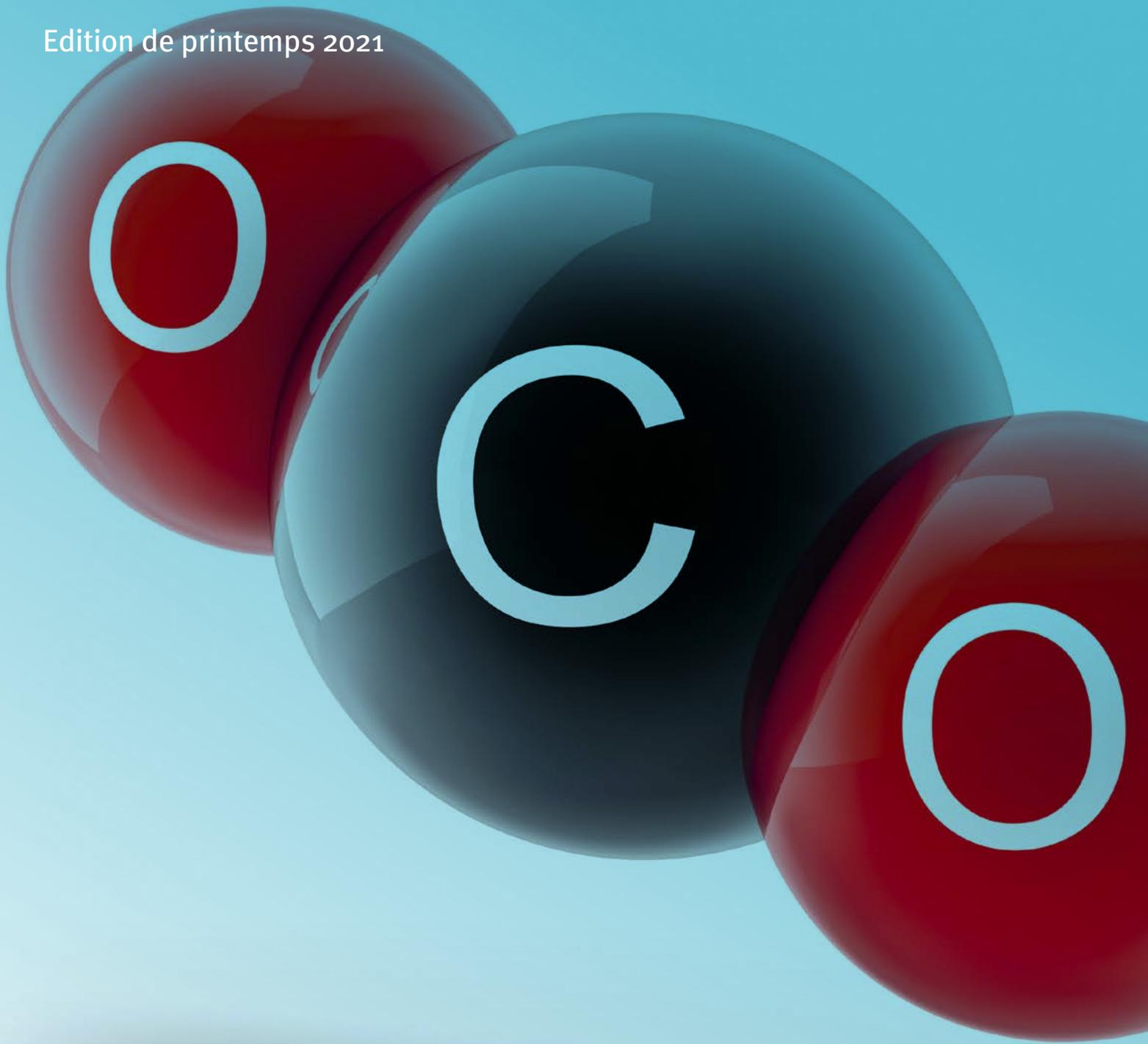


AVENUE

Edition de printemps 2021



Dioxyde de carbone

Les faits sur le gaz climatique

A portrait of Roland Bilang, a man with short dark hair and glasses, wearing a dark suit jacket, a light-colored shirt, and a dark tie. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter.

«Initiatives du secteur privé
pour la protection du climat étaient
de succès au cours
des dernières années.»

Roland Bilang
Directeur Avenenergy Suisse

Le terme de dioxyde de carbone, ou CO₂, est actuellement sur toutes les lèvres. On ne parle pas ici du pétilllement agréable au palais, mais d'une angoisse liée à une véritable menace. On évoque le «destructeur du climat» par excellence – c'est ainsi qu'on qualifie le CO₂ à cause de ses effets de gaz à effet de serre. Le CO₂ domine depuis longtemps l'agenda de la politique environnementale et énergétique. Pendant plus de deux ans, les chambres fédérales se sont penchées sur la révision de la loi sur le CO₂, sur laquelle le peuple pourra se prononcer le 13 juin prochain. Certains débats ont été – et sont toujours – menés avec acharnement. Les désirs et la réalité, les objectifs et la faisabilité semblent souvent s'enchevêtrer. Et cela ne concerne pas seulement la Suisse. Désormais, depuis que les pays se sont mis d'accord, lors de la Conférence sur le climat de Paris fin 2015, sur une feuille de route en matière de politique climatique pour la période d'après 2020, l'orientation internationale, en particulier dans les pays d'Europe, est claire: les émissions de CO₂ doivent être réduites. Ou plutôt: elles doivent disparaître.

L'industrie pétrolière fournit au monde cette source d'énergie fossile encore indispensable. Que cela semble cohérent ou paradoxal: cette industrie se préoccupe intensivement de réduire les émissions de CO₂. C'est pourquoi nous avons trouvé un intérêt à nous pencher précisément maintenant sur la question du CO₂.

Dans le nouveau numéro d'Avenue, nous voulons consacrer toute notre attention à cette substance apparemment familière, mais qui reste manifestement si mystérieuse pour beaucoup. Nous n'avons pas la prétention de diffuser des nouvelles sensationnelles. Mais nous parviendrons peut-être à fournir une vue d'ensemble susceptible d'être encore consultée dans quelques mois. Car une chose est claire: la protection du climat et le CO₂ continueront à dominer le discours politique et social pendant de nombreuses années encore.

En guise d'introduction, nous aimerions récapituler ce qu'est le CO₂: le dioxyde de carbone est en effet bien plus qu'un «gaz à effet de serre», il est à l'origine de toute vie organique sur la planète. Le fait que le CO₂, comme l'eau, évolue de manière cyclique et soit stocké dans des réservoirs est pertinent pour résoudre le problème climatique. Ce numéro met également en lumière le rôle d'autres gaz à effet de serre. Nous nous interrogeons sur le point de savoir où en sont aujourd'hui la communauté internationale et notre pays dans leurs efforts pour réduire les émissions de CO₂ et celles des autres gaz à effet de serre. Enfin, nous présentons diverses initiatives de l'économie et des secteurs particulièrement touchés et la contribution qu'ils peuvent apporter à un avenir plus respectueux du climat. Plusieurs approches innovantes du secteur privé en matière de réduction des émissions ont été couronnées de succès au cours des dernières années; nous aimerions que cela continue.

Malgré le sérieux du sujet, nous espérons que vous apprécierez la lecture d'Avenue.

Entre 1982 et 2009, la quantité d'espaces verts sur la terre a augmenté de 25 à 50%.
La raison principale de la végétalisation de la terre est l'augmentation de la teneur en CO₂ dans l'air.

rapport à l'air est de 1,52. À forte concentration, il peut donc former une nappe au-dessus du sol dans une pièce fermée et en chasser l'oxygène, ce qui peut conduire à l'asphyxie, comme le montrent les exemples tragiques de personnes qui ne parviennent pas à se libérer d'une fosse à purin après y être tombées.

Comme toutes les substances, le CO₂ peut prendre n'importe quel état d'agrégation. Dans des conditions atmosphériques, il est gazeux. À des températures inférieures à moins 78,5 degrés Celsius, il est solide. C'est ce qu'on appelle la neige carbonique. Placée dans un environnement à température ambiante, cette neige ne fond pas comme l'eau. Au contraire, elle passe immédiatement à l'état de vapeur (sublimation).

Cet effet est souvent utilisé dans l'industrie du divertissement, car en raison du refroidissement qui se produit lors de la sublimation, l'humidité ambiante se condense en brouillard – une astuce que les réalisateurs aiment utiliser de temps en temps pour créer une atmosphère effrayante.

Du carbone stocké et gratuit

La majeure partie du carbone est stockée sous terre. Le graphite ou le diamant, minéral le plus dur qui soit, en sont des exemples. La plus grande part du carbone est stockée sous forme de roche carbonatée inorganique. Il s'agit de dolomite et de calcaire.

Ainsi, la production de ciment, qui s'effectue à partir de calcaire, implique toujours des émissions de CO₂. Toutefois, ces dernières années, l'industrie a réussi à réduire considérablement par différentes mesures les émissions de dioxyde de carbone dans la production de ce matériau de construction indispensable (voir pages 26–27).

La proportion de CO₂ dans l'air n'est que de 0,04% – l'azote constitue la plus grande partie des gaz atmosphériques (78%), suivi par l'oxygène (21%), l'argon (1%) et d'autres gaz à l'état de traces comme le CO₂.

Pas de vie sans CO₂

Le carbone est à la base de la vie telle que nous la connaissons. C'est un «matériau de construction» indispensable pour les arbres, par exemple. En effet, dans le processus connu sous le nom de photosynthèse, les plantes vertes ne produisent pas seulement de l'oxygène essentiel à la vie hu-

maine. Elles extraient également le carbone de l'atmosphère et l'utilisent pour construire des cellules en le convertissant en glucose. Cette biomasse contenant des glucides constitue une base importante pour tous les organismes.

Les plantes ne reçoivent pas du sol le carbone dont elles ont besoin (elles n'en obtiennent que de l'eau et des nutriments tels que le nitrate), mais absorbent le CO₂ de l'air. À partir de là, les plantes forment ensuite des composés carbonés complexes.

Le bois sec est donc composé à 50% de carbone, à 43% d'oxygène et à 1% d'azote ainsi que d'autres oligo-éléments.

Le CO₂ étant éliminé de l'air dans le processus décrit, les plantes vertes peuvent être considérées comme de véritables réservoirs de dioxyde de carbone. C'est pourquoi on parle aussi de «puits de carbone». Lorsque le bois, le charbon ou même le pétrole sont brûlés, le CO₂ est à nouveau libéré et rejeté dans l'atmosphère.

Le cycle correspondant dans la combustion du bois et du pétrole est comparable. Cependant, les horizons temporels sont différents. Tandis que le bois repousse en quelques années, le pétrole s'est créé sous haute pression et à haute température dans les profondeurs de la terre pendant des millions d'années.

Grâce au CO₂, la terre est plus verte

On est tenté d'en conclure que la terre devient plus verte à mesure que la teneur en CO₂ dans l'atmosphère augmente. Une équipe de la «Chinese Academy of Sciences» de Pékin a enquêté pour savoir si c'est effectivement le cas. Son travail, publié dans le magazine Nature en 2016 sous le titre «Greening of the earth and its drivers – Nature Climate Change» confirme cette hypothèse. Selon cette étude, les espaces verts ont augmenté de 25 à 50% entre 1982 et 2009.

Les résultats de l'enquête sont fondés sur des analyses d'images satellites. Selon les calculs du modèle, l'augmentation de la teneur en CO₂ est responsable d'environ 70% de la végétalisation de la planète. D'autres facteurs sont les efforts de fertilisation dans l'agriculture et le climat généralement plus chaud.

Cette distinction entre les facteurs de croissance que constituent la fertilisation au CO₂ et l'effet de réchauffement devrait être intégrée aux modèles climatiques. Ce n'est pas le cas actuellement.

Qu'est-ce que le CO₂?

Invisible, incolore, inodore, non toxique – et essentiel à la vie.

Il ne se passe pas un jour sans que le CO₂ ne fasse la une des journaux. Beaucoup le considèrent comme nocif, voire toxique. Cela tient notamment au fait que les articles de journaux et les reportages télévisés sont souvent illustrés par des cheminées fumantes et d'épais nuages de gaz d'échappement. Cette image ne correspond cependant pas du tout à la réalité.

Le CO₂ est un gaz invisible, incolore, inodore et non toxique. Sa molécule est une chaîne droite avec une double

liaison. Il se compose de deux parties d'oxygène et d'une partie de carbone entre les atomes d'oxygène. C'est un gaz très soluble dans l'eau. Le CO₂ se lie à l'eau (H₂O) pour former de l'acide carbonique (H₂CO₃). Si vous ouvrez une bouteille d'eau minérale, par exemple, le gaz s'en échappe. Voilà pourquoi la boisson pétille.

Le dioxyde de carbone étant un gaz incombustible, il est également utilisé dans les extincteurs. Cependant, il n'est pas totalement inoffensif, car la densité relative du CO₂ par



6 Le cycle du carbone de la terre

Le système «Terre» est considéré comme un système fermé dans lequel la teneur totale en dioxyde de carbone (CO₂) est constante.

Le cycle du carbone se compose de quatre sous-systèmes: **atmosphère, hydrosphère, biosphère, lithosphère**. Chacun de ces sous-systèmes constitue un **puits de carbone**. Un **échange constant de dioxyde de carbone** a lieu entre les puits ou sous-systèmes lorsque les composés contenant du carbone sont transformés par des processus chimiques, physiques, géologiques et biologiques. La connaissance du cycle du carbone permet, entre autres, d'évaluer l'intervention de l'homme sur le climat et donc son impact sur le réchauffement climatique, mais aussi d'y répondre de manière appropriée.

L'atmosphère de la terre est l'**enveloppe gazeuse de la surface de la terre et l'une des sphères terrestres**. Elle présente une forte teneur en azote et en oxygène et donc des conditions oxydantes.

Depuis des millions d'années, il existe un **équilibre dynamique entre le carbone de l'air (CO₂ atmosphérique) et celui de la biosphère**. Les plantes utilisent le CO₂ atmosphérique pour fabriquer des substances endogènes à l'aide de la lumière du soleil.

Hydrosphère
Puits de CO₂
40 600 Gt

L'hydrosphère comprend la **totalité de l'eau de la terre**. Cela inclut également les calottes polaires, les nappes glaciaires et les glaciers. Le dioxyde de carbone confiné dans la glace ne participe pas aux processus d'échange rapide avec l'atmosphère.

Contrairement à l'atmosphère et à la lithosphère, les eaux de l'hydrosphère ne forment nulle part une enveloppe uniforme tout autour de la terre. Elle est interrompue en de nombreux endroits par des îles et limitée par les continents.

78 Gt/a

80 Gt/a

9 Gt/a

123 Gt/a

120 Gt/a

Industrie, Ménages, Transports



Lorsqu'on brûle des **combustibles fossiles, on introduit dans le cycle du carbone des hydrocarbures que celui-ci a perdu il y a des millions d'années**. L'équilibre dynamique entre le carbone atmosphérique et le carbone organique s'est adapté à cette situation sur une période extrêmement longue. **En raison de la réintroduction rapide du carbone, le gaz à effet de serre CO₂ s'accumule de plus en plus dans l'atmosphère, contribuant ainsi au réchauffement de la planète.**

Pétrole

Lithosphère
Puits de CO₂
4800 Gt

La lithosphère est constituée de la **croûte terrestre et des couches les plus externes**, et la partie la plus externe du manteau. On y trouve les réserves de pétrole.

Il y a au moins quatre fois plus de carbone dans le sol que dans l'atmosphère.

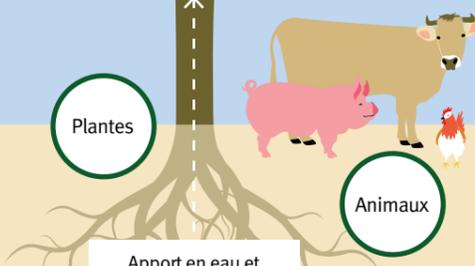


Biosphère
Puits de CO₂
520 Gt

La biosphère désigne ici la **totalité des espaces dans lesquels se trouvent des êtres vivants**. Elle s'étend approximativement de 5 km sous la surface de la terre à 60 km au-dessus de sa surface. Ses zones inférieures et supérieures sont habitées exclusivement par des micro-organismes.

De ce fait, le développement de la vie à partir du carbone n'est possible que si les organismes vivants tirent parti des cycles de carbone globaux et créent eux-mêmes un cycle de carbone fermé.

Le carbone stocké dans la biomasse est renvoyé dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone au bout d'un certain temps. Cela se produit de différentes façons: Lorsqu'une plante ou un animal meurt, la matière contenant du carbone s'oxyde en CO₂. Lorsque nous mangeons un aliment, comme une pomme, nous transformons le glucose contenu dans cet aliment, ce qui produit également du dioxyde de carbone.



Gt = gigatonnes (milliards de tonnes)
Gt/a = milliards de tonnes par an

Comment se crée l'effet de serre

Le rayonnement infrarouge fait vibrer la molécule de CO_2 . Une vibration plus forte est perçue comme une température plus élevée – comme un effet de serre. Aussi banal que cela puisse paraître, il n'existe pas de simple chaîne de cause à effet dans le système climatique.

Toutes les substances et tous les gaz ayant une incidence sur le climat – y compris le fameux CO_2 , mais aussi la vapeur d'eau, qui n'est presque jamais mentionnée dans le débat sur le climat – ont la propriété de laisser passer assez librement le rayonnement solaire à ondes courtes, mais d'absorber partiellement le rayonnement à ondes longues réfléchi par la terre.

Le dioxyde de carbone, par exemple, absorbe le rayonnement électromagnétique dans la plage des infrarouges. Cela entraîne une vibration qui est perçue comme une température plus élevée. Cet effet a été découvert par Joseph Fourier dès 1824. Une description quantitative a été effectuée par Svante Arrhenius en 1896.

Sans cet effet de réchauffement causé par les gaz à effet de serre naturels, la vie sur terre serait difficilement possible, car l'effet de serre est responsable du fait que la température moyenne à proximité du sol se situe autour de 15 degrés Celsius. S'il n'y avait pas de

gaz à effet de serre, la température serait de moins 18 degrés Celsius.

Mesure de l'IPCC: Le forçage radiatif

Ainsi, tandis que l'effet de serre naturel est vital, la contribution de l'homme au réchauffement climatique est considérée comme néfaste. Le rapport sur le climat «Changements climatiques 2013: Bases scientifiques physiques» de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) évalue cette influence selon le principe du «forçage radiatif». Il s'agit d'une mesure du bilan énergétique de la terre par des facteurs externes, qui s'exprime en watts/m^2 . L'IPCC a introduit lui-même ce terme pour décrire l'influence des facteurs externes sur le système climatique de la Terre.

Les modèles ne tiennent cependant pas compte du gaz à effet de serre qui domine le climat, à savoir la vapeur d'eau. «Il n'est pas si simple de

répondre à la question de savoir quel est l'effet de l'augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre sur le climat», écrit le bureau fédéral allemand de l'environnement (UBA) sur son site web. Il n'existe tout simplement pas de simples chaînes de cause à effet dans le système climatique.

C'est pourquoi la modification d'un paramètre tel que le rayonnement entraîne la modification de nombreux paramètres: température, pression atmosphérique, évaporation et couverture nuageuse. En outre, on relève aussi des rétroactions positives et négatives, c'est-à-dire des amplifications et des affaiblissements des effets des processus.

Comme l'a montré l'étude des évolutions climatiques passées, les fluctuations des températures mondiales moyennes étaient déjà considérables par le passé. Elles varient sur des millions d'années de 9 à 16 degrés Celsius. Selon l'UBA, les principales causes sont les modifications des paramètres géo-astrophysiques (par exemple la constante solaire, les éléments de l'orbite terrestre), les modifications de la surface terrestre (dérive des continents, modification de l'utilisation des terres) et les modifications du bilan des matières de l'atmosphère (teneur en gaz à effet de serre et en petites particules en suspension, les aérosols).

Outre la variation des paramètres géo-astrophysiques, les modifications peuvent avoir des causes naturelles, par exemple le volcanisme, et des causes anthropiques, c'est-à-dire causées par l'homme.

S'il n'y avait pas de gaz à effet de serre, la température serait de moins 18 degrés Celsius au lieu de la moyenne de plus 15 degrés Celsius.

CO₂ & Cie – La famille des gaz à effet de serre

Le dioxyde de carbone n'est que l'un des nombreux gaz qui ont une incidence sur le climat. Si le méthane, le protoxyde d'azote et les hydrocarbures fluorés sont plus rares, leur impact sur le climat est beaucoup plus important que celui du CO₂.

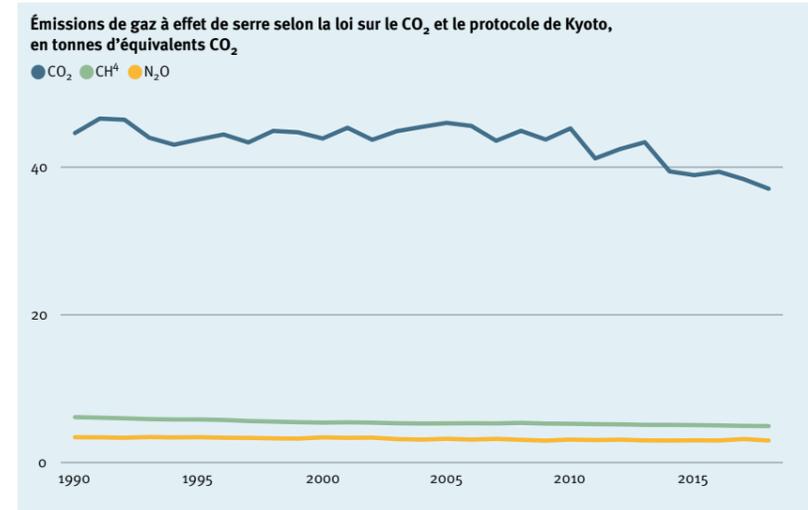
Bien que le CO₂ ne soit pas, loin s'en faut, le seul gaz à effet de serre, le discours public tourne presque exclusivement autour de ce gaz dans le débat sur le climat. En effet, on suppose d'une manière générale qu'environ 50% du changement climatique anthropique, c'est-à-dire provoqué par l'homme, est imputable au CO₂.

Les propos du bureau fédéral allemand de l'environnement (UBA) à cet égard sont plus nuancés. Sur son site web, l'autorité centrale allemande compétente en matière d'environnement, fondée en 1974, répertorie différents gaz à effet de serre. L'UBA écrit que les concentrations ont augmenté dans toute l'atmosphère depuis 1750: «Par exemple, les concentrations de dioxyde de carbone (CO₂) ont augmenté de plus de 35% jusqu'à 2005, celles de méthane (CH₄) de 148% et celles de monoxyde d'azote (N₂O) de 18% au niveau mondial par rapport aux niveaux de l'époque pré-industrielle.» Les raisons en sont multiples.

Outre la combustion des sources d'énergie fossiles, le rapport cite l'extension de la production industrielle, les changements de comportement dans l'utilisation des terres et

l'extension de l'élevage. «Des substances entièrement nouvelles telles que les chlorofluoro-carbures (CFC), les halons (qui contiennent des atomes de brome dans la molécule), les hydrocarbures entièrement fluorés (HFC), les hydrocarbures partiellement fluorés et l'hexafluorure de soufre (SF₆), qui sont presque toutes produites par l'homme, pénètrent également dans l'atmosphère», indique le rapport.

Bien que le CO₂ soit loin d'être le seul gaz à effet de serre et que son importance diminue en Suisse, il n'existe actuellement dans notre pays aucune mesure de réduction contraignante pour les émissions de méthane et de protoxyde d'azote, qui, selon l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), sont «produites majoritairement dans l'agriculture». Il n'existe pas non plus de régimes de sanctions.



Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre de la Suisse diminuent. Absolu en millions de tonnes de CO₂eq par an

Vue d'ensemble des gaz à effet de serre

Gaz à effet de serre	Origine	Concentration dans l'atmosphère	Effet de serre
Vapeur d'eau H ₂ O	naturelle	variable	Responsable d'environ 60% de l'effet de serre total (= anthropique et naturel)
Dioxyde de carbone CO ₂	Naturel et anthropique	400 ppm Durée de séjour de plusieurs centaines d'années	Le CO ₂ contribue à environ la moitié de l'effet de serre anthropique. Standard = 1
Méthane CH ₄	Naturel (décomposition anaérobie de matière organique, dégel des sols permafrost) et anthropique (décharges, stations d'épuration des eaux usées, extraction de gaz fossiles)	1,8 ppm Durée de séjour de 12 ans; est transformé en CO ₂	Environ 25 fois l'effet du CO ₂ , contribue à environ 15-20% de l'effet de serre anthropique
Protoxyde d'azote N ₂ O	Principalement anthropique (fertilisation à l'azote, élevage industriel)	0,3 ppm	Environ 365 fois l'effet du CO ₂ , contribue à environ 5% de l'effet de serre anthropique
Gaz fluorés (HFC, CFC, NF ₃ , SF ₆)	Anthropiques (réfrigérants, propulseurs dans les aérosols, matériaux isolants, agents extincteurs, produits de nettoyage)	CFC en partie sévèrement restreints ou interdits pour protéger la couche d'ozone	De 100 à 24 000 plus élevés que le CO ₂ , contribuent à hauteur d'environ 17% à l'effet de serre anthropique

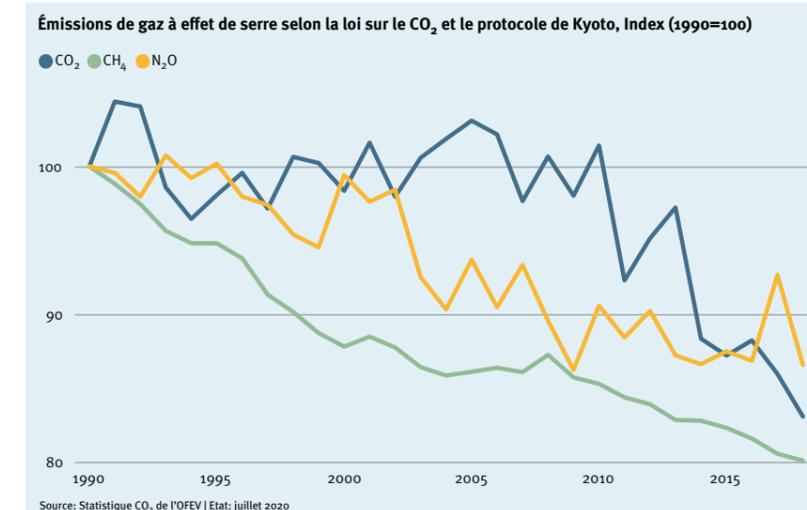
Selon l'inventaire des gaz à effet de serre, les émissions de CO₂ ont diminué de 17% entre 1990 et 2018, passant de 44,5 à 37 millions de tonnes. La part des émissions de gaz à effet de serre est restée constante, à environ 82,7%. Les émissions de méthane (CH₄) ont diminué de 20% pour atteindre 4,8 millions de tonnes de CO₂eq, et les émissions de protoxyde d'azote (N₂O) de 13% pour atteindre 2,9 millions de tonnes.

Les émissions de gaz synthétiques («gaz F»), en revanche, ont fortement augmenté: il s'agit des hydrocarbures fluorés (HFC) et des hydrocarbures perfluorés (PFC), principalement utilisés comme réfrigérants et dans les mousses pour l'isolation thermique, ainsi que du trifluorure d'azote (NF₃) et de l'hexafluorure de soufre (SF₆). Ce dernier est un gaz à effet de serre très efficace avec un potentiel de ré-

chauffement global de 22 800 – cela signifie qu'un kg de SF₆ a le même effet sur le climat que 22,8 tonnes de CO₂. Le NF₃ et le SF₆ sont utilisés par exemple dans la fabrication des cellules solaires. Ces émissions se sont multipliées par sept entre 1990 et 2008 et représentent aujourd'hui 1,7 million de tonnes de CO₂eq, soit 3,7% des émissions totales. Différente en cela de l'UE, qui reconnaît que les gaz fluorés ont un puissant effet de serre «pouvant être jusqu'à 23 000 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone» et que les émissions de gaz fluorés augmentent fortement, la Suisse n'a pas de réglementation complète sur les gaz fluorés, mais seulement un accord industriel sur le SF₆.

L'équivalence CO₂ standardise l'impact sur le climat

L'équivalence CO₂ fournit des informations sur l'impact climatique des différents gaz à effet de serre. L'impact climatique du dioxyde de carbone est désigné par le chiffre 1, les autres gaz à effet de serre sont définis par rapport au CO₂. Les émissions sont généralement indiquées en équivalents CO₂, abrégés en CO₂eq.



Source: Statistique CO₂ de l'OFEV | Etat: juillet 2020

«Paris» : promesse, engagement, chantier

Dans quelle mesure la convention est-elle contraignante, que signifie «Paris» concrètement? Quels progrès ont été réalisés? Le bilan provisoire fait l'effet d'une douche froide.

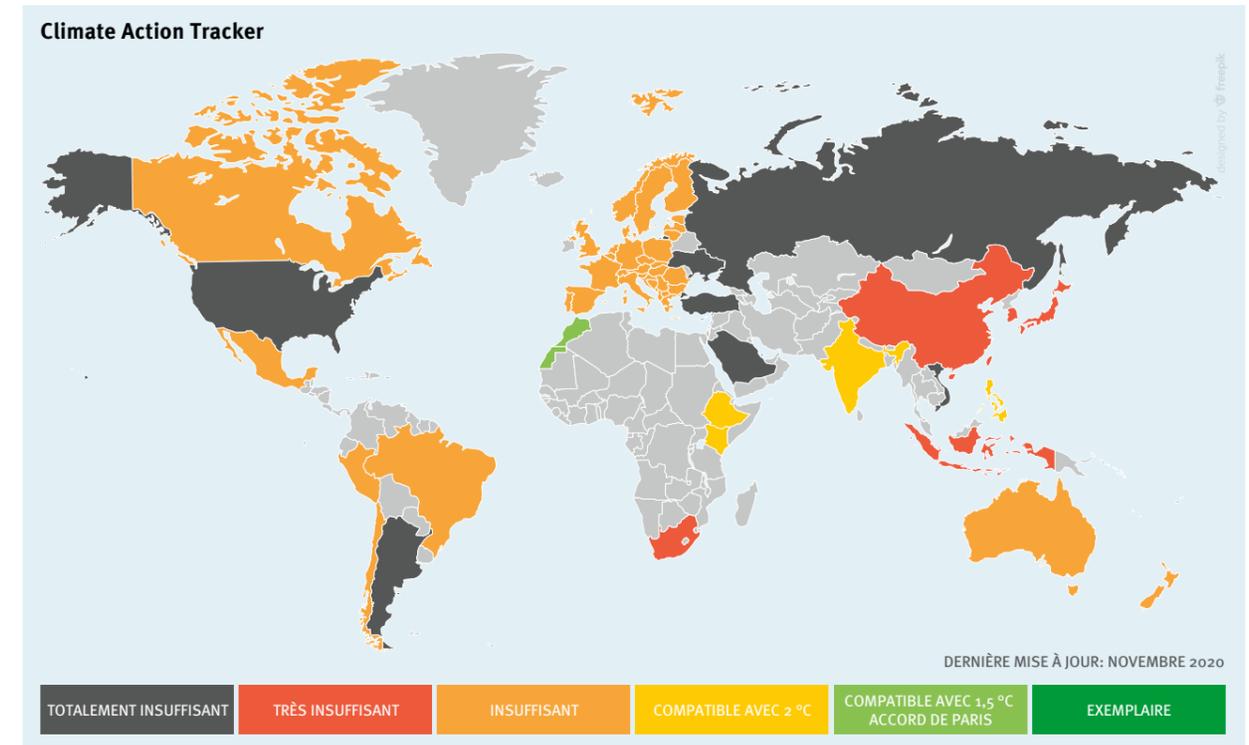
Le réchauffement climatique doit être limité. Le réchauffement moyen de la planète doit être nettement inférieur à 2 degrés, l'objectif visé est de 1,5 degré. Les participants à la conférence sur le climat qui s'est tenue à Paris fin 2015 se sont mis d'accord sur une feuille de route en matière de politique climatique pour la période d'après 2020. Depuis la ratification de 2017, les engagements pris par la Suisse sont considérés par de nombreux décideurs politiques, et surtout par les organisations de protection de l'environnement, comme une obligation à respecter strictement.

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont décevants. Selon l'Institut Potsdam pour la recherche sur l'impact climatique, par exemple, 37 887 millions de tonnes de CO₂ d'origine anthropique ont été émises dans le monde en 2018. Les pays qui émettent le plus de gaz sont la Chine, avec 11 256 millions de tonnes et 29,7% des émissions mondiales, les États-Unis (5275, 13,9%), l'Inde (2622, 6,9%), la Russie (1748, 4,6%), le Japon (1199, 3,1%) et l'Allemagne (753, 2,0%). Les émissions de CO₂ de la Suisse, en revanche, s'élevaient à peine à 37 millions de tonnes, ce qui correspond à un millième des émissions mondiales. En 2018, les émissions de CO₂ par habitant, à hauteur de 4,36 tonnes, étaient également nettement inférieures à celles de l'Allemagne, où les émissions par habitant étaient de 9,15 tonnes, soit plus du double de la valeur suisse.

Dans ce contexte, «Paris» signifie avant tout une promesse que les émissions de gaz à effet de serre pourraient

être réduites s'il existait tout simplement une volonté politique de le faire – combinée avec des interventions gouvernementales appropriées. L'accord laisse également entrevoir que les investissements dans la protection du climat ne seront pas rentables que dans un avenir lointain, et que la décarbonisation préservera la prospérité dans les pays industrialisés et permettra une croissance durable dans les pays en développement et émergents.

«Paris» représente effectivement un pas dans la bonne direction. Mais l'accord n'apporte pas le grand saut espéré.



Aucun pays industrialisé n'est sur la voie des deux degrés.
Source: climateactiontracker.org

La réalité de cette approche, qui exige une intervention considérable de l'État dans l'économie du libre-marché, n'est cependant pas tout à fait aussi rose. Il n'est pas certain que les promesses des accords de Paris puissent être tenues. De premières estimations montrent que les derniers objectifs de réduction pourraient limiter le réchauffement de la planète d'environ 2,9 degrés à 2,5 degrés d'ici 2100 – voire peut-être à 2,1 degrés si l'on tient compte des objectifs non contraignants de «zéro net». Sans aucune mesure, la température augmenterait d'environ 4,4 degrés selon les prévisions – on parle ici de «scénario de base». Face à ces scénarios, «Paris» représente effectivement un pas dans la bonne direction. Mais l'accord n'apporte pas le grand saut espéré.

De ces prévisions, les partisans de l'approche étatique de «Paris» tirent deux leçons. En premier lieu, les États responsables devraient revoir leurs ambitions à la hausse. En effet, actuellement, seulement 75 des 197 parties contractantes ont resserré leurs objectifs de réduction contraignants dans le cadre de la mise à jour 2020 des contributions déterminées au niveau national (NDC). Le traité stipule que des objectifs plus stricts doivent être fixés tous les cinq ans. Actuellement, aucun pays industrialisé n'est en voie de limiter le réchauffement à moins de 2 degrés. Ensuite, davantage d'États devraient prendre davantage de responsabilités. En effet, le fait est qu'outre la Chine et l'Indonésie, même les poids lourds de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) tels que le

Japon et la Corée du Sud se dirigent eux-mêmes vers les 3–4 degrés. La voie empruntée par les puissances régionales telles que la Turquie, la Russie ou encore l'Arabie Saoudite conduirait même à un réchauffement de plus de 4 degrés.

Compte tenu de ces réalités, on peut au moins se demander s'il sera possible d'atteindre les objectifs climatiques avec l'approche de «Paris», dominée par l'économie planifiée. La réponse à la question de savoir si les jeux de simulation sont efficaces reste également ouverte.

Les négociations montrent combien il est difficile pour les responsables politiques du climat de contenir leurs réflexes étatistes et protectionnistes. En principe, les parties conviennent que le commerce international des services de réduction des émissions doit lui aussi diriger des investissements correspondants vers les secteurs où ils soulageront le plus le climat mondial. Mais à ce jour, on ne sait pas encore très bien sous quelle forme les mécanismes du marché doivent être utilisés pour promouvoir concrètement la concurrence mondiale en matière de performances de réduction rentables. La prochaine conférence des Nations unies sur le changement climatique (COP26) à Glasgow montrera si les États signataires peuvent s'engager à définir, vérifier et comptabiliser les performances de réduction – ou si, comme par le passé, ils souhaitent sacrifier une protection climatique efficace au profit de grands gestes politiques finalement inefficaces pour le climat.

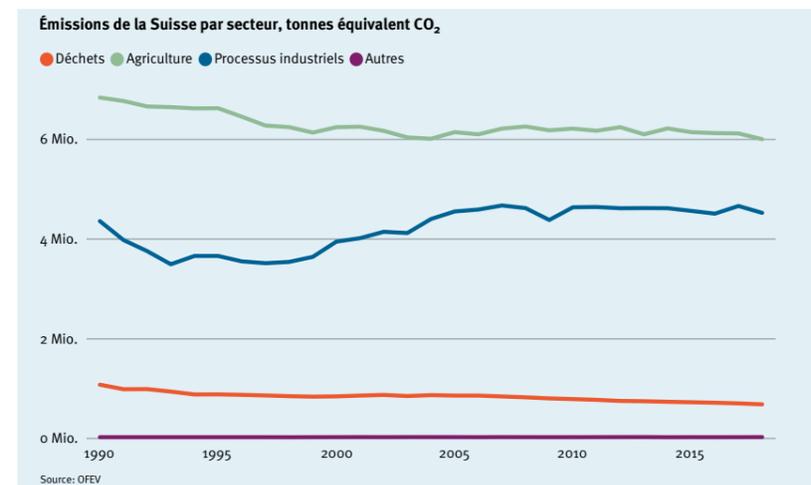
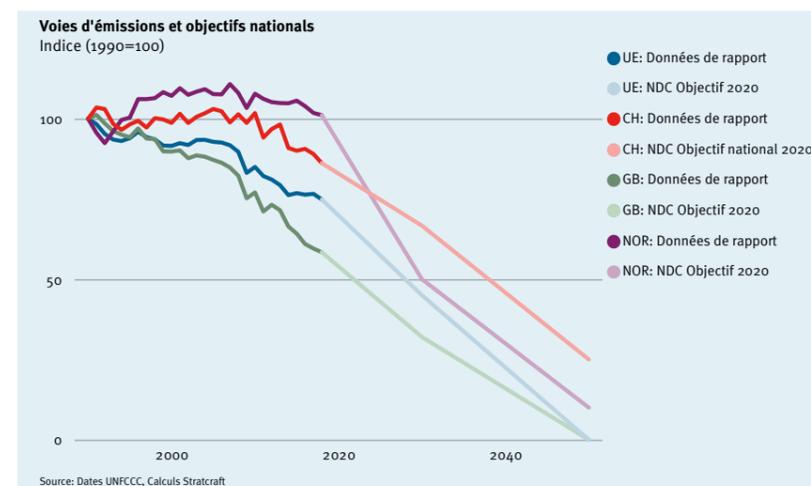
La Suisse est dans une meilleure position que beaucoup veulent bien l'admettre

«La Suisse ne fait pas assez pour protéger le climat, le pays devrait prendre des mesures plus sévères pour lutter contre le changement climatique.» Ces déclarations, et d'autres du même ordre, ne cessent d'alimenter le débat sur le climat. Mais elles ne correspondent en rien à la réalité.

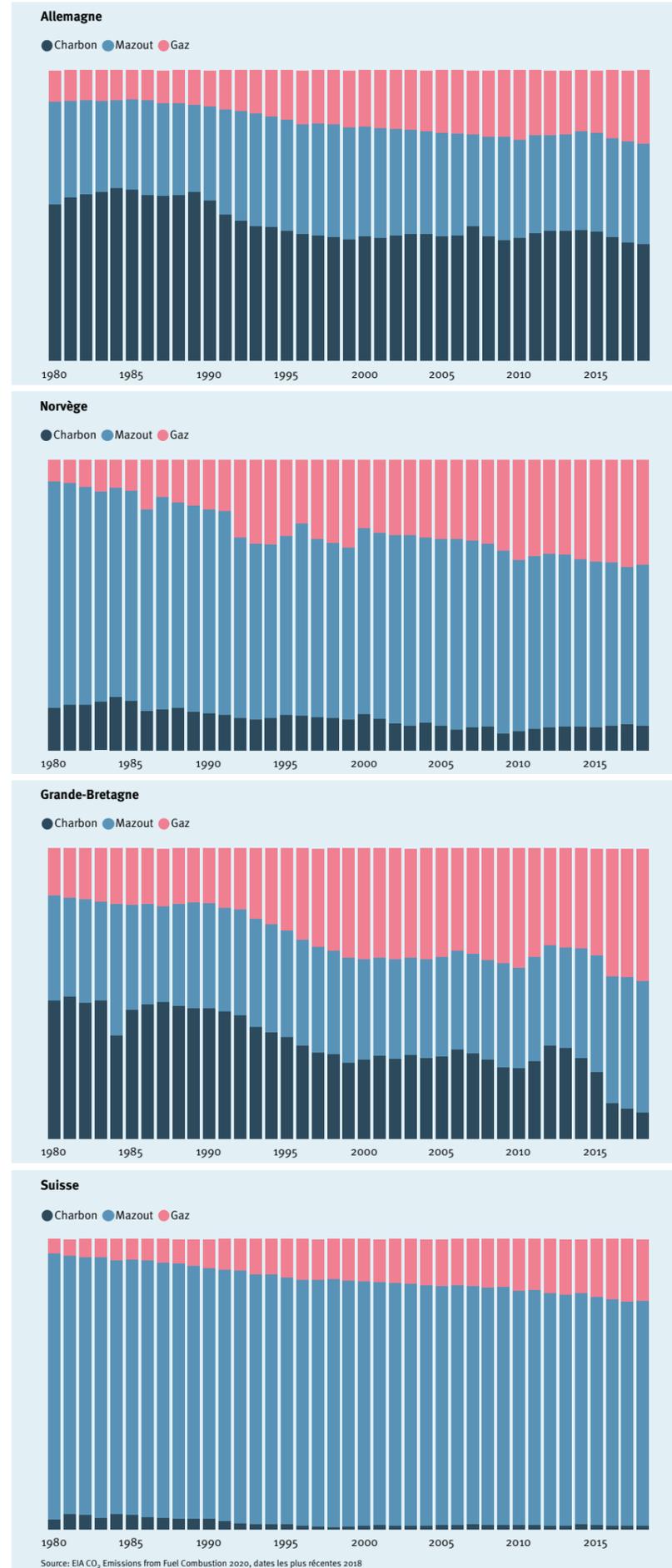
Dans ses premières contributions déterminées à l'échelle nationale (NDC), la Suisse s'est engagée à réduire de moitié d'ici 2030 ses émissions de 1990, soit d'environ 54 millions de tonnes de CO₂eq. Avec cette réduction de 50%, le Conseil fédéral est allé beaucoup plus loin que d'autres «États modèles» comme la Norvège et les pays de l'UE, qui visent une réduction de 40% d'ici 2030. Les États-Unis – encore sous la Présidence de Barack Obama à l'époque – ne voulaient également s'engager que sur une réduction de 14% d'ici 2025.

Il est vrai qu'il existe certains «pays modèles» comme la Grande-Bretagne, qui réduisent un peu plus rapidement que la Suisse leurs émissions liées à l'énergie par habitant. Mais la production y était nettement supérieure auparavant. En valeur absolue, la Suisse est loin devant la plupart des autres pays industrialisés aux objectifs ambitieux.

Désormais, l'UE a resserré son objectif de réduction pour 2030 et souhaite le porter à 55% des émissions liées au climat. La Grande-Bretagne veut réduire ses émissions de 68%. Pour l'instant, la Norvège s'en tient à son objectif initial de 40% de réduction. La Suisse adhère dorénavant à «au moins» 50%. Toutefois, au lieu de



Évolution des émissions par agent énergétique, pourcentage



défendre le commerce avec les performances de réduction, elle veut limiter la part des compensations étrangères à un maximum de 25% au lieu des 40% précédemment annoncés. De ce fait, l'objectif national de la Suisse semble plus ambitieux que celui des autres pays. Mais ce resserrement n'a bien sûr aucune influence sur le climat – il en a une en revanche sur les coûts des mesures de réduction. Ces coûts augmentent de manière disproportionnée. Ou, pour le dire autrement: avec la même somme d'argent, la Suisse pourrait apporter une contribution bien plus importante à la protection du climat à l'étranger que sur son propre territoire.

Cependant, la Suisse doit maintenant réduire au cours des dix prochaines années ses émissions annuelles de 46 millions de tonnes de CO₂eq en 2018 à un maximum de 27 millions de tonnes et éliminer tous les quatre ans autant de CO₂ qu'elle en a déjà économisé au cours des 30 dernières années. La contribution que les ménages et l'économie doivent apporter à l'objectif national a triplé. Au cours des dix prochaines années, ce ne sont pas 3 millions de tonnes de CO₂eq qui devront être économisées comme convenu initialement, mais 10 millions de tonnes. C'est plus que ce qui a pu être réalisé au cours des 30 dernières années avec 3 à 4 millions de tonnes de compensations étrangères.

Une comparaison avec d'autres pays montre qu'il s'agira là d'une tâche herculéenne, compte tenu des progrès déjà réalisés au niveau national. En Europe, contrairement à la Suisse, l'électricité est encore largement produite à partir de la combustion du charbon. Le pourcentage de production d'électricité à partir du charbon est de 8,7% en Norvège et de 9% en Grande-Bretagne, le «décarbonisateur» européen le plus performant. Au sein de l'UE, il atteint 63,8% en Pologne et 40,3% en Allemagne, le «pays modèle de la transition énergétique». Même la France, considérée comme ayant de faibles émissions de CO₂ en raison de ses nombreuses centrales nucléaires, produit encore 12,8% de son électricité à partir du charbon.

Cela signifie que tous ces pays ont un grand potentiel de réduction de leurs émissions de CO₂ – c'est tout simple, il suffit qu'ils commencent à prendre leurs distances du charbon dans leur production d'électricité, comme le fait l'Allemagne. La Suisse ne dispose pas de telles

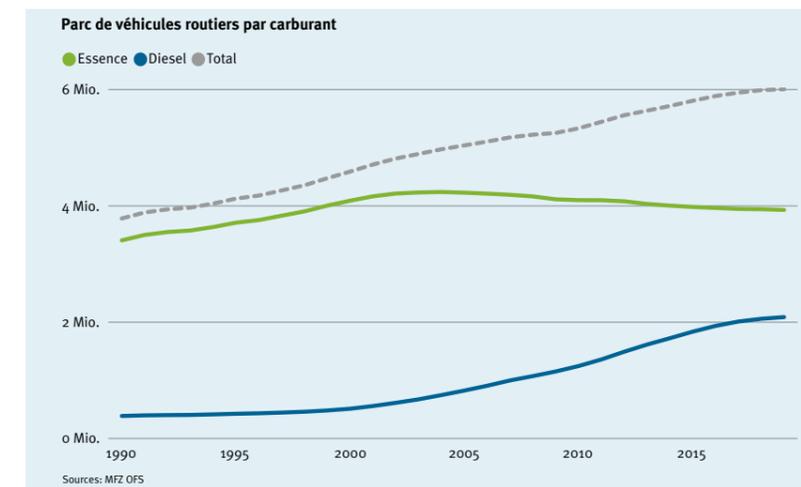
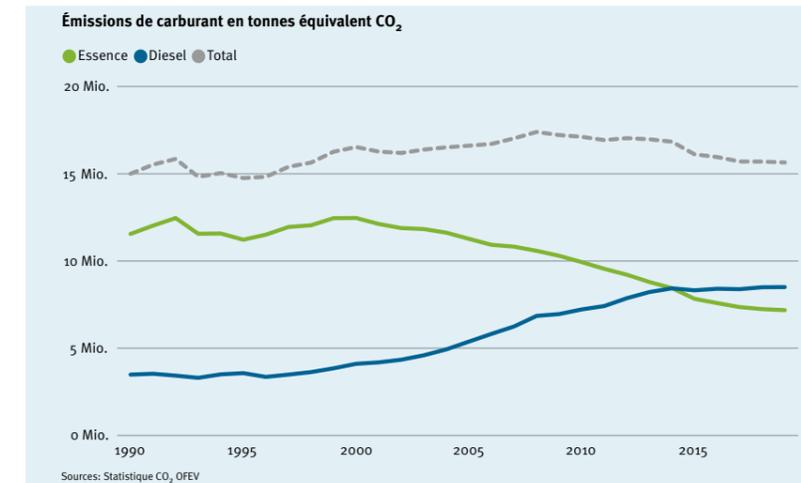
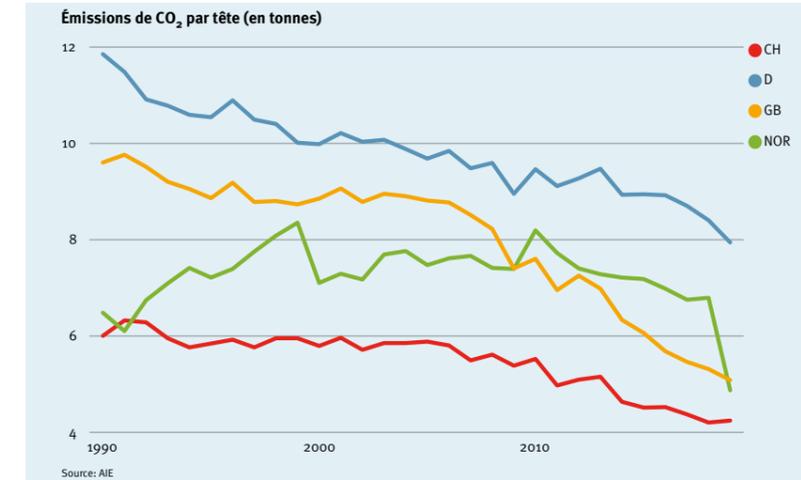
possibilités. Elle a déjà fait ce qu'elle avait à faire en matière d'évitement du CO₂ au niveau national. C'est pourquoi les compensations étrangères sont une option judicieuse pour notre pays.

Mais par opportunisme, les politiques de ce pays adoptent une approche inverse: au lieu d'utiliser les rares ressources financières là où elles seraient les plus bénéfiques au climat, ils envisagent de restructurer l'écono-

mie locale et d'exiger des sacrifices supplémentaires de la population – et ce, bien que les émissions de CO₂, issues des systèmes de chauffage au mazout par exemple, aient pratiquement diminué de moitié en Suisse depuis 1990.

Le bilan CO₂ des transports est nettement meilleur que ce qu'on prétend

En ce qui concerne les carburants également, l'orientation est clairement di-



rigée vers la réduction du CO₂. S'il est vrai que les émissions sont comparables à celles de 1990 avec environ 15 millions de tonnes par an, il convient de rappeler qu'à cette époque, la Suisse ne comptait pas encore 8 millions d'habitantes et d'habitants. Depuis cette date, en outre, le parc de véhicules motorisés a augmenté d'environ 60% pour atteindre 6 millions de véhicules.

Tandis qu'en 1990, on comptait 447 voitures particulières et 74 véhicules utilitaires pour 1000 habitants, en 2019, ce nombre avait déjà augmenté, passant à 539 voitures particulières et 92 véhicules utilitaires. Alors qu'en 1990, le transport privé couvrait encore environ 77 milliards de kilomètres, cette distance avait atteint environ 103 milliards de kilomètres en 2019 selon routesuisse. Davantage de personnes font davantage de kilomètres avec davantage de voitures. Et pourtant, les émissions de CO₂ restent pratiquement stables. Comment cela est-il possible? La réponse est dans la recherche et le développement.

Grâce aux progrès technologiques, les émissions par véhicule ont diminué d'un tiers en moyenne entre 1990 et 2018. Elles ont baissé de 46% pour les véhicules à essence – principalement les voitures particulières et les motos –, et de 56% pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires diesel.

Les chiffres absolus sont encore plus impressionnants: les émissions annuelles moyennes de CO₂ par véhicule ont baissé, passant de 4 à 2,6 tonnes – de 3,4 à 1,8 tonnes pour les véhicules à essence et de 9,2 à 4,1 tonnes pour les véhicules diesel. Selon routesuisse, les émissions de gaz à effet de serre pour 1000 kilomètres parcourus sont passées de 0,291 tonne en 1990 à 0,215 tonne équivalent CO₂.

L'amélioration de la technologie des moteurs combinée aux carburants modernes, qui contiennent déjà en moyenne environ 5% de composants biogènes, et donc neutres en CO₂, a permis ce succès en termes de réduction des émissions de CO₂. Là encore, la Suisse a fait ce qu'elle avait à faire. Elle est sur la bonne voie pour atteindre ses objectifs. L'affirmation selon laquelle le pays ne s'engage pas suffisamment dans la protection du climat ne résiste pas à la vérification des faits.

Recette du succès dans une situation difficile

Depuis 2013, l'industrie pétrolière a l'obligation légale de compenser par des projets en Suisse une partie des émissions de CO₂ causées par les carburants. La Fondation pour la protection du climat et la compensation de CO₂ (Fondation KliK) assume cette obligation pour pratiquement toutes les entreprises soumises à compensation. Un regard rétrospectif sur la période 2013–2020 permet d'affirmer: mission accomplie.

Sur les quelque 114 millions de tonnes de CO₂ émises par l'utilisation de carburants fossiles entre 2013 et 2019, la communauté de compensation KliK a compensé exactement les 4 763 330 tonnes ordonnées par la Confédération, ce qui correspond à une moyenne de 4,2%. La loi actuelle et la loi révisée sur le CO₂ prévoient une augmentation continue de l'obligation de compensation. Alors qu'elle était encore de 2% en 2013, elle se monte à 12% des émissions de CO₂ de l'année en cours. Pour atteindre un objectif de compensation toujours plus ambitieux, la Fondation finance des centaines de projets de protection du climat, qui doivent tous être approuvés par la Confédération. Les coûts de transaction associés sont également pris en charge par la Fondation KliK.

Bâtiments en bois et biocarburants

Les projets soutenus par la Fondation sont répartis en quatre plateformes: «Transports», «Entreprises», «Bâtiments» et «Agriculture». Dans le domaine «Transports» par exemple, des programmes sont encouragés pour accroître la distribution des biocarburants et acquérir des bus hybrides et électriques. Depuis 2013, la part biogène dans l'essence et le diesel n'a cessé d'augmenter grâce à ce mécanisme de soutien. Cette seule mesure a permis en 2019 des économies de CO₂ d'environ 600 000 tonnes. L'utilisation accrue de bois suisse par l'industrie suisse du bois, encouragée par la

Fondation KliK, connaît un succès similaire. Le bois utilisé pour le bâtiment – par exemple pour la construction d'un chalet de vacances – est reconnu par la Confédération comme un puits de CO₂ sur la base de la loi sur le CO₂.

Une obligation croissante, des coûts croissants

Selon la Fondation, ce sont au total quelque 390 millions de francs suisses qui ont été directement affectés à des

Selon la Fondation, ce sont au total quelque 390 millions de francs suisses qui ont été directement affectés à des projets de réduction des gaz à effet de serre.

Si la Fondation KliK sera également obligation au cours des deux années 2020 et 2021 est encore ouverte, que la encore ouvert.

projets de réduction des gaz à effet de serre. Le prix d'une tonne de CO₂ est donc d'un peu moins de 84 francs. Les projets sont financés par les automobilistes. «Si l'on applique les coûts aux carburants fossiles vendus entre 2013 et 2019, les consommateurs ont payé un peu moins d'un centime par litre», calcule Marco Berg, directeur de la Fondation KliK. Des coûts de compensation de 5 centimes par litre auraient été légalement autorisés. Avec la nouvelle loi sur le CO₂, sur laquelle le peuple suisse pourra se prononcer le 13 juin, les coûts de compensation pourraient être portés à 10 et plus tard à 12 centimes par litre. Selon Marco Berg, il sera nécessaire d'aller jusqu'à ce plafond, au moins dans un premier temps, car l'obligation de compensation sera déjà d'au moins 15% en 2022 et d'au moins 20% à partir de 2025. Par ailleurs, en vertu de la nouvelle loi sur le CO₂, les projets de compensation à l'étranger doivent également être financés.

L'avenir du mécanisme de compensation est incertain

Il reste à voir si la Fondation KliK aura été aussi en mesure de remplir ses obligations de compensation en 2020 et 2021. Selon Marco Berg, les réductions d'émissions réalisées en

2020 doivent encore être vérifiées. Il estime que l'engagement de réduction de 10% est à portée de main, mais uniquement en raison de la réduction de la consommation de carburant liée à la pandémie. Cependant, pour l'année en cours, le mécanisme de compensation se heurte à des difficultés: l'actuelle «loi transitoire sur le CO₂» entraîne un durcissement considérable pour les importateurs de carburants, ce qui rend le respect de l'obligation de compensation presque inaccessible en 2021. Même la Confédération, qui fixe ces objectifs, part du principe qu'ils ne pourront pas être atteints: Dans les explications de l'ordonnance sur le CO₂ actuellement en vigueur, l'Office fédéral de l'environnement écrit: «L'augmentation du taux de compensation renforce [...] la probabilité de sanctions». Selon les estimations de la Fondation KliK, les sanctions financières versés dans les caisses générales de la Confédération pourraient s'élever à une somme de 50 à 70 millions de francs pour la seule année 2021. Il est préoccupant de voir l'autorité de régulation imposer des exigences, mais fixer en même temps des conditions cadres de réalisation telles qu'il est très probable que ces exigences ne pourront pas être satisfaites. Difficile de parler d'équité dans ces conditions.

Centime climatique avec effet à long terme

L'organisation qui a précédé la Fondation KliK est la Fondation Centime Climatique, une mesure volontaire de l'économie suisse pour la protection du climat. Entre le 1^{er} octobre 2005 et le 31 août 2012, 1,5 centime a été prélevé sur chaque litre d'essence et de diesel. Dans le cadre d'un accord avec la Confédération, la Fondation s'était engagée à réduire les émissions de CO₂ d'au moins 1,8 million de tonnes par an pendant la période 2008–2012. Chaque année, la Fondation disposait d'environ 100 millions de francs suisses pour des projets énergétiques en Suisse et à l'étranger. Des certificats de CO₂ étrangers pouvaient être acquis en plus pour un maximum de 1,6 million de tonnes par an, conformément aux principes du protocole de Kyoto. Le centime climatique s'est par la suite révélé un modèle de réussite. Il a nettement dépassé l'objectif et a contribué à lui seul à au moins la moitié des réductions nécessaires pour atteindre l'objectif de Kyoto fixé pour la Suisse. En Suisse, la Fondation Centime Climatique a atteint une réduction de 2,7 millions de tonnes d'équivalent CO₂ d'une valeur de plus de 400 millions de francs suisses; à l'étranger, plus de 16 millions de certificats de réduction d'émissions d'une valeur de 240 millions de francs suisses avaient été achetés à la fin mars 2014.

En novembre 2013, la Confédération a officiellement confirmé que la Fondation avait rempli sa mission. Grâce aux actifs restants de la Fondation, le Centime Climatique devrait toutefois continuer à déployer ses effets pendant encore plusieurs années – comme par exemple en février 2020, lorsqu'il a été rendu public que depuis 1990, le secteur industriel suisse avait produit environ 600 000 tonnes d'équivalent CO₂ de plus par an que les 4 millions de tonnes dont fait état l'Office fédéral de l'environnement dans son inventaire des gaz à effet de serre. Le rôle exemplaire de la Suisse en matière de politique climatique a été ébranlé par cette nouvelle. Afin d'atteindre malgré tout l'objectif du protocole de Kyoto, la Confédération a chargé la Fondation Centime Climatique d'acquérir des certificats étrangers d'un volume de 5 millions de tonnes de CO₂ et de les transférer à la Confédération. Au total, la Fondation transférera à la Confédération des certificats d'un volume de jusqu'à 20 millions de tonnes pour respecter le protocole de Kyoto II. Les automobilistes apportent ainsi une contribution sensible pour permettre à la politique climatique suisse de sauver la face.

L'entrée en vigueur de la loi révisée sur le CO₂ au 1^{er} janvier 2013 avait toutefois marqué la fin de la phase de libre arbitre de la politique climatique suisse. Les distributeurs de carburants fossiles sont désormais légalement tenus de compenser une partie des émissions de CO₂ liées à l'utilisation des carburants, et ce exclusivement par des mesures en Suisse – c'est ainsi qu'est née la Fondation KliK.

Agence de l'énergie pour l'économie

Le modèle des accords sur les objectifs fonctionne

En 2001, plusieurs associations de l'économie suisse, dont l'ancienne Union Pétrolière, ont fondé l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC) pour satisfaire aux objectifs environnementaux et climatiques du protocole de Kyoto I. L'AEnEC est partenaire de mise en œuvre des entreprises dans le domaine de la gestion de l'énergie. Les quelque 100 conseillères et conseillers de l'AEnEC élaborent avec les entreprises des accords d'objectifs et leur montrent quelles mesures peuvent être appliquées pour

les atteindre. Même après la conclusion de ces accords, l'AEnEC reste à la disposition des entreprises et les accompagne. Grâce à ses outils de contrôle, elle vérifie si l'objectif est respecté ou si des mesures d'efficacité supplémentaires sont nécessaires.

Au cours de ses 20 ans d'existence, de nombreuses grandes entreprises, et de plus en plus de PME aussi, se sont engagées en tant que participantes à l'AEnEC à accroître leur efficacité énergétique par des investissements dans des mesures et à réduire leurs émissions de CO₂.

Grâce à ces réalisations, l'objectif de réduction de 20% visé par l'économie 2020 a été atteint. En contrepartie, les entreprises qui atteignent les objectifs convenus peuvent récupérer la taxe CO₂ ou le supplément réseau (RPC) tout en respectant les lois cantonales sur l'énergie.

La confiance entre l'agence et les entreprises est importante pour le succès de l'AEnEC. Les entreprises fournissent en effet des données d'exploitation confidentielles à l'AEnEC, qui joue le rôle d'intermédiaire indépendant entre la Confédération et l'économie. Le président de l'AEnEC, Rudolf Minsch, est convaincu que de nombreuses entreprises hésiteraient à divulguer leurs flux de données si l'État les exigeait directement.

Un autre facteur de succès, du moins jusqu'à présent, est que les entreprises peuvent vendre des réductions de CO₂ qui vont au-delà de l'objectif fixé dans l'accord sur les objectifs. La révision de la loi sur le CO₂ ne le permettrait plus. Les mesures non économiques permettant de réaliser des réductions au-delà de l'objectif convenu pourraient toutefois être attestées avant d'être vendues dans le cadre de programmes et de projets de compensation.

Ce sont environ 4000 entreprises participantes de l'industrie et des prestations de services qui, en 2019, ont mis en œuvre avec l'AEnEC leurs mesures de protection du climat et d'efficacité énergétique, avec plus de 2400 accords sur les objectifs. Cela si-



«Nos participants peuvent compter sur nous pour combiner au mieux les aspects économiques et écologiques de la gestion de l'énergie.»

Jacqueline Jakob
Directeur de l'AEnEC



Les salines suisses de Riburg alimentent une usine de production de crevettes gastronomiques en énergie et en sel excédentaires. Le producteur de sel compte sur la coopération avec l'AEFE en matière de gestion de l'énergie.

gnifie que pour cette seule année, les mesures cumulées prises par les entreprises depuis 2013 ont permis d'économiser plus de 600 000 tonnes de CO₂ entre 2013 et 2019. A titre de comparaison, cela équivaut à peu près aux économies réalisées en 2019 dans le trafic routier grâce à l'utilisation des biocarburants (voir à la page 18). L'AEnEC établit une comparaison impressionnante: la quantité économisée correspond aux émissions de CO₂ de 192 175 vols aller-retour entre Zurich et la Nouvelle-Zélande! L'intensité carbone* des entreprises a diminué de 13,4% entre 2012 et 2019, soit nettement plus que les 5,6% initialement prévus. De plus, les participants à l'AEnEC ont économisé plus de 3,5 TWh d'énergie en 2019 grâce aux mesures mises en œuvre depuis 2013. Cela signifie que l'objectif initialement fixé avec la Confédération a également été largement dépassé en termes d'efficacité énergétique.

Avenue a discuté avec la Directrice de l'AEnEC, Jacqueline Jakob:

*L'intensité carbone exprime le rapport entre les émissions de CO₂ et la somme des émissions et des économies.

Avenue: L'AEnEC est un modèle, mais elle n'est plus désormais la seule organisation à mettre en œuvre des accords sur les objectifs avec les entreprises. Quels sont les atouts de l'AEnEC?

Jacqueline Jakob: Depuis vingt ans, l'AEnEC s'est imposée auprès des entreprises comme un partenaire de l'économie et pour l'économie. Grâce à nos organisations de soutien, nous entretenons de bonnes relations avec tous les secteurs économiques dans toute la Suisse. C'est bien, mais ce n'est pas suffisant. Essentielles sont les relations de longue date et fondées sur la confiance que nos 100 consultantes et consultants entretiennent dans toute la Suisse avec les entreprises. Leur savoir-faire technique, leurs connaissances détaillées des exigences légales et leur profonde compréhension des conditions opérationnelles individuelles sont nos principaux atouts. Nos participants peuvent compter sur nous pour combiner au mieux les aspects économiques et écologiques de la gestion de l'énergie. Les entreprises apprécient également l'échange au sein des groupes modèles sur l'énergie, car elles y apprennent les unes des autres.

Que signifie la révision de la loi sur le CO₂ pour l'AEnEC en ce qui concerne la charge de travail supplémentaire escomptée? Comment l'AEnEC se positionnera-t-elle pour faire face à cette situation?

Avec la nouvelle loi sur le CO₂, toutes les entreprises peuvent conclure un accord sur les objectifs grâce à l'intervention de nos associations de soutien. Leur nombre dépendra de la charge administrative et des coûts de transaction. En nous fondant sur notre expérience pratique, nous comptons aller jusqu'à 2000 réalisations. Nous sommes parfaitement positionnés pour cela grâce à nos consultantes et consultants, nos processus simples et nos critères de qualité élevés. Nous nous réjouissons à la perspective d'accompagner les entreprises dans la mise en œuvre et la réalisation de l'accord sur les objectifs.

Les membres du Comité de l'AEnEC se plaignent de l'augmentation constante de la charge de travail administratif depuis la création de l'agence. Comment cela se manifeste-t-il dans la vie quotidienne de l'AEnEC et des entreprises affiliées?

Notre credo est et reste «de l'économie pour l'économie». Au service des entreprises, nous garantissons les meilleures solutions individuelles dans la mise en œuvre de l'accord sur les objectifs. Ce faisant, nous limitons au maximum les processus administratifs pour les entreprises. Après tout, les entreprises doivent pouvoir se concentrer sur leur activité principale.

Vous dirigez l'AEnEC depuis plus de deux ans maintenant. Comment évaluez-vous la coopération avec les autorités? Quelles mesures sont nécessaires?

Il y a beaucoup à faire d'ici 2030 ou 2050. L'AEnEC est parfaitement positionnée, et son équipe est très motivée pour aborder et atteindre les objectifs environnementaux et climatiques de l'économie en collaboration avec les entreprises. Je me réjouis à cette perspective! En ce qui concerne la coopération avec les autorités, je souhaite un Public Private Partnership solide, dans le cadre duquel nous pourrions aborder ensemble les problèmes et les défis. Je voudrais une situation dans laquelle tout le monde soit gagnant: les entreprises, les autorités et surtout l'environnement.



CO₂: retour aux sources

Niché dans le paysage pittoresque du Jura et de ses collines vallonnées se trouve le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne. D'importantes recherches fondamentales y sont menées. L'objectif est de pouvoir un jour stocker à grande échelle dans le sol le CO₂ excédentaire.

Lorsque le directeur du projet Mont Terri, Christophe Nussbaum, de l'Office fédéral de topographie (Swisstopo), parle des expériences en cours dans le laboratoire souterrain sur le territoire de la commune de St-Ursanne, ses yeux se mettent à briller. «En Norvège, on stocke le CO₂ dans le sol depuis une vingtaine d'années déjà. Là-bas, le CO₂ est stocké très loin, au large, dans la zone des anciens puits de pétrole». On parle dans ce contexte de CCS (Carbon Capture and Storage) – par opposition au CCU (Carbon Capture and Utilisation), qui consiste à

rendre le CO₂ exploitable, par exemple pour la production de carburants synthétiques (voir p. 25). Les chercheuses et chercheurs de St-Ursanne pourraient envisager à l'avenir pour le Plateau suisse un stockage CCS semblable à celui de la Norvège. Le CO₂ doit donc retourner à sa source, c'est-à-dire dans le sol.

Pour découvrir comment le sol se comporte avec de tels dépôts, des scientifiques du Service sismologique suisse de l'EPF de Zurich et du «Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity»

(SCCER-SoE) mènent dans le Jura une expérience pour laquelle ils collaborent avec le Département du Génie mécanique et des Procédés et l'Institut de géophysique de l'EPF de Zurich ainsi qu'avec Swisstopo et l'EPFL. L'expérience menée dans le laboratoire souterrain du Mont Terri fait partie du projet ELEGANCY, financé par la Commission européenne et l'Office fédéral de l'énergie.

«Nous étudions notamment l'effet du stockage du CO₂ sur le comportement sismique de la roche», explique Christophe Nussbaum. Pour lui, une chose est sûre: une option intéressante pour réduire la pollution au CO₂ consiste à isoler directement le gaz de la production industrielle ou de l'atmosphère et à le stocker durablement sous terre. «Le défi est de stocker le CO₂ isolé pendant des siècles en toute sécurité.»

Selon Christophe Nussbaum, trois dangers possibles sont essentiellement à l'étude: «Tout d'abord, est-il possible que la couche de couverture comme par exemple l'argile à Opalinus ne soit pas suffisamment étanche?» Cela est peu probable d'après les nombreuses données scientifiques accumulées depuis bientôt 25 ans. «Deuxièmement, qu'en est-il des puits abandonnés, parfois mal cimentés, qui traversent cette roche de couverture? Peuvent-ils servir de chemin de fuites du CO₂ vers la surface?» Finalement, l'étude des zones de failles qui recoupent les différentes couches rocheuses est cruciale. Il s'agit



«Le défi est de stocker le CO₂ isolé pendant des siècles en toute sécurité.»

Christophe Nussbaum
Directeur Mont Terri

notamment de répondre à la question de savoir s'il existe un risque que le CO₂ stocké s'échappe au niveau de ces failles. «Ce ne serait pas souhaitable. Certes, le CO₂ n'est pas toxique en lui-même car il sera dilué mais s'il entre en contact avec la nappe phréatique, cela pourrait devenir problématique: l'eau risquerait de devenir acide, et donc non potable», explique Christophe Nussbaum. Plusieurs entreprises de l'industrie pétrolière, à savoir BP, Shell, Chevron et Total, participent également à ces expériences.

Les scientifiques veulent non seulement comprendre comment le CO₂ migre dans la roche fracturée et dans quelles conditions se produit une sismicité induite, mais aussi comment surveiller au mieux un tel réservoir. Pour le savoir, ils injectent de faibles quantités d'eau salée enrichie en CO₂ dans un puits de forage percé à travers une zone de faille secondaire. Ils observent ensuite la stabilité de la roche et les corrélations entre déplacements en cisaillement, pression pore et trajectoires des flux. Des capteurs sismiques actifs et passifs surveillent les moindres changements à proximité de l'injection et détectent les éventuels microséismes. Selon Christophe Nussbaum, aucun événement de ce type n'a été enregistré jusqu'à présent lors des tests prélimi-

naires. «Les études sont donc très prometteuses», affirme le directeur du projet Mont Terri.

En dépit de cette confiance, les expériences ont exclu la possibilité que le laboratoire souterrain de St-Ursanne soit lui-même un jour utilisé comme site de stockage pour le CO₂: «Il n'y aura jamais de stockage définitif au Mont Terri – ni pour les déchets radioactifs, ni pour le CO₂», précise Christophe Nussbaum. Le site est uniquement destiné à effectuer les recherches adéquates. La raison pour laquelle cette région des collines du Jura s'y prête particulièrement est simple: «Dans le Jura, les couches rocheuses présentent souvent un pendage important acquis lors du plissement, tandis que dans le Plateau suisse, elles sont stratifiées de manière sub-horizontale et accessibles uniquement par des forages verticaux.» C'est pourquoi, pour la recherche, les tunnels existants dans le Jura offrent un accès idéal à ces roches, comme c'est le cas du tunnel du Mont Terri et sa galerie de sécurité parallèle. «Nous utilisons pour ainsi dire un canal secondaire.»

Les régions du Plateau suisse seront probablement plus adaptées que les collines du Jura pour le futur stockage du CO₂, fait observer Christophe Nussbaum en avançant deux argu-

ments: «D'une part, dans le Plateau suisse, les conditions du sol sont idéales en raison de sa stratification sub-horizontale et les roches sont moins fracturées que dans le Jura et les Alpes. D'autre part, c'est dans cette partie du pays que se trouve la majeure partie de l'industrie suisse émettrice de CO₂. On pourrait donc stocker le dioxyde de carbone directement là où une grande partie de ce gaz est libérée.»

Plutôt qu'à un projet de stockage de CO₂ opérationnel à grande échelle, le projet Mont Terri s'intéresse donc principalement à l'étude des processus adéquats avec de petites quantités d'eau salée enrichie en CO₂. «Les leçons que nous en tirerons nous permettront de mieux comprendre les processus pertinents susceptibles de permettre le stockage du CO₂ à grande échelle», déclare Christophe Nussbaum. Selon lui, cette expérience apporte donc une contribution précieuse à la définition des conditions nécessaires à la création d'éventuels futurs sites en Suisse. «Nous sommes en quelque sorte à mi-chemin entre la recherche en laboratoire et l'application industrielle du CCS.»

Une vingtaine de projets de stockage de CO₂ sont déjà en cours dans le monde. Chacun d'entre eux stocke jusqu'à trois millions de tonnes de CO₂ par an. D'autres sites de stockage CCS sont prévus. Cependant, aucun projet concret de stockage n'est encore prévu en Suisse actuellement.

Christophe Nussbaum

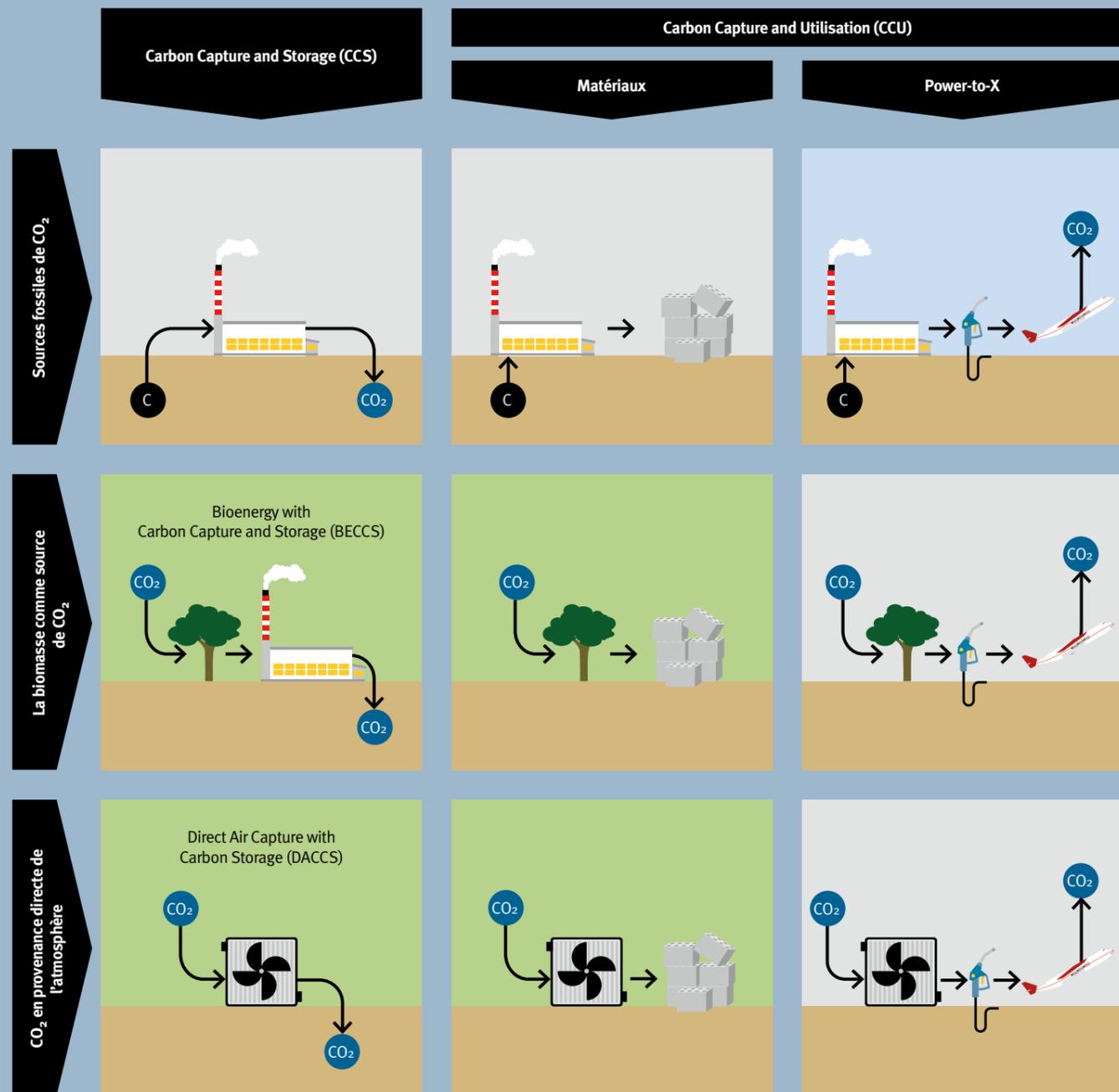
Directeur Mont Terri

Christophe Nussbaum, PhD (né en 1971) assume la fonction de directeur du laboratoire souterrain de Mont Terri à St-Ursanne depuis début 2021. Auparavant, il avait dirigé depuis 2005 le département de recherche du projet Mont Terri, dans le cadre duquel il avait déjà occupé plusieurs fonctions depuis 2003. De 2000 à 2003, il avait contribué en sa qualité d'ingénieur géologue à la construction du tunnel de base du Lötschberg (Alp-transit NLFA).

Christophe Nussbaum enseigne le génie civil à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Pour le compte de swisstop, il travaille comme expert en géologie structurale pour l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) et l'agence pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) en France.

Réutiliser ou stocker le CO₂

CCU et CCS en bref: La teneur en dioxyde de carbone dans l'atmosphère peut être réduite par un captage technique. Si le CO₂ extrait est ensuite stocké dans le sol, on parle de CCS (Carbon Capture and Storage = captage et stockage du carbone). Si, en revanche, il est réutilisé, par exemple pour la production de matériaux ou de carburants synthétiques (Power-to-X), on parle de CCU (Carbon Capture and Usage = captage et utilisation du carbone). Selon la méthode utilisée, il en résulte des émissions négatives, une neutralité climatique ou des émissions de CO₂ produites une seule fois malgré les utilisations multiples. Cela permet de préserver les sources d'énergie fossile.



Source: OFEV, adaptée

CCU

Captage du dioxyde de carbone et sa transformation en matériaux durables ou utilisation intermédiaire comme carburant (Power-to-X).

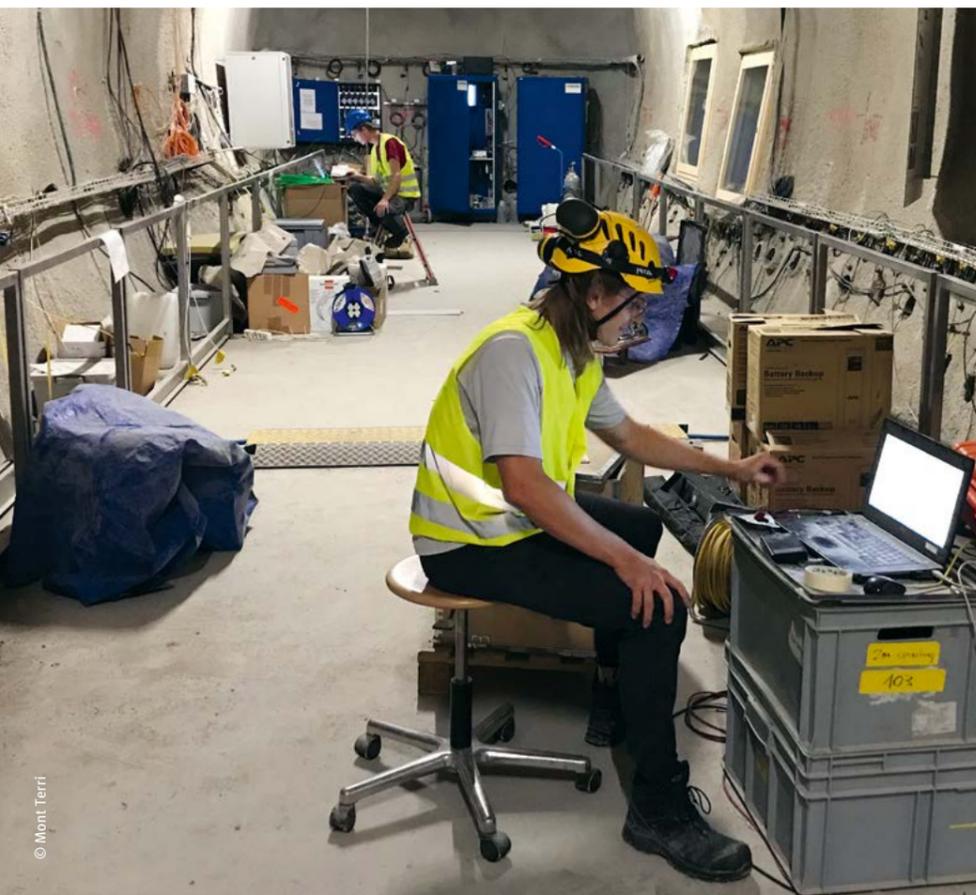
CCS

Captage du dioxyde de carbone et son stockage dans des puits souterrains.

Émissions négatives

Neutralité climatique

Émissions de CO₂ produites une seule fois après une utilisation multiple, préservation des sources fossiles



L'industrie est une partie de la solution

Stefan Vannoni, directeur de cemsuisse, demande que les fonds publics destinés à la protection du climat soient versés là où ils ont un véritable effet.



«Si nous voulons évoluer vers des carburants et des combustibles synthétiques, nous ne devons pas penser en silos.»

Stefan Vannoni
Directeur cemsuisse

Monsieur Vannoni, l'industrie du ciment est à l'origine de fortes émissions de CO₂. Quelle en est la raison?

Stefan Vannoni: Dans la fabrication du ciment, des émissions de CO₂ se produisent de deux façons. D'une part, des températures d'environ 1450 degrés sont générées 24 heures sur 24 pendant 11 mois par an dans des fours de 80 mètres de long. Le combustible nécessaire à cette opération génère des émissions. Ces émissions de combustion représentent environ 40% des émissions de l'industrie du ciment. Les principales émissions restantes sont produites lorsque dans les fours, le calcaire est transformé en clinker, un composant important du ciment. Lors de la production de clinker, le CO₂ concentré dans le calcaire est libéré. L'industrie suisse du ciment a fortement réduit ses émissions de CO₂ ces dernières années, tant au niveau de la combustion que du clinker. Depuis 1990, les émissions de CO₂ provenant des combustibles fossiles ont été réduites de plus de deux tiers.

Comment a-t-on atteint ce résultat?

Alors que les fours étaient autrefois chauffés au charbon, on constate une évolution, en particulier dans les pays germanophones, vers l'utilisation accrue de combustibles alternatifs fabriqués à partir de déchets. Je parle de solvants de l'industrie chimique, de déchets de bois, de matières plastiques, de pneus usagés ou même de boues d'épuration. Il s'agit de déchets toxiques qui, d'une part, ont un pouvoir calorifique élevé et, d'autre part, doivent être éliminés correctement. C'est là que notre industrie entre en jeu. Aujourd'hui, la part des combustibles fossiles primaires tels que le charbon n'est plus que de 30% environ. Nous pourrions nous passer complètement de ces combustibles fossiles primaires. Malheureusement, en Suisse, l'accès à de tels combustibles résiduels se heurte à de nombreux obstacles. Le potentiel de ce recyclage est encore trop peu identifié en Suisse et donc aussi trop peu reconnu politiquement. Techniquement, toutefois, il serait possible de se passer complètement du charbon comme combustible.

Quelles mesures ont été prises pour réduire les émissions de CO₂ dans la production de clinker?

La transformation du calcaire en clinker entraîne toujours une libération de CO₂. C'est un processus naturel qui ne peut être empêché dans la production de ciment. C'est pourquoi nous avons réduit la proportion de clinker dans le ciment – le principal composant du produit. C'est un défi, car la qualité du ciment est déterminante pour les propriétés du béton qui en résulte. Grâce à ces mesures et à de prochaines étapes importantes, notre secteur parviendra à atteindre l'objectif zéro émission nette de CO₂.

Quelles sont les prochaines étapes auxquelles vous pensez?

Je pense notamment à ce qu'on appelle Carbon Capture & Use ou CCU, la capture et l'utilisation du carbone, et à Carbon Capture & Storage ou CCS, la capture et le stockage du carbone. Avec le processus CCS, le CO₂ libéré est récupéré et déposé dans le sol, tandis que l'objectif du processus CCU est de rendre le CO₂ libéré exploitable pour des applications industrielles. Il peut être utilisé par exemple pour la production de carburants synthétiques.

Où voyez-vous les obstacles dans la mise en œuvre?

Les industries à forte intensité énergétique sont celles qui ont le plus de poids pour permettre d'atteindre l'objectif du zéro net. Toutefois, des technologies de pointe sont nécessaires pour de telles mises en œuvre. Il est impératif de déployer des efforts tout au long de la chaîne de valeur si nous voulons atteindre l'objectif du «zéro net» dans la politique climatique. En outre, notre société manque souvent d'une vision globale. C'est également le cas en termes de durabilité. De nombreux aspects de la protection de l'environnement sont unilatéralement subordonnés à la protection du climat. Il serait toutefois nécessaire de relier les questions énergétiques et environnementales, et de prendre également en compte la sécurité d'approvisionnement. Si nous voulons évoluer vers des carburants et des combustibles synthétiques dans le secteur de l'énergie, nous ne devons pas penser en silos. Regardez: l'industrie du ciment doit trouver une solution pour ses émissions de CO₂, et l'industrie pétrolière a besoin de CO₂ pour la production de carburants synthétiques. Mais le développement de telles technologies nécessite des investissements importants. Et le soutien de la politique. C'est en coopération avec les industries à forte intensité énergétique que les problèmes peuvent être résolus. Concrètement, il est également important d'utiliser efficacement les financements publics pour la protection du climat là où ils ont un véritable effet. Le fait est que la protection du climat n'est pas gratuite. Mais c'est également un fait que l'industrie est une partie de la solution.

Stefan Vannoni

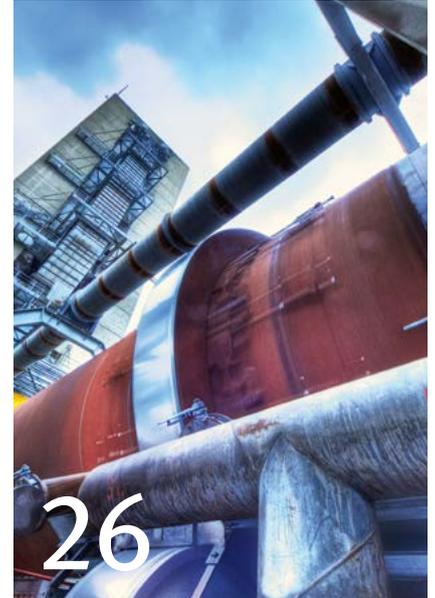
Stefan Vannoni (né en 1976) est depuis 2017 directeur de cemsuisse, l'association suisse de l'industrie du ciment. Auparavant, il a travaillé comme directeur adjoint pour Politique économique générale & formation, et comme économiste en chef adjoint pour l'organisation faïtière economiesuisse. Économiste de l'Université de Bâle, il est entre autres membre du comité directeur du Centre d'évaluation des choix technologiques (TA-SWISS) et président d'une coopérative d'habitation. Il vit avec sa famille à Reinach, BL.



4



14



26

2 Editorial

«Initiatives du secteur privé pour la protection du climat étaient de succès au cours des dernières années.»

4 Qu'est-ce que le CO₂?

Invisible, incolore, inodore, non toxique – et essentiel à la vie.

8 Comment se crée l'effet de serre

Le rayonnement infrarouge fait vibrer la molécule de CO₂. Une vibration plus forte est perçue comme une température plus élevée – comme un effet de serre.

10 CO₂ & Cie – La famille des gaz à effet de serre

Le dioxyde de carbone n'est que l'un des nombreux gaz qui ont une incidence sur le climat.

12 «Paris»: promesse, engagement, chantier

Dans quelle mesure la convention est-elle contraignante, que signifie «Paris» concrètement? Quels progrès ont été réalisés? Le bilan provisoire fait l'effet d'une douche froide.

14 La Suisse est dans une meilleure position que beaucoup veulent bien l'admettre

«La Suisse ne fait pas assez pour protéger le climat, le pays devrait prendre des mesures plus sévères pour lutter contre le changement climatique.» Ces déclarations, et d'autres du même ordre, ne cessent d'alimenter le débat sur le climat. Mais elles ne correspondent en rien à la réalité.

18 Recette du succès dans une situation difficile

Depuis 2013, l'industrie pétrolière a l'obligation légale de compenser par des projets en Suisse une partie des émissions de CO₂ causées par les carburants.

20 Agence de l'énergie pour l'économie

Le modèle des accords sur les objectifs fonctionne.

22 CO₂: retour aux sources

Niché dans le paysage pittoresque du Jura et de ses collines vallonnées se trouve le laboratoire souterrain du Mont Terri à St-Ursanne. D'importantes recherches fondamentales y sont menées. L'objectif est de pouvoir un jour stocker à grande échelle dans le sol le CO₂ excédentaire.

26 «L'industrie est une partie de la solution»

Stefan Vannoni, directeur de cemsuisse, demande que les fonds publics destinés à la protection du climat soient versés là où ils ont un véritable effet.

Impressum

Tirage D 35 000 / F 15 000 | Rédaction Avenergy Suisse | Auteurs Roland Bilang, Daniel Schindler
Photos Avenergy Suisse, Cover: © peterschreiber.media/iStock | iStock | Swisstopo | Mont Terri | cemsuisse | Graphiques wapico AG
Conception Avenergy Suisse | Contact Avenergy Suisse, Spitalgasse 5, 8001 Zurich | T 044 218 50 10, F 044 218 50 11 | info@avenergy.ch, www.avenergy.ch, twitter @avenergysuisse | Impression sur papier certifié FSC