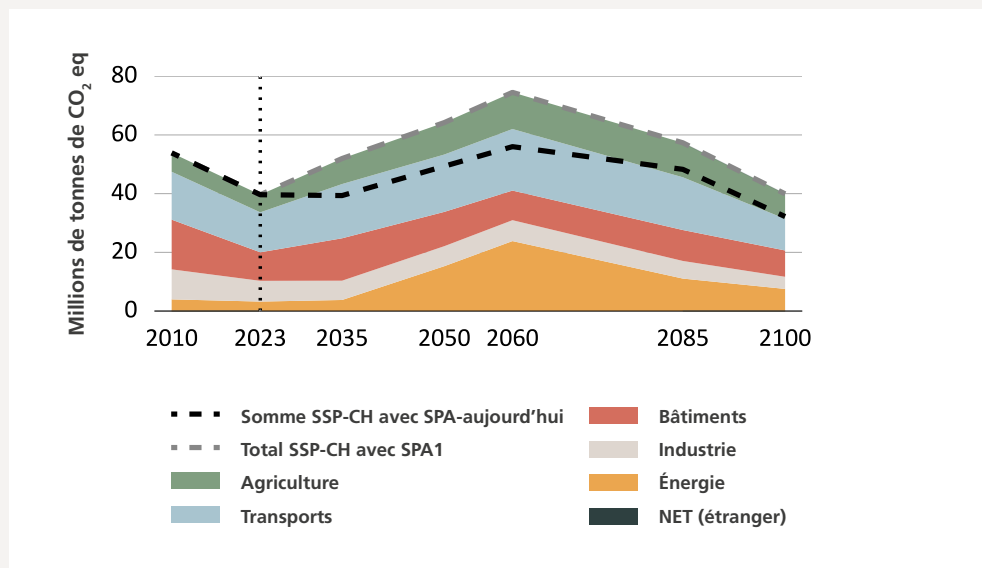


### Résultats de la modélisation: émissions de gaz à effet de serre

Dans ce scénario, les émissions de gaz à effet de serre sont liées à l'utilisation importante des énergies fossiles. Comme le montre la figure 7, les émissions du secteur énergétique augmentent fortement jusqu'au milieu du siècle, car celui-ci utilise de plus en plus de centrales à gaz. Les autres secteurs connaissent certains progrès techniques, qui sont toutefois souvent compensés par une utilisation accrue (par exemple, une augmentation du trafic). Par conséquent, les émissions de ces secteurs restent à peu près au niveau actuel (industrie) ou augmentent légèrement (tous les autres secteurs). Les émissions totales restent donc supérieures au niveau actuel jusqu'en 2100, malgré la contraction économique vers la fin du siècle.

On constate également ici que le revirement de la politique climatique, décrit ci-dessus et induit par le SPA4, entraîne une augmentation des émissions. En outre, ni le captage et le stockage du carbone (CSC) en Suisse ni les technologies à émissions négatives (NET) à l'étranger ne sont utilisés.

Fig. 7: Émissions de gaz à effet de serre dans le scénario «Suisse intensive en ressources sans politique climatique (SSP5-CH & SPA4)»



## UNE SUISSE CONFLICTUELLE AVEC UNE POLITIQUE CLIMATIQUE MINIMALE SSP3-CH & SPA3

### Hypothèses socio-économiques et climatiques

Scénario SSP3-CH – Suisse conflictuelle: la Suisse connaît une polarisation politique, de la corruption et une perte de prospérité. Les investissements et l'innovation reculent et l'économie se contracte. Le chômage et l'émigration augmentent, les entreprises ferment ou délocalisent. L'État social est démantelé. Les relations internationales sont fortement réduites, la Suisse est de plus en plus isolée et l'approvisionnement de base devient plus difficile. Beaucoup de gens assurent leur subsistance par l'autosuffisance. L'État utilise ses maigres ressources en priorité pour maintenir la sécurité intérieure.

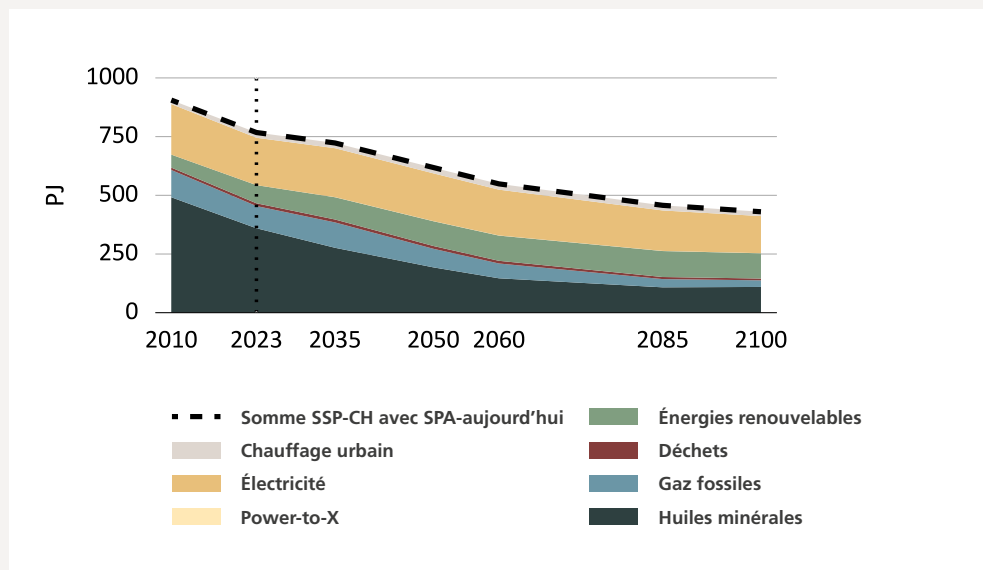
SPA3 – Politique climatique minimale: les instruments de politique climatique sont supprimés.

### Résultats de la modélisation: consommation finale d'énergie

Dans ce scénario d'avenir, la consommation finale totale d'énergie évolue de manière similaire à celle du premier scénario, où elle diminue considérablement (Suisse efficace avec une politique climatique incitative; SSP1-CH & SPA1). Cependant, les raisons sont différentes: ici, ce sont le recul de la performance économique et la pauvreté croissante d'une grande partie de la population qui font que les gens ont de moins en moins les moyens de se payer de l'énergie. C'est pourquoi la consommation d'énergie finale diminue (voir la figure 8). La part des énergies fossiles dans le total diminue, car les instruments de politique climatique déjà existants (par exemple dans les domaines du bâtiment et des transports) et les tendances actuelles chez les consommateurs (par exemple vers les véhicules électriques à batterie ou les pompes à chaleur) se poursuivent.

La politique climatique minimale n'a aucun effet sur la consommation totale d'énergie.

**Fig. 8:** Consommation finale d'énergie dans le scénario «Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale (SSP3-CH & SPA3)»

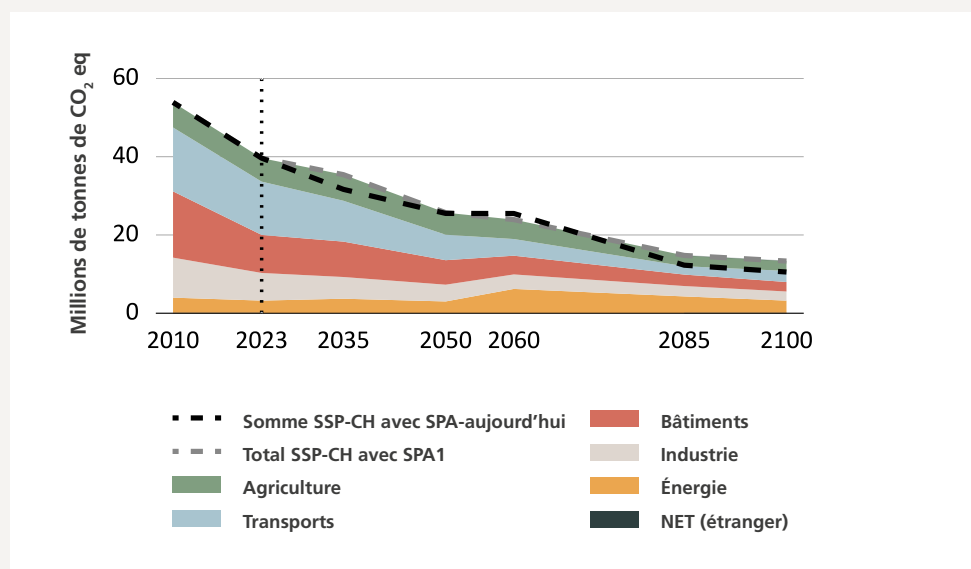


### Résultats de la modélisation: émissions de gaz à effet de serre

Les émissions provenant du secteur énergétique augmentent en raison de l'utilisation accrue du gaz naturel (voir la figure 9). Les émissions des autres secteurs diminuent progressivement pour les raisons décrites ci-dessus, mais restent importantes même en 2100. Elles sont toutefois moins élevées que celles de la Suisse intensive en ressources (SSP5-CH & SPA4).

Une politique climatique minimale ou la suppression ponctuelle des instruments existants entraînent des émissions élevées. Il existe peu d'installations de capture et de stockage du carbone (CSC) en Suisse, dont l'impact est limité. Les émissions négatives étrangères ne sont pas achetées.

**Fig. 9:** Émissions de gaz à effet de serre dans le scénario «Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale (SSP3-CH & SPA3)»



## UNE SUISSE SOBRE AVEC UNE POLITIQUE CLIMATIQUE PARTICIPATIVE SSP0-CH & SPA2

### Hypothèses socio-économiques et climatiques

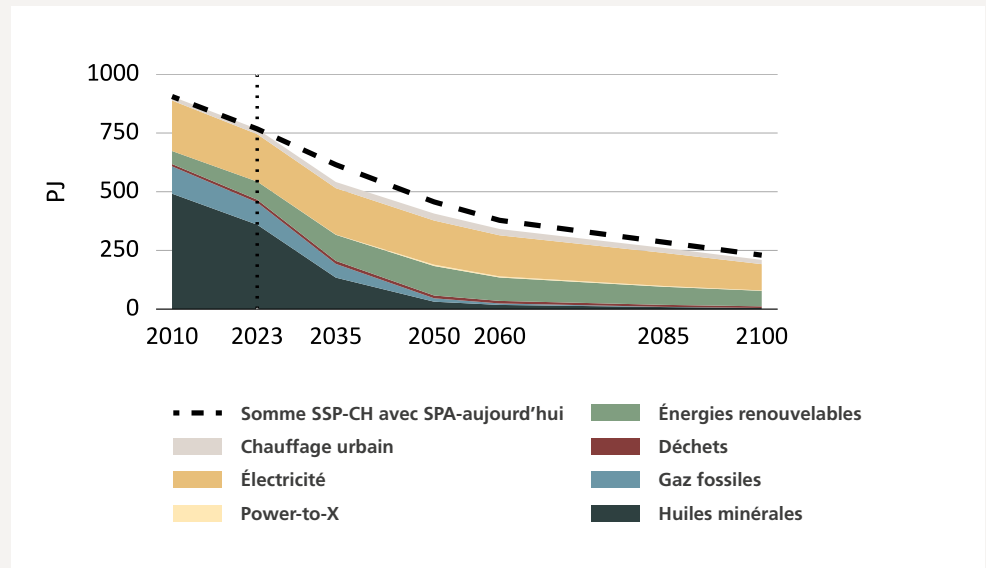
Scénario SSP0-CH – Suisse sobre: la population suisse accorde une grande importance au bien commun. La confiance dans les institutions politiques est également élevée. La population choisit délibérément un faible niveau de consommation. Le niveau de vie financier diminue. Les revenus et la fortune sont répartis de manière équilibrée dans la société. Les centres régionaux et les quartiers urbains offrent un bon approvisionnement régional de base. Le degré d'autosuffisance en matière d'énergie et d'alimentation est élevé. La consommation, la mobilité et la quantité d'énergie utilisée diminuent fortement, la population est très sensibilisée à l'environnement.

SPA2 – Politique climatique participative: l'État poursuit des objectifs climatiques ambitieux, mais renonce à des interventions étatiques importantes. Les instruments politiques se concentrent sur des approches basées sur des incitations et l'information. La réalisation des objectifs climatiques ambitieux dépend largement de la société civile.

### Résultats de la modélisation: consommation finale d'énergie

Dans ce scénario d'avenir, la consommation d'énergie diminue le plus rapidement. Comme le montre la figure 10, la consommation d'énergies fossiles sera minimale à partir de 2050. La demande en autres sources d'énergie reculera également en raison de la baisse de la performance économique et d'un mode de vie plus sobre. Au-delà, l'influence de la politique est faible. Elle est la plus forte en 2035, puis diminue à nouveau, car les tendances socio-économiques vont dans la même direction.

**Fig. 10:** Consommation d'énergie dans le scénario «Suisse sobre avec une politique climatique participative (SSP0-CH & SPA2)»

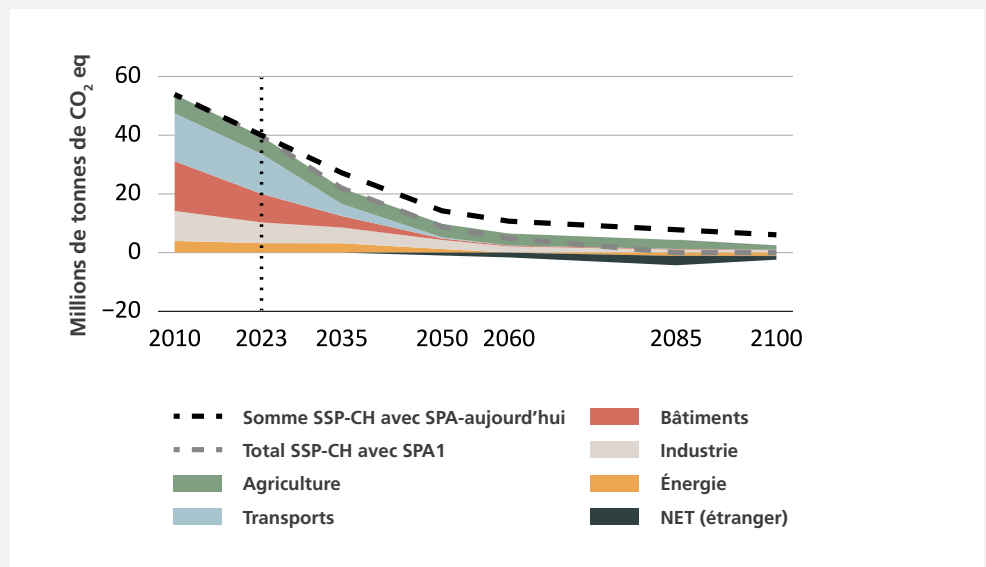


**Résultats de la modélisation: émissions de gaz à effet de serre**

Les émissions diminuent dans tous les secteurs, à peu près au même rythme (voir la figure 11). La réduction est moins rapide que dans le premier scénario (Suisse efficace avec une politique climatique incitative; SSP1-CH & SPA1), car les progrès techniques sont plus lents et le SPA2 ne prévoit pas d'instruments politiques fortement directs.

Le captage et le stockage du carbone (CSC) et les technologies à émissions négatives (NET) sont utilisés en Suisse et achetés à l'étranger, mais dans une mesure beaucoup plus limitée que dans le premier scénario en raison de leur coût élevé. Les émissions sont faibles en 2050, mais le seuil de zéro émission nette ne sera pas atteint avant 2085.

**Fig. 11:** Émissions de gaz à effet de serre dans le scénario «Suisse sobre avec une politique climatique participative (SSP0-CH & SPA2)»



## APERÇU ET COMPARAISON DES QUATRE SCÉNARIOS

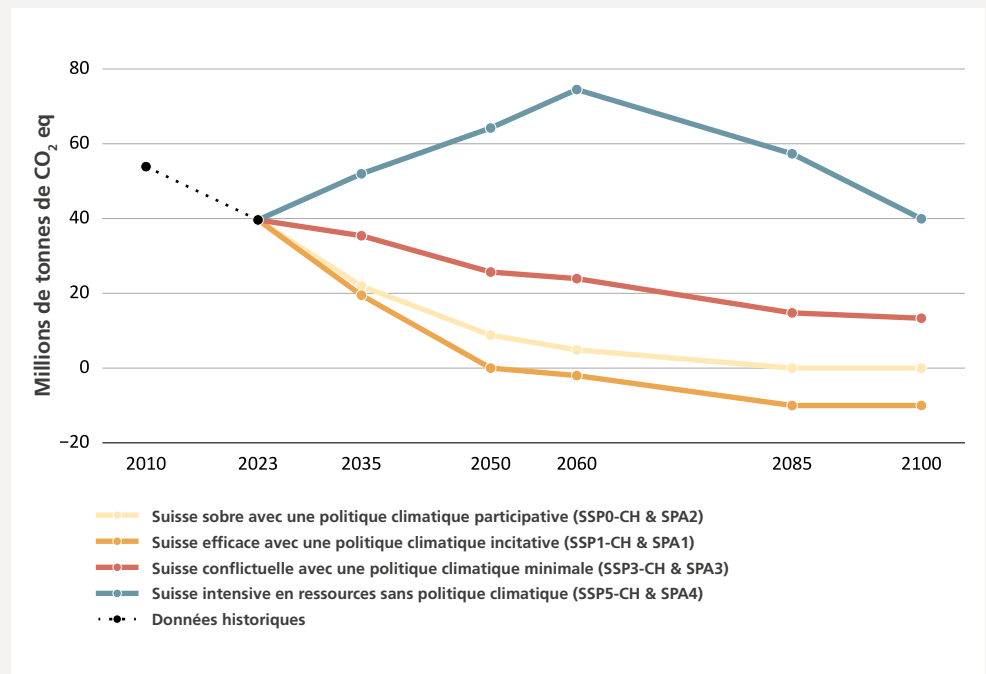
La figure 12 présente un aperçu des émissions totales de gaz à effet de serre dans les quatre scénarios d'avenir envisagés. Dans trois de ces scénarios, les émissions diminuent. C'est dans le scénario «Suisse efficace avec une politique climatique incitative» que cette diminution est la plus forte, car l'efficacité y va de pair avec une politique climatique ambitieuse et efficace. Grâce à sa forte performance économique, ce scénario dispose des ressources nécessaires pour investir massivement dans le captage du carbone (CCS) et les technologies à émissions négatives (NET), de sorte que l'objectif de zéro émission nette soit atteint vers 2050 et que les émissions continuent ensuite à diminuer.

Dans le scénario «Suisse intensive en ressources sans politique climatique», les émissions augmentent fortement jusqu'en 2060 en raison d'un mode de vie intensif en ressources, associé à une politique qui encourage activement l'utilisation des énergies fossiles. En raison du ralentissement de l'activité économique et de la diminution de la population, les émissions reviendront à leur niveau initial de 2023 vers la fin du siècle.

Dans le scénario «Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale», les émissions diminuent principalement en raison du recul de la performance économique et de la réduction (involontaire) de la consommation privée. Les éléments de la politique climatique ont plutôt tendance à augmenter les émissions, car les mesures existantes sont assouplies. Les émissions diminuent, mais restent à environ 50% du niveau actuel jusqu'à la fin du siècle.

Le scénario «Suisse sobre avec une politique climatique participative» permet de réduire rapidement les émissions grâce à un mode de vie sobre et respectueux du climat. Toutefois, cette baisse est moins prononcée que dans le scénario «Suisse efficace avec une politique climatique incitative» en raison de la lenteur des progrès techniques, de la politique climatique peu interventionniste et des investissements moindres dans le CSC et les NET. Les émissions ne deviennent jamais négatives.

Fig. 12: Émissions de gaz à effet de serre des quatre scénarios



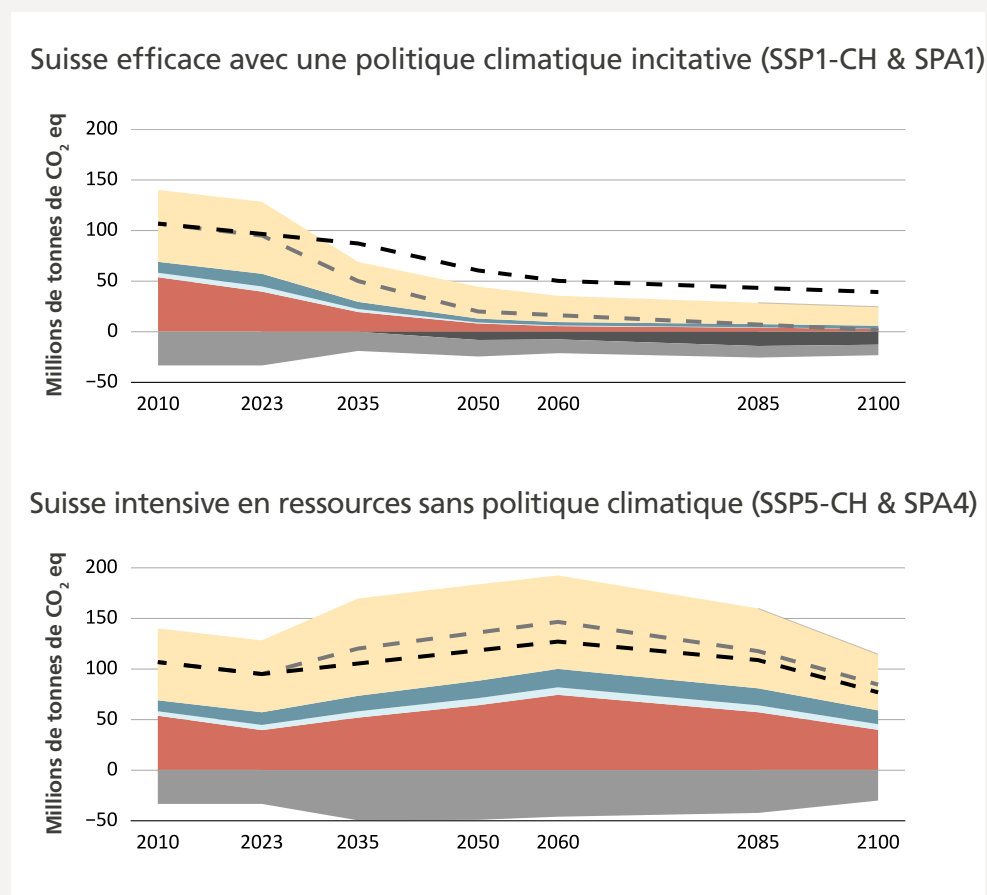
## LIMITES DU SYSTÈME ÉLARGIES: ÉMISSIONS AÉRIENNES ET COMMERCE EXTÉRIEUR

Les résultats de la modélisation présentés jusqu'à présent montrent les émissions directes de gaz à effet de serre générées en Suisse pour les quatre scénarios d'avenir considérés. Cela correspond au rapport sur les gaz à effet de serre de la Suisse établi conformément aux directives internationales (inventaire des gaz à effet de serre). Il est toutefois judicieux d'étendre les limites du système aux éléments suivants:

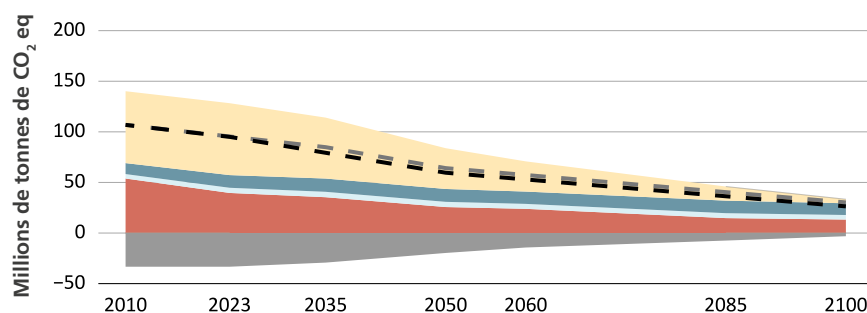
- Émissions internationales liées au transport aérien: celles-ci ne figurent dans l'inventaire national des gaz à effet de serre qu'à titre informatif et ne sont pas prises en compte dans l'évaluation des objectifs. Outre les émissions directes de CO<sub>2</sub> résultant de la combustion du kérosène, les effets climatiques des émissions autres que le CO<sub>2</sub> sont également indiqués ici. Pour ce faire, conformément à la pratique courante, les émissions de CO<sub>2</sub> sont multipliées par un facteur fixe qui se situe à peu près au milieu de la fourchette indiquée dans la littérature spécialisée.
- Émissions liées à l'importation et à l'exportation de marchandises: la Suisse se voit attribuer les émissions générées à l'étranger lors de la production de marchandises importées sur son territoire. En contrepartie, les émissions générées en Suisse pour la production de marchandises exportées sont déduites.

La figure 13 montre les émissions de gaz à effet de serre modélisées en tenant compte du trafic aérien international ainsi que des émissions générées par les activités d'importation et d'exportation de la Suisse. La modélisation de ces émissions est entachée d'incertitudes plus importantes que celle des émissions directes en Suisse, notamment parce que les données disponibles sur les émissions liées aux importations et aux exportations sont insuffisantes et parce que l'approche méthodologique utilisée est simple. Les résultats doivent donc être considérés comme des ordres de grandeur approximatifs visant à compléter le tableau des émissions directes.

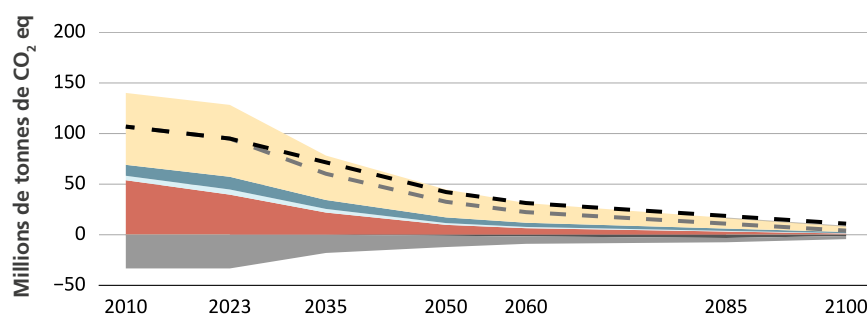
**Fig. 13:** Émissions de gaz à effet de serre des quatre scénarios dans les limites élargies du système



### Suisse conflictuelle avec une politique climatique minimale (SSP3-CH & SPA3)



### Suisse sobre avec une politique climatique participative (SSP0-CH & SPA2)



- Total avec SPA-aujourd'hui
- - Total (net)
- Importations
- Trafic aérien international (hors CO<sub>2</sub>)
- Trafic aérien international (CO<sub>2</sub>)
- Émissions directes en Suisse
- NET (étranger)
- Exportations

«Total (net)» correspond à la somme des émissions positives et négatives. Les émissions des secteurs considérés jusqu'à présent selon l'inventaire des gaz à effet de serre sont regroupées pour plus de clarté («Émissions directes en Suisse»). Seules les émissions négatives NET (étranger) sont représentées séparément.

Dans chaque scénario, les émissions liées aux importations sont supérieures aux émissions directes en Suisse. Les émissions importées diminuent avec le temps, car la modélisation part du principe, dans tous les scénarios, que les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de biens diminuent à l'étranger de manière similaire à celle observée en Suisse, bien qu'à un rythme légèrement plus lent. De plus, dans certains scénarios (notamment «Suisse sobre avec une politique climatique participative»), la quantité de biens importés diminue. D'une manière générale, l'évolution des émissions importées au fil du temps est similaire à celle des émissions directes. Toutefois, leur part relative aux émissions totales augmente dans les limites élargies du système. La raison en est que la quantité importée et les émissions à l'étranger liées à la production de ces biens diminuent plus lentement que le total des émissions directes suisses. Cela est clairement visible, par exemple, dans le scénario «Suisse efficace avec une politique climatique incitative», dans lequel les émissions importées représentent la plus grande part des émissions de gaz à effet de serre au cours de la seconde moitié du siècle.

Les émissions exportées sont également considérables. Dans tous les scénarios, leur volume est toutefois inférieur à celui des émissions importées. Cela s'explique par le fait que la Suisse importe davantage de biens qu'elle n'en exporte et que sa production est en moyenne plus efficace en termes d'émissions de gaz à effet de serre que celle des autres pays. La modélisation part du principe que cette situation ne changera pas fondamentalement.

Si les émissions du trafic aérien sont inférieures à celles des autres secteurs, elles restent néanmoins significatives. De plus, leur poids relatif augmente avec le temps, car l'importance de l'aviation internationale diminue plus lentement que celle des autres secteurs et, selon les hypothèses du modèle, les avions continueront à utiliser une part considérable d'énergies fossiles pendant longtemps. Par ailleurs, les effets non liés au CO<sub>2</sub> se produisent indépendamment de la nature de l'énergie consommée par les avions, qu'elle soit fossile ou renouvelable (biogène ou synthétique).

Dans les modélisations avec une limite du système élargie, les émissions totales sont supérieures aux émissions directes de la Suisse. Cela vaut pour tous les scénarios et toutes les années. De plus, aucun scénario avec une limite du système élargie n'atteint l'objectif de zéro émission nette, notamment parce que les émissions négatives achetées à l'étranger ne suffisent pas à y parvenir. Le scénario «Suisse sobre avec une politique climatique participative» atteint toutefois des émissions quasi nulles à la fin du siècle. De plus, dans ce scénario avec des limites élargies, la Suisse génère moins d'émissions que dans le scénario « Suisse efficace avec une politique climatique incitative», car dans ce dernier, les émissions diminuent moins fortement dans le cadre de l'analyse élargie.

## ENCADRÉ 3 | CHANGEMENT D'UTILISATION DES SOLS

Une analyse complémentaire a permis d'examiner la répartition des surfaces par classe d'utilisation des sols selon les scénarios SSP-CH. À cet effet, le modèle Evoland développé à l'ETH Zurich a été utilisé.<sup>6</sup> Ce modèle représente l'utilisation des sols en Suisse sous la forme de cellules organisées en grille à une résolution de 100 m x 100 m, et distingue dix classes: terres arables, alpages, cultures pérennes, forêts fermées, forêts ouvertes, zones urbanisées, pâturages et prairies, zones arbustives, glaciers et autres surfaces. Les plans d'eau (lacs, rivières) ne sont pas explicitement modélisés, car le modèle part du principe que ces surfaces n'évoluent pas de manière significative au fil du temps.

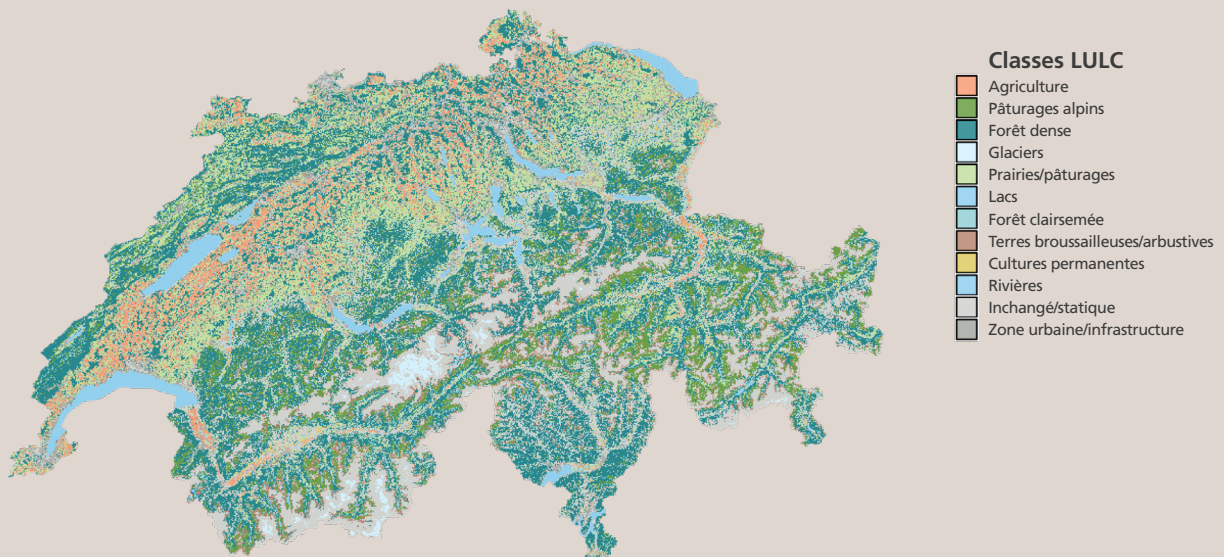
Le modèle calcule les probabilités de transition d'une classe d'utilisation des sols à une autre pour différentes périodes. Pour ce faire, les proportions de chaque classe d'utilisation des sols au cours de la dernière année de la simulation sont d'abord déterminées à l'aide des paramètres du scénario (objectif), puis calculées à rebours. Les interactions locales entre les cellules et les types de changements d'état qui en résultent sont ensuite calculés en tenant compte des restrictions spatiales (notamment les facteurs environnementaux, les infrastructures, les conditions régionales et les réglementations).

La modélisation montre l'évolution de l'utilisation des sols de 2020 à 2100, notamment sous forme de cartes raster (voir exemple ci-dessous), de diagrammes de Sankey et de cartes des changements (cartes raster indiquant les entrées et sorties des différentes classes d'utilisation des sols) par tranches de cinq ans.<sup>7</sup>

6 Le développeur du modèle Evoland, Benjamin Black, a effectué les calculs du modèle dans le cadre du projet NCCS sur les scénarios socio-économiques (SSP-CH).

7 Une présentation détaillée des données utilisées ainsi que les résultats complets sont disponibles sur la [page du projet](#) et à l'adresse <https://doi.org/10.5281/zenodo.17108008>.

**Fig. 14:** SSP1-CH – Répartition des classes d'utilisation des sols en Suisse en 2100.



# CONCLUSION ET APPLICATIONS POSSIBLES

Les scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH) et les ensembles d'instruments de politique climatique (SPA) élaborés dans le cadre du projet s'appuient sur le cadre global SSP développé par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Ils décrivent des évolutions cohérentes et plausibles pour la Suisse jusqu'en 2100, sans leur attribuer de probabilité de réalisation. Ils couvrent un large éventail de changements sociétaux, économiques et technologiques et complètent ainsi les travaux prospectifs existants de l'administration fédérale. Les SPA permettent d'analyser les effets des politiques climatiques dans le contexte de différentes évolutions socio-économiques. Tous les scénarios étudiés sont exploratoires: ils décrivent des relations de cause à effet et ne visent pas à atteindre des objectifs prédéfinis.

## CONCLUSION: LA COMBINAISON DES ÉVOLUTIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET DES INSTRUMENTS DE POLITIQUE CLIMATIQUE EST DÉTERMINANTE POUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Les résultats des modélisations illustrent les effets d'hypothèses très différentes sur les développements socio-économiques futurs et les politiques climatiques, en ce qui concerne la consommation finale d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre:

- Les évolutions observées jusqu'à présent en matière de conscience environnementale, de technologie et d'efficacité, ainsi que la politique climatique menée jusqu'à présent, constituent des moteurs solides pour la réduction des émissions au cours de ce siècle. Selon les hypothèses des scénarios SSP1-CH «*Suisse efficace*» et SSP0-CH «*Suisse sobre*», les émissions diminuent déjà considérablement au fil du temps, même sans nouvelles interventions politiques, notamment en raison de la forte conscience environnementale de la population, associée à une efficacité élevée (SSP1-CH) ou à une réduction consciente de la consommation (SSP0-CH). Toutefois, l'objectif de zéro émission nette ne sera atteint dans ces deux scénarios SSP-CH qu'avec des instruments supplémentaires de politique climatique.
- Même une évolution économique négative, une réduction des relations internationales et une perte de prospérité, comme le suppose le scénario SSP3-CH «*Suisse conflictuelle*», conduisent à long terme à une réduction des émissions de gaz à effet de serre en Suisse.
- Dans le scénario SSP5-CH «*Suisse intensive en ressources*», les émissions augmentent fortement en raison d'une croissance soutenue et intensive en ressources, ainsi que de la suppression quasi totale des instruments de politique climatique. À long terme, elles reviennent à leur niveau actuel en raison de la contraction économique.

D'une manière générale, le «climat social» représenté dans les scénarios socio-économiques (SSP-CH) a une grande influence sur l'évolution des émissions: il englobe la poursuite du cadre politique climatique déjà en place aujourd'hui, ainsi que les évolutions sociétales et les politiques qui ne poursuivent pas directement un objectif de protection du climat.<sup>8</sup> Celles-ci peuvent influencer indirectement les émissions, par exemple en déclenchant des évolutions dans d'autres domaines sociaux ayant un impact sur le climat, comme la conscience environnementale de la société ou l'innovation technique.

<sup>8</sup> Elles sont donc prises en compte dans le SSP-CH, mais pas dans les instruments supplémentaires de politique climatique SPA.

Dans tous les scénarios (SSP-CH), une politique climatique ambitieuse et incitative est nécessaire pour atteindre l'objectif de zéro émission nette, voire pour parvenir à des émissions négatives dans certains cas, comme l'exige l'Accord de Paris. La neutralité carbone ne pourra être atteinte que si les émissions difficilement évitables (provenant par exemple de l'industrie et de l'agriculture) sont captées et stockées au moyen du captage et du stockage du carbone (CSC) ou compensées par des technologies à émissions négatives (NET). Tous les scénarios (SSP-CH) nécessitent des ensembles supplémentaires d'instruments de politique climatique (SPA) pour y parvenir.

## APPLICATIONS POSSIBLES DU CADRE DE SCÉNARIOS ET DE MODÉLISATION DÉVELOPPÉ DANS LE CADRE DU PROJET

Le cadre développé dans le projet – comprenant des scénarios socio-économiques pour la Suisse (SSP-CH), des ensembles de mesures climatiques (SPA) et un modèle d'émissions simplifié – peut être utilisé dans d'autres applications:

- **Travaux de scénarisation étendue:** les modèles SSP-CH et SPA peuvent également être utilisés pour d'autres travaux de scénarisation pour lesquels il convient d'examiner de longues périodes et un éventail plus large d'évolutions futures possibles. Les applications possibles sont, par exemple, les analyses de risques intégrées, les travaux de scénarisation dans le cadre du programme SWEET, les perspectives énergétiques élargies ou les scénarios d'adaptation au changement climatique.
- **Approfondissements sectoriels:** la méthode présentée ici pourrait également être approfondie pour certains secteurs, par exemple dans le cadre de scénarios sur l'interaction entre le système énergétique et les nouvelles évolutions numériques, telles que le déploiement à grande échelle d'applications d'intelligence artificielle.
- **Développement des approches de modélisation:** les hypothèses, les paramétrages, les modules et les résultats du modèle pourraient être affinés. Le module sur les émissions liées aux activités d'importation et d'exportation de l'économie suisse, par exemple, a été considérablement simplifié et pourrait être développé davantage.
- **Large application de la modélisation des émissions:** le modèle pourrait servir de base à d'autres études sur les trajectoires d'émissions possibles, en accordant par exemple une attention accrue aux technologies à émissions négatives ou à l'interaction avec les émissions liées à l'utilisation des sols (dans le présent projet, les changements d'utilisation des sols modélisés séparément ne sont pas pris en compte dans les flux de CO<sub>2</sub>).