



ZOOM



**« L'agriculture suisse à l'ère
du changement climatique »**



Condensé

Comme l'agriculture entretient des liens forts avec la nature et le climat, elle se retrouve vite dépassée par les répercussions du changement climatique. Rien que les petits soubresauts des conditions météorologiques, comme la hausse des températures moyennes, peuvent avoir des effets non négligeables. Accompagnées d'une diminution des précipitations en été, ces conditions font augmenter, par exemple, le risque de sécheresse extrême. Cependant, l'agriculture fait aussi partie des secteurs qui émettent des gaz contribuant au changement climatique.

Les répercussions négatives l'emportent sur le long terme

À court terme, certains domaines de l'agriculture pourront aussi profiter du changement climatique. Par exemple, le prolongement des périodes de végétation permettra de cultiver du soja et du millet ou d'étendre la production de fruits et de raisin. L'élévation des températures moyennes pourra avoir des effets positifs sur le rendement des cultures de fourrages grossiers et de maïs. Par contre, sur le long terme, ce sont les effets négatifs du changement climatique qui l'emporteront. De tels changements seront synonymes de différents défis dans les cultures. Jusqu'à présent, l'approvisionnement en eau des plantations telles que les pommes de terre ne posait jamais de problème. À l'avenir, il faudra en accroître l'irrigation. Des hivers doux sont de mauvais augure pour les céréales d'automne, car leur développement dépend de périodes de froid suffisamment longues. En outre, le pullulement des ravageurs s'en retrou-

vera favorisé. Pendant les étés secs, l'affouragement pourrait se retrouver de plus en plus souvent compromis. De même, la plus grande fréquence des gels tardifs accroîtra le risque de production.

Gestion de l'eau d'irrigation et sols sains

En vue de garantir la récolte malgré des phases de sécheresse de plus en plus nombreuses, l'irrigation gagne du terrain. À l'heure actuelle, la pluie arrose 95% des terres. Les quelque 5% des terres restantes sont irriguées de manière artificielle. Cependant, des conflits d'utilisation et une diminution des ressources deviennent monnaie courante, notamment dans les régions du Plateau dominées par une agriculture intensive. Le secteur agricole demande des solutions pour une gestion viable de l'eau d'irrigation, le financement économiquement durable d'infrastructures et une efficacité accrue en matière d'irrigation. Par ailleurs, les agriculteurs peuvent se servir de différentes mesures autres que l'irrigation pour pallier les conséquences négatives du changement climatique. La tolérance et la résistance face à la canicule et à la sécheresse constituent désormais des critères de sélection dans le choix des cultures et des variétés. Le labourage a lui aussi son importance. Il devrait préserver le plus possible les sols. Recouvrir le sol d'engrais vert entre deux cultures principales améliore la structure des sols et prévient la compaction. Un sol sain présente une meilleure capacité de rétention d'eau et se dessèche moins vite. Une teneur élevée en humus donne des résultats similaires.

Nouveaux défis dans la protection des végétaux

La hausse prévue des températures moyennes entraîne de nouveaux défis dans la protection des végétaux. En effet, les insectes ravageurs sont les principaux gagnants du réchauffement planétaire : ils se reproduisent de manière plus rapide, et de plus en plus d'espèces invasives originaires de contrées plus chaudes font leur apparition. De façon générale, les agriculteurs seraient bien inspirés de diversifier leur production. Ainsi, ils pourraient répartir les risques inhérents au climat et diminuer la dépendance de cultures particulières. Les assurances contre la sécheresse et les extrêmes météorologiques gagnent elles aussi en importance, notamment auprès des exploitations disposant d'une part importante de cultures onéreuses.

Trois gaz en ligne de mire

L'Accord de Paris, qui prévoit de contenir l'élévation de la température de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle, contraint chacun des États signataires, dont la Suisse, à améliorer son bilan des gaz à effet de serre (GES) de manière significative. À l'heure actuelle, l'agriculture participe à raison de 13,2% aux émissions totales des GES en Suisse, ce qui fait d'elle le quatrième secteur responsable. Le méthane que produisent les animaux de rente représente près de la moitié des émissions issues de l'agriculture. Vient ensuite le protoxyde d'azote, qui se forme après l'entreposage d'engrais de ferme ou qui s'échappe du sol. Le dioxyde



de carbone provient de la consommation de carburant et s'échappe aussi du sol. Il ressort des chiffres de la consommation alimentaire totale que plus de la moitié des émissions préjudiciables pour le climat issues du secteur de l'alimentation ont lieu à l'étranger. Cette réalité s'explique par la croissance constante des importations en aliments par habitant: entre 1990 et aujourd'hui, elles ont augmenté de 40%.

L'agriculture suisse assume ses responsabilités

L'agriculture suisse veut contribuer à l'amélioration du bilan climatique, notamment parce qu'elle est tributaire du climat à bien des égards. Dans ce cadre, elle est sur la bonne voie. Depuis 1990, ses émissions de GES ont en effet baissé de plus de 11%. Celles dues à la consommation de carburant ont même reculé de plus de 20%. En raison de la complexité des processus biologiques en jeu et de l'éparpillement des émissions de GES sur le territoire, le secteur agricole peine à atteindre des taux de réduction importants. Il existe cependant certaines mesures qui permettent d'améliorer le bilan climatique sur une exploitation. Celles que présentent notamment la garde d'animaux ont un potentiel avéré: une production de lait plus importante chez les vaches laitières et allaitantes améliore le bilan de méthane par animal; les compléments alimentaires tels que les graines de lin inhibent la formation de méthane; le méthane issu de la fermentation

du fumier et du lisier dans les installations de biogaz sert à produire de l'électricité. Dans le cadre de cette dernière mesure, les installations de biogaz ont d'ailleurs une double utilité: la chaleur qu'elles rejettent permet de chauffer les bâtiments. En outre, le digestat donne un engrais de valeur.

Stocker le CO₂ dans les sols

Dans la production végétale, des engrais inhibant la nitrification (p. ex. ENTEC 26) et un épandage plus précis permettent de réduire les émissions de protoxyde d'azote. Les systèmes de production où la formation d'humus permet de stocker le CO₂ dans le sol et où le CO₂ est aussi capté directement dans l'atmosphère d'être fixé à long terme renferment néanmoins un potentiel d'autant plus important. C'est le cas des systèmes agroforestiers, où cohabitent plantes ligneuses et plantes cultivées. Recouvrir le sol d'engrais vert de manière permanente permet de favoriser la formation d'humus et de prévenir les pertes dues à l'érosion. La réduction du labour, l'épandage de résidus végétaux et la mise en place d'une végétalisation intermédiaire contribuent aussi à atteindre ces objectifs.

Beaucoup d'initiatives

En Suisse, il existe de nombreuses initiatives pour la mise en œuvre de mesures de protection du climat dans l'agriculture. Agence du secteur agricole suisse active dans les domaines de l'énergie et de la protection du climat,

AgroCleanTech a pour but de promouvoir une activité agricole qui préserve les ressources et le climat. Elle fournit un service d'intermédiaire et d'information concernant l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et la protection du climat. Ökostrom Schweiz, l'Association sectorielle des exploitants d'installations de biogaz agricole en Suisse, est un autre acteur important. De plus, différentes organisations de producteurs comme aaremilch et IP-Suisse ont lancé des programmes auxquels les exploitations peuvent participer à titre volontaire et dans le cadre desquels elles s'engagent à réduire à moyen terme leurs émissions de GES.

Tous les acteurs sont sollicités

C'est la demande qui détermine la production agricole. La réduction du nombre d'animaux en raison de leurs émissions de méthane ne fera pas de bien au climat si la viande est importée. De manière générale, les consommateurs ont la possibilité d'agir en décidant d'acheter en toute conscience des produits locaux et de saison, et en évitant le gaspillage alimentaire. Il s'agit aussi de résoudre les conflits d'intérêt qui peuvent naître en particulier dans le cadre des mesures promouvant le bien-être animal. Une étude supplémentaire est nécessaire pour tester dans la pratique la mise en œuvre et les effets des stratégies d'adaptation au changement et les mesures de protection du climat. Quoi qu'il en soit, l'agriculture reste active, et ce dans son propre intérêt.



Sommaire

Condensé	3	EN VISITE CHEZ FRÉDÉRIC ZOSSO	
Sommaire	5	« LA COHÉRENCE ÉCOLOGIQUE TOTALE EST UNE GAGEURE »	18
TERRAIN D'ÉTUDE		ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	
L'effet de serre en bref	7	Gestion de l'eau d'irrigation	20
Répercussions du changement climatique sur l'agriculture suisse	7	Culture de nouvelles variétés (résistance et résilience)	23
Scénarios climatiques	7	Techniques culturales et formes de production adaptées au climat	23
Faits et chiffres	10	Augmentation de la pression des ravageurs	25
Analyse sous l'angle de la consommation totale	13	Adaptation aux changements d'un point de vue économique	25
RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE (MITIGATION)		EN VISITE CHEZ KARIN ET SEVERIN KELLER	
Émissions de gaz à effet de serre dans l'agriculture	14	« NOUS VOULONS PRENDRE NOUS-MÊMES LES DEVANTS »	26
Mesures au potentiel avéré	14	CONSÉQUENCES ET PERSPECTIVES	
Autre mesures de protection du climat	14	Sources	30
Le sol: un puits et une source	15	Impressum	31
Agroforesterie	15		
Initiatives suisses pour protéger le climat	16		





Terrain d'étude

Depuis la nuit des temps, agriculture et climat entretiennent des relations étroites. C'est le climat qui détermine ce qui pousse à un endroit ou à un autre. Le changement climatique chamboule la météo et, partant, un pan important de l'agriculture. Au cours de la prochaine décennie, il se pourrait que surviennent des phénomènes météorologiques plus dramatiques, notamment des étés plus chauds et plus secs, accompagnés de périodes caniculaires plus fréquentes. Cette hausse des températures est imputable à l'effet de serre.

L'EFFET DE SERRE EN BREF

Dans l'atmosphère qui entoure notre planète se trouvent différents gaz. Nombre d'entre eux laissent passer le rayonnement solaire, mais retiennent la chaleur que la Terre renvoie dans l'atmosphère. Ce phénomène est appelé « effet de serre naturel » (Fig. 1). Sans lui, il n'y aurait pas de vie sur Terre (Institut Max-Planck).

L'industrialisation a amplifié le phénomène en raison de l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) émis par l'homme (effet de serre anthropique): les émissions dues aux transports, à l'industrie, aux bâtiments, aux déchets et à l'agriculture s'ajoutent aux gaz présents naturellement, retenant ainsi plus de chaleur. Il est possible de mesurer et de prévoir les changements qui en résulteront pour le climat. Font partie des GES naturels la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂) et l'ozone (O₃). Ceux produits par l'homme apparaissent en quantités considérables sous

forme de CO₂, de méthane (CH₄), de protoxyde d'azote (N₂O) et d'autres gaz de synthèse, comme les hydrofluorocarbures et les fluorures de soufre.

RÉPERCUSSIONS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'AGRICULTURE SUISSE

Selon les scénarios climatiques CH2018 présentés en novembre 2018, les conséquences probables du changement climatique pour la Suisse sont en général des températures plus

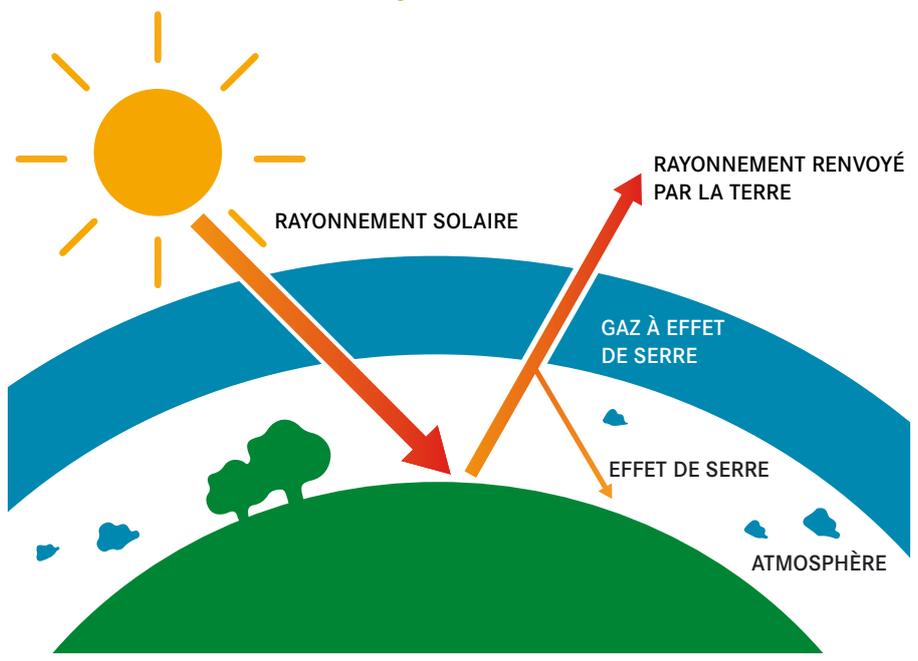
élevées, des étés plus secs, des précipitations plus abondantes, des périodes de sécheresse plus longues et des hivers moins enneigés. La figure 2 montre l'évolution des écarts des températures moyennes par rapport à la moyenne des températures mesurées en Suisse entre 1950 et 2018.

SCÉNARIOS CLIMATIQUES

La quantité d'efforts que déploie le monde pour respecter les objectifs inscrits dans l'Accord de Paris sur le climat donne lieu à différents

Figure 1 : L'effet de serre naturel permet la vie sur Terre

Source : Zoo d'Osnabrück, Sàrl d'intérêt général, 2019



scénarios pour l'évolution du climat jusqu'en 2085.

Le **tableau 1** montre que même l'atteinte des objectifs fixés dans l'Accord de Paris et la limitation du réchauffement à 2°C laissent présager des conséquences négatives. Les répercussions que ressentira la Suisse seront plus marquées que la moyenne mondiale. Aussi la

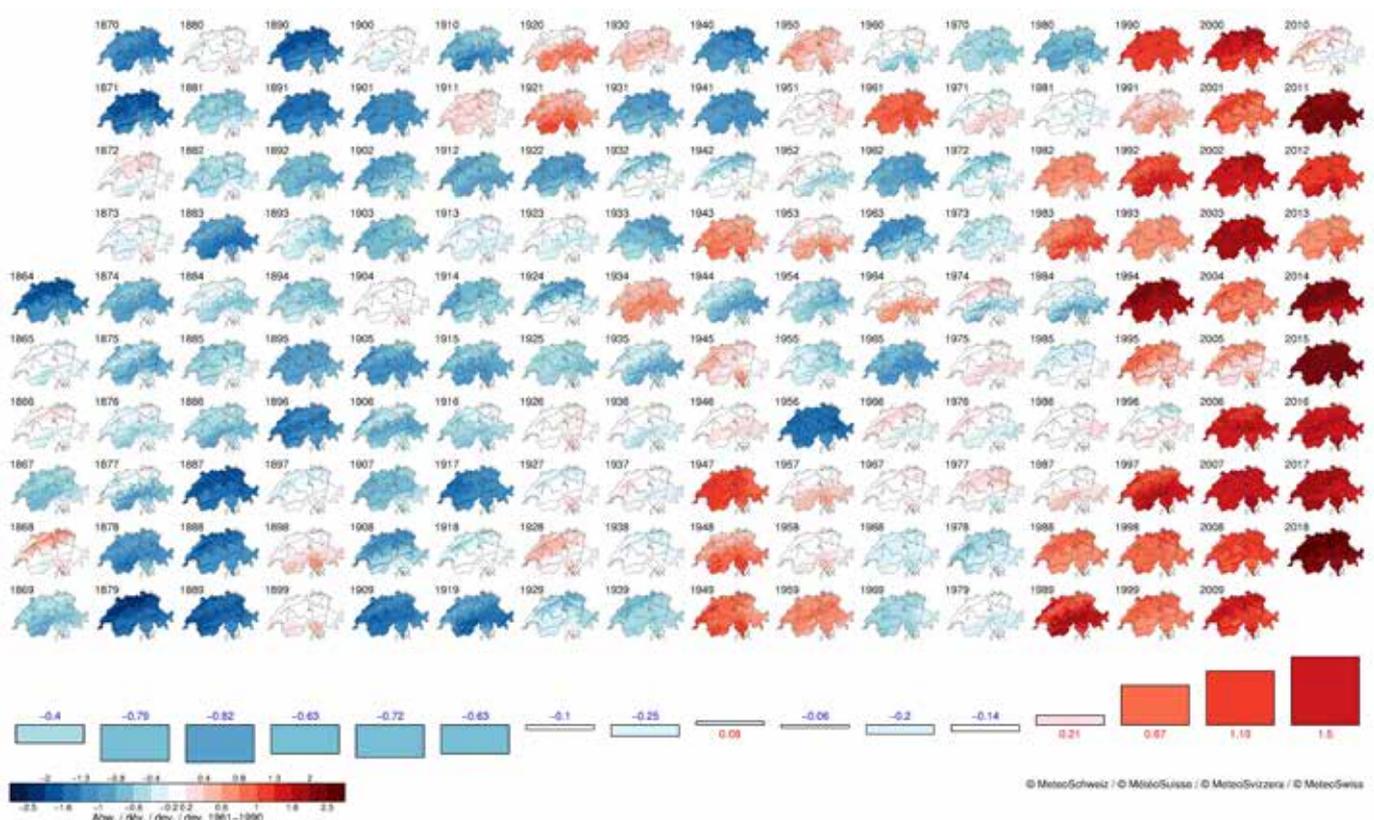
Suisse aurait-elle intérêt à faire tout son possible pour protéger le climat. Cet objectif vaut aussi pour l'agriculture, qui doit, d'une part, continuer de réduire ses émissions et, d'autre part, développer des stratégies d'adaptation.

Si le monde déploie des mesures significatives pour protéger le climat, le scénario correspondant fait état de conséquences aussi bien

negatives que positives pour l'agriculture, du moins à court terme. Des températures légèrement plus élevées seront plutôt bénéfiques pour la vigne et les autres cultures spéciales. Certaines récoltes, p. ex. celle du maïs-grain, pourront aussi profiter de ces températures, du moment qu'elles recevront suffisamment d'eau (Holzkämper A, 2014). De plus, ces conditions prolongeront les périodes de végé-

Figure 2: Écart moyen de température de 1864 à 2018

Source: MétéoSuisse





Conditions cadres légales et politiques

En signant l'Accord de Paris, la communauté internationale s'est fixé l'objectif de contenir l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle. Dans cette optique, les États s'efforcent de ne pas dépasser une hausse des températures supérieure à 1,5°C. L'article 2 de l'Accord de Paris prévoit que la protection du climat ne doit en principe pas menacer la production alimentaire. En ratifiant cet accord le 6 octobre 2017, la Suisse s'est fixé l'objectif de réduire ses émissions de 50% par rapport à

1990 d'ici à 2030. Elle met en œuvre l'accord par le truchement de la loi sur le CO₂, actuellement en révision. Dans le projet de loi, un nouvel objectif de réduction des émissions (des gaz à effet de serre) a été défini pour le secteur agricole. La mise en œuvre passera par une politique agricole adaptée aux circonstances. Comme il est aussi en train d'être débattu de la Politique agricole 2022+, la question de savoir quelles mesures permettront à l'agriculture d'atteindre son objectif de réduction des émissions reste entière.

suffisamment longue, celle-ci entraînant leur montaison et leur floraison. Un adoucissement de l'hiver peut donc nuire à leur épanouissement (H. Lotze-Campen, 2009). Par ailleurs, une augmentation des fortes chaleurs et des sécheresses estivales représente un risque pour les plants de pommes de terre, qui, dans pareilles conditions, interrompent la croissance de leurs tubercules de manière temporaire. La qualité des tubercules pâtit aussi de cette augmentation.

tation, et les cultures peu établies jusqu'alors et présentant des périodes de maturité plus importantes, comme le soja ou le millet, se multiplieront. Les arbres fruitiers nécessitant beaucoup de soleil, comme les abricotiers ou les pêcheurs, pourront eux aussi en profiter et prospérer dans des régions aux conditions peu favorables pour eux à l'heure actuelle.

À moyen terme, il se pourrait que les effets négatifs du changement climatique dominent ses bienfaits pour l'agriculture, et ce même dans le cadre d'un scénario optimiste (mesures significatives pour protéger le climat). En effet, le réchauffement a des répercussions négatives sur des cultures comme les céréales d'automne et les pommes de terre. Les céréales d'automne ont besoin d'une période de froid

En outre, le réchauffement est synonyme d'un accroissement de la pression des ravageurs, car plusieurs générations pourront voir le jour en une période de culture (carpocapse des pommes: 2 à 3 générations contre 1 à 2 aujourd'hui). Qui plus est, la barrière de froid que représentent les Alpes s'affinera, ce qui permettra à des espèces invasives de rejoindre le Plateau depuis le sud.

Tableau 1: Changement climatique en Suisse en fonction du réchauffement global

Source: Académies suisses des sciences

Indicateur climatique	+ 1 degré Situation actuelle	+ 2 degré Protection significative du climat	+ 4 degré Pas de protection
Réchauffement global	Env. 1 degré	Env. 2 degré	Env. 4 degré
Réchauffement en Suisse	Env. 2 degré	Env. 3,5 degré	Env. 6,5 degré
Jours de fortes chaleurs sur le Plateau	Env. 5-10 jours/an	Env. 10-20 jours/an	Env. 30-50 jours/an
Nuits chaudes sur le Plateau	Env. 1-2 nuits/an	Env. 2-5 nuits/an	Env. 15-30 nuits/an
Altitude moyenne du 0°C en hiver	Env. 900 m	Env. 1200 m	Env. 1800 m
Précipitations estivales		Env. -5%	Env. -20%
Jour le plus chaud de l'année sur le Plateau		Env. +2 degrés	Env. +6,5 degrés
Précipitations extrêmes (une fois par siècle)		Env. +5%	Env. +20%



Sous l'effet des périodes de végétation plus longues, la production de fourrages grossiers pourrait augmenter, à condition de disposer d'assez d'eau et d'avoir aménagé un système d'irrigation. Comme il est peu rentable d'irriguer les herbages, il faut plutôt s'attendre à ce que la sécheresse réduise les rendements à moyen terme. Les grosses chaleurs et les pénuries d'eau demanderont aussi d'accorder de plus en plus d'importance à la protection du bétail pour pallier les risques de pertes de rendement ou d'apparition de maladies.

Des précipitations supérieures à la moyenne pourront à leur tour donner lieu à un engor-

gement temporaire du sol et à de l'érosion de celui-ci, ainsi qu'à un danger accru de maladies (Fuhrer, 2010). L'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes liés au climat place donc les agriculteurs suisses face à de nouveaux défis.

FAITS ET CHIFFRES

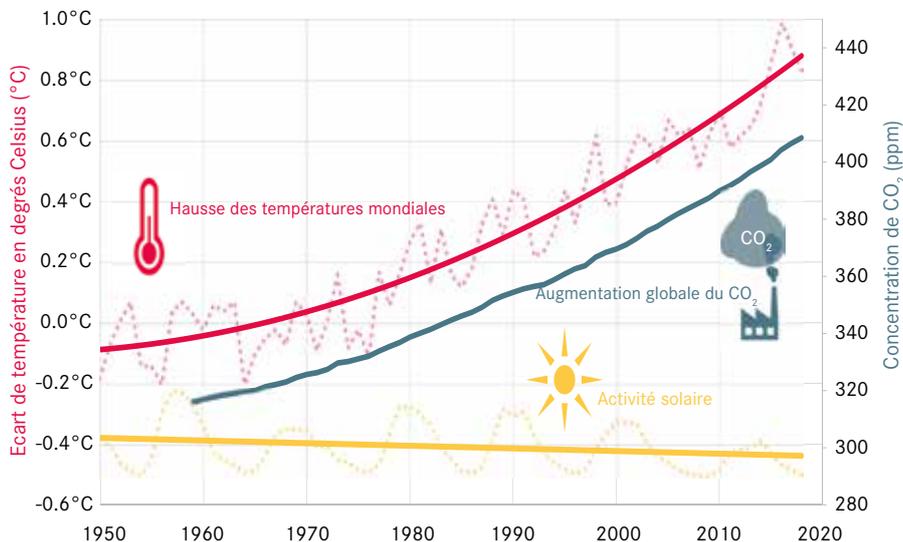
Les changements que connaît le climat en raison de l'émission de GES ont des conséquences très diverses, par lesquelles l'agriculture est aussi concernée. Ce chapitre se penche sur la question de savoir d'où viennent

les GES anthropiques et dans quelle mesure le secteur agricole participe à leur production.

Depuis la révolution industrielle, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté de plus de 40%, principalement en raison de la combustion d'énergies fossiles. À l'échelle planétaire, cette hausse se trouve en corrélation avec celle de la température annuelle moyenne, qui est de 0,85°C supérieure à celle de l'ère préindustrielle. Au cours de chacune des trois dernières décennies, la température à la surface de la Terre était plus élevée qu'au cours de toutes les décennies précédentes depuis le début des mesures vers 1950 (Fig. 3).

Figure 3: Évolution de la concentration de CO₂, température globale et activité solaire dans l'atmosphère terrestre depuis 1950

Source: Académies suisses des sciences, 2016



Sources:
Température globale: NASA/GISS (https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+d5ST.txt) (Aufgerufen am 11.06.2019)
Concentration de CO₂ Mauna Loa: NOAA, ESRL (<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>) (Aufgerufen am 11.06.2019)
Activité solaire: Solar Influences Data Analysis Center (SIDC), Royal Observatory of Belgium (<http://www.sidc.be/silso/datafiles>) (Aufgerufen am 11.06.2019)

Graphique: ProClim | SCNAT

RÉPARTITION DES ÉMISSIONS DE GES PAR SECTEUR

Le taux auquel participe l'agriculture suisse aux émissions de GES (consommation d'énergie comprise) s'élève à 13,2%, soit 6,39 millions de tonnes d'équivalent CO₂. L'agriculture est donc le quatrième secteur responsable des GES anthropiques (Fig. 4). Avec un taux d'émission supérieure à 45%, la garde d'animaux de rente est le premier domaine de l'agriculture en cause (Fig. 5): il s'agit de CH₄, qui se forme lors de processus de fermentation dans l'estomac des ruminants. Vient ensuite le N₂O qui, en s'échappant des sols, produit un tiers des émissions. À la troisième place figure le stockage des engrais de ferme, qui entraîne des pertes d'azote de valeur. La part restante se compose de CO₂ soit produit par la combustion de carburant, soit s'échappant des sols agricoles.



Figure 4: Répartition des émissions de GES par secteur en Suisse selon les dernières données de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre. Source: OFEV, 2019

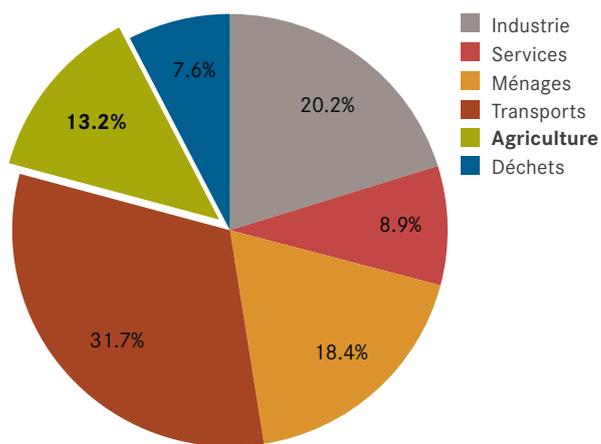


Figure 5: Distribution des émissions de GES dans le secteur agricole suisse en 2016
Source: OFEV, 2019

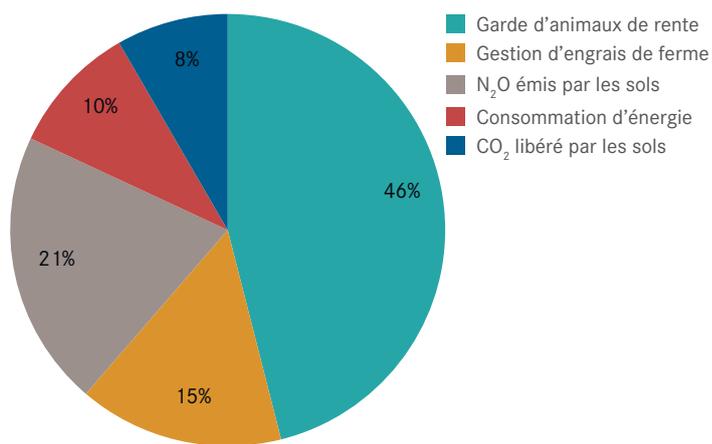


Figure 6: Répartition pour 2016 des émissions de GES par secteur en Allemagne
Source: Ministère fédéral allemand de l'Environnement, 2018

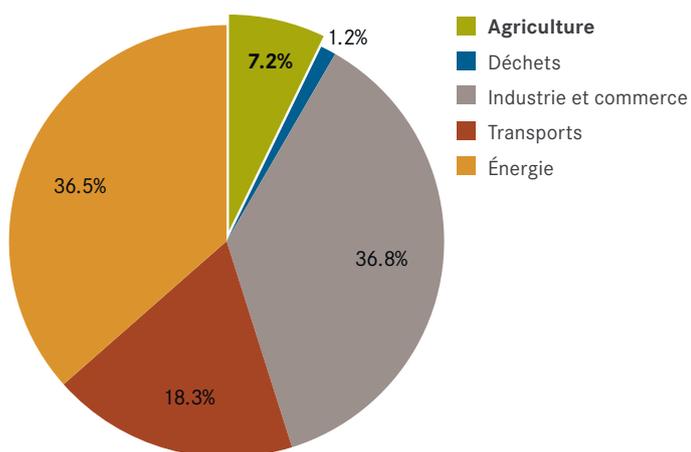


Figure 7: Répartition pour 2016 des émissions de GES par secteur au Brésil
Source: SEEG, 2018

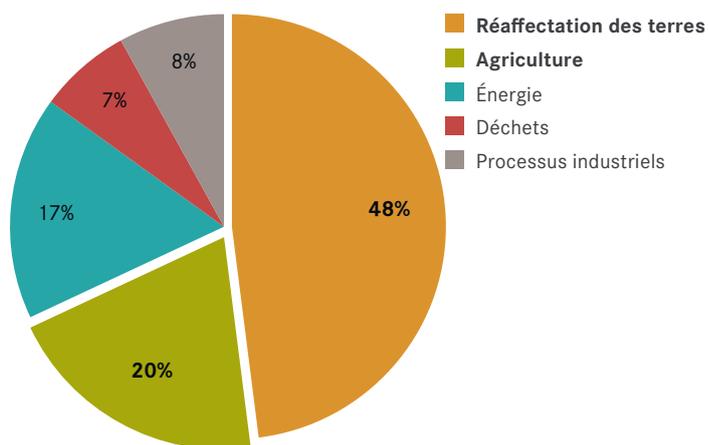
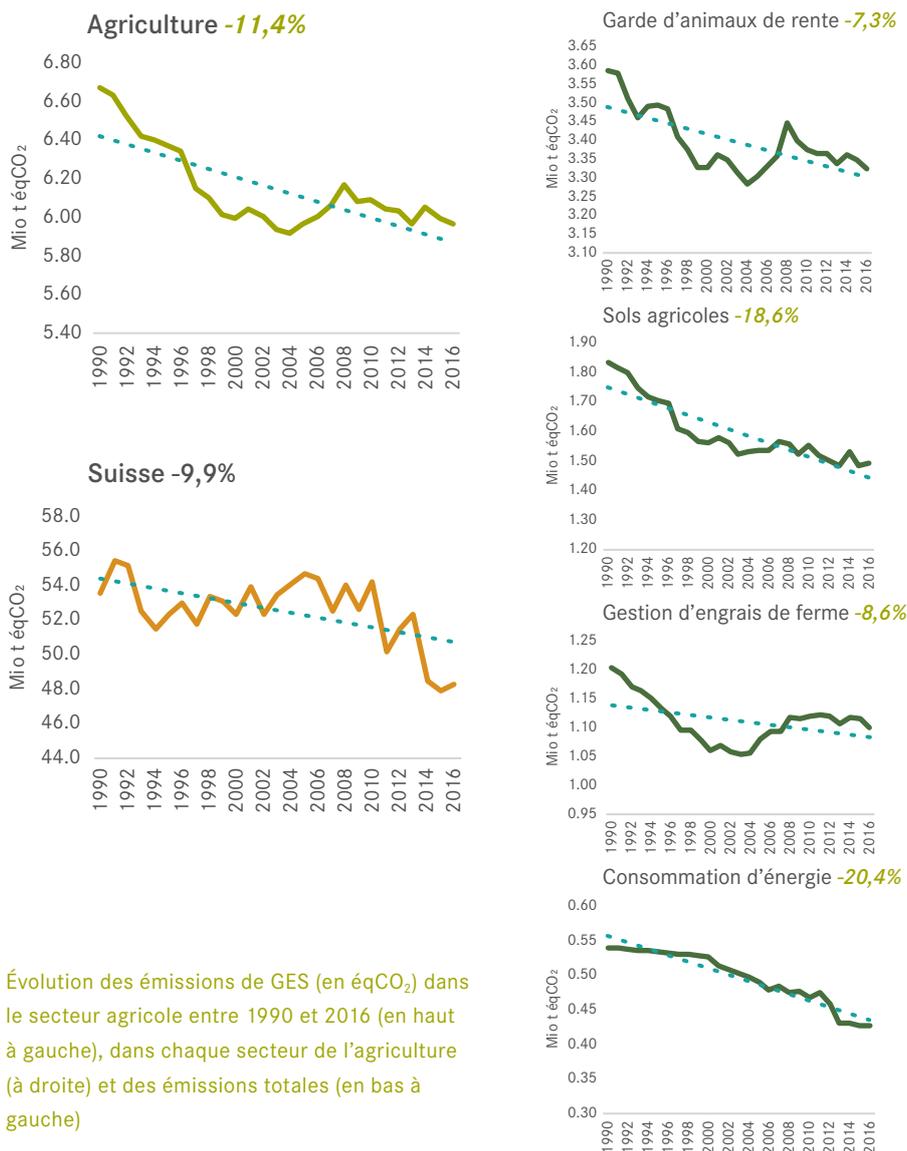


Figure 8 : Évolution des émissions de GES dans l'agriculture suisse entre 1990 et 2016

Source : OFEV (état : 2018)



Évolution des émissions de GES (en éqCO₂) dans le secteur agricole entre 1990 et 2016 (en haut à gauche), dans chaque secteur de l'agriculture (à droite) et des émissions totales (en bas à gauche)

La part de l'agriculture dans les émissions de GES est plus importante en Suisse qu'en Allemagne. À la différence de son pays voisin, la Suisse se distingue par une production d'électricité bas carbone, avec plus de 50% d'origine hydraulique, ce qui fait baisser les émissions de CO₂ du secteur industriel tout entier. En Allemagne, l'énergie est produite en grande partie à partir de lignite, un charbon dont la combustion émet des quantités considérables de CO₂. En d'autres termes, l'Allemagne produit beaucoup plus de GES tous secteurs confondus, ce qui explique pourquoi la part de l'agriculture n'y est que de 7,2% (Fig. 6).

Dans d'autres pays, comme le Brésil, le défrichement des forêts représente la principale activité émettrice de GES. L'agriculture est donc aussi responsable, étant donné que les surfaces déboisées deviennent des champs ou des pâturages. Le taux de 20% auquel contribue la production agricole directe à l'émission GES y est bien plus important qu'en Suisse ou en Allemagne (Fig. 7). Il convient cependant d'interpréter les comparaisons des bilans GES de différents pays avec prudence, car les secteurs ne sont pas toujours divisés de la même manière et que leur ampleur peut par conséquent varier. Dans le cas présent, il s'agit de dégager des grandes tendances.

Les émissions de GES de l'agriculture suisse affichent une baisse de plus de 11% par rapport à 1990 (Fig. 8). En pourcentage, leur recul s'est révélé plus important que celui des émissions totales de la Suisse pendant le même intervalle. Dans les différentes branches de l'agriculture,



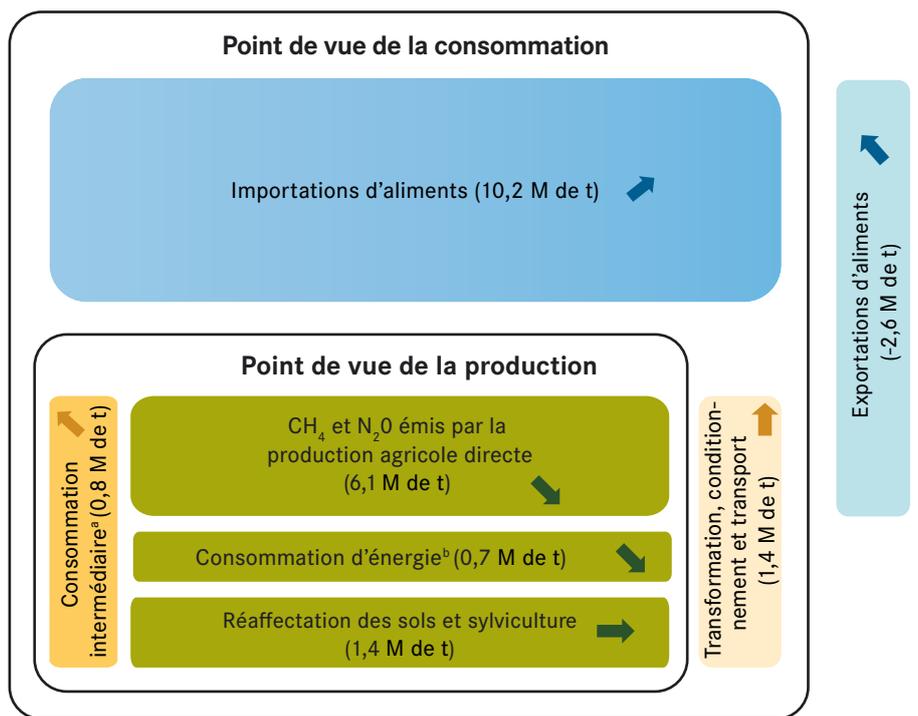
le N₂O s'échappant des sols et le CO₂ issu de la consommation d'énergie affichent les reculs les plus marqués en chiffres relatifs.

ANALYSE SOUS L'ANGLE DE LA CONSOMMATION TOTALE

Dans le cadre du changement climatique, il conviendrait de s'intéresser non pas uniquement à l'agriculture, mais aussi aux habitudes de consommation en général. La figure 9 montre les émissions de GES en considérant la consommation totale des industries agricole et alimentaire suisses. Il est également tenu compte de la transformation, des importations et des exportations des denrées alimentaires.

Tandis que les émissions dues à la production agricole directe diminuent, celles de la consommation totale augmentent. La raison principale réside dans la hausse de presque 90% des émissions de GES imputables à l'importation d'aliments depuis 1990. En d'autres termes, la quantité importée d'aliments et celle de biens de consommation ont presque doublé dans le même intervalle. Cela ne tient pas qu'à la croissance démographique: depuis 1990, le volume d'importation par habitant est passé de 344 kg d'aliments à 490 kg (Office fédéral de la statistique, 2018). Les dernières études, qui montrent qu'environ 75% des dégâts que cause la consommation de population suisse à l'environnement surviennent à l'étranger, corroborent cette tendance.

Figure 9 : Analyse sous l'angle de la consommation totale, en millions de tonnes éqCO₂
Source : Bretscher, 2019



Explication : Les chiffres et les grandeurs correspondent aux émissions produites en 2017 en millions de tonnes d'éqCO₂. Les flèches représentent leur évolution entre 1990 et 2017 : → émissions stables, ↗ augmentation des émissions, ↘ diminution des émissions. a = fabrication de moyens de production agricole (préparation de l'engrais azoté et importation de fourrages); b = consommation d'énergie sur les exploitations agricoles.



Réduction des gaz à effet de serre (mitigation)

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DANS L'AGRICULTURE

Les processus naturels, notamment ceux des cycles du carbone et de l'azote, conduisent à des interactions étroites entre la production agricole et les gaz présents dans l'atmosphère ayant une incidence sur le climat, comme le NH_4 ou le N_2O . L'agriculture favorise ainsi l'effet de serre et, partant, le changement climatique.

À l'échelle planétaire, la production de denrées alimentaires participe aux émissions de GES à raison d'un quart environ (IPCC, 2014). Les principaux facteurs sont le défrichage et l'économie animale. Dans l'ensemble de la production agricole, celle du riz en particulier représente à peu près 10% des émissions de NH_4 (FAO, 2019). En Suisse, la situation est quelque peu différente: comme le pays ne déboise pas les régions pour la production alimentaire et qu'il ne cultive pas de riz, la part principale des émissions de GES de l'agriculture provient de la production animale (voir chap. Faits et chiffres).

En raison de la complexité des processus biologiques (p. ex. dans la panse des ruminants ou par la présence d'organismes dans les sols) et de la dispersion des sources d'émissions de GES sur l'ensemble du territoire, l'agriculture peine à atteindre des réductions notables de ses émissions de GES. Des solutions techniques, comme celles qu'emploie le secteur industriel, ne se laissent pas mettre en œuvre dans le secteur agricole. Les agriculteurs désireux de participer à la protection du climat sur

leur exploitation doivent tenir compte de cette complexité et prendre des mesures dans de nombreux domaines différents. Dans cette optique, ils doivent aussi composer avec d'autres objectifs tout aussi louables (bien-être animal, utilisation des herbages, réduction des produits phytosanitaires, sécurité d'approvisionnement, etc.).

En théorie, il existe une multitude de mesures de protection du climat que l'agriculture peut mettre en œuvre, par exemple dans les domaines de l'énergie, des bâtiments, de la culture des champs et des fourrages, de l'économie animale, de l'épandage ou encore de la gestion des sols. En raison de leurs limites sur les plans technique et pratique ainsi que de leur manque de rentabilité dans leur mise en œuvre, nombre de ces mesures présentent un potentiel limité. En Suisse, l'atteinte de réductions importantes se fait au détriment de la production alimentaire, par exemple via la remise en eau de marais asséchés ou la réduction du nombre de bovins. Or, cette dernière mesure n'a de sens que si la consommation de viande bovine diminue elle aussi. Les mesures présentées ci-après sont axées sur leur fonctionnement dans la pratique et sur le fait qu'elles permettent une production alimentaire rentable.

MESURES AU POTENTIEL AVÉRÉ

En raison de la complexité des processus desquels elles dépendent et des méthodes de mesure laborieuses, les données disponibles

servant à estimer le potentiel de réduction des GES de l'agriculture sont empreintes d'incertitudes. Bien souvent, seules une ou deux mesures à des emplacements spécifiques ne permettent pas de déduire un potentiel général de réduction. Le **tableau 2** montre l'ordre de grandeur des mesures visant à réduire les émissions dans le secteur agricole.

AUTRES MESURES DE PROTECTION DU CLIMAT

Certaines mesures visant à réduire les émissions de GES restent peu étudiées. Aussi leur effet ne peut-il être quantifié. Parmi ces mesures figure l'aération du lisier. D'autres, comme le recyclage de films d'ensilage, ne sont pas comptabilisées comme des mesures agricoles dans l'inventaire. Agroscope est en train d'étudier la mesure prometteuse que constitue le charbon végétal. Utilisé correctement, ce charbon peut conduire entre autres à une formation d'humus supérieure à la moyenne. À l'étranger, des études ont montré qu'un labourage en profondeur permettait d'obtenir le même effet sur le long terme. Dans ce type de labour, le sol d'horizon B, compris entre 50 et 100 cm et pauvre en carbone, est mélangé avec le sol d'horizon A. À long terme, les méthodes d'enrichissement traditionnelles permettent à ce sol d'horizon A, alors appauvri en carbone, de stocker relativement plus de carbone qu'un sol qui n'a pas été labouré en profondeur.

LE SOL : UN PUIT ET UNE SOURCE

Les sols agricoles peuvent être aussi bien des puits que des sources de carbone. Une agriculture ménageant les sols, comme l'épandage d'engrais vert, une diminution du travail du sol ou un assolement approprié, participe à la rétention du carbone dans le sol. Néanmoins, ces mesures de stockage supplémentaire de carbone ne permettent d'atteindre qu'un potentiel relativement minime. Un labour en profondeur

ou l'introduction de charbon végétal de grande valeur constituent des solutions judicieuses pour stocker du carbone sur le long terme. À l'heure actuelle, ces deux solutions n'ont pas encore fait l'objet d'études complètes. Par ailleurs, il s'agit de mesures coûteuses, raison pour laquelle elles n'ont été appliquées qu'à titre d'expérience jusqu'à présent. Une baisse du prix de ces méthodes pourrait en faire des options intéressantes dans le cadre de la production du climat dans le secteur agricole.

AGROFORESTERIE

Les systèmes agroforestiers sont des systèmes multifonctionnels, dans le cadre desquels des arbres et des arbustes plantés de manière ciblée poussent sur les surfaces utilisées à des fins agricoles. Pour croître, les arbres captent le CO₂ présent dans l'atmosphère. Une partie de ce gaz est stockée dans le bois, l'autre est transportée dans l'humus en passant par le système racinaire. Les systèmes agrofores-

Tableau 2 : Potentiel de différentes mesures agricoles pour protéger le climat

Source : Agrocleantech, 2018

Mesure	Description	Potentiel supplémentaire (en t éqCO ₂)	Participation aux émissions agricoles totales	GES concerné en premier lieu
Augmentation de la production journalière des vaches laitières	Pour 30% des vaches laitières : 1 lactation en plus (> 170 000 vaches laitières)	37 200	0,62%	CH ₄
Augmentation des vêlages des vaches allaitantes	Pour 30% des vaches allaitantes : 1 veau de plus par vache (> 36 000 vaches allaitantes)	29 600	0,50%	CH ₄
Compléments alimentaires inhibiteurs de méthane	Nourriture de 30% des vaches (> 200 000 animaux, en tenant compte d'une réduction de 7%)	48 700	0,82%	CH ₄
Installations de biogaz agricole	Réduction supplémentaire des émissions dues aux engrais de ferme, mise à disposition d'électricité et de chaleur produites à partir de sources d'énergie renouvelable	10 000 - 50 000*	jusqu'à 0,84%	CH ₄ / CO ₂
ENTEC 26	Additifs à engrais réduisant la nitrification	13 000	0,22%	N ₂ O
Agriculture de précision	Épandage d'engrais sur les champs de céréales assisté par des capteurs	10 000	0,17%	N ₂ O
Potentiel total : réduction des émissions de GES agricoles		148 500 - 188 500	jusqu'à 3,17%	CH₄/CO₂/N₂O

* Pour l'instant, les conditions cadres desquelles dépend l'extension du nombre d'installations de biogaz restent incertaines. En Suisse, le nombre de ces installations est en hausse à l'heure actuelle. De nombreux projets disposant d'un permis de construire seront mis en œuvre en 2019 et 2020. L'abandon de la rétribution à prix coûtant du courant injecté relance toutefois la question d'une extension. Quoi qu'il en soit, l'injection de biogaz dans le réseau gazier est une piste à exploiter.



tiers permettent de stocker à long terme du carbone dans des sols employés jusqu'alors à des fins purement agricoles et de réduire de manière considérable le CO₂ présent dans l'atmosphère, pour autant que le bois soit transformé après la récolte. Grâce à la protection qu'ils offrent face à une forte érosion, ces systèmes empêchent aussi que ne s'échappe le carbone présent dans les sols.

INITIATIVES SUISSES POUR PROTÉGER LE CLIMAT

Il y a de cela plusieurs années, les agriculteurs suisses ont pris des initiatives pour réduire leurs émissions de GES. Les initiatives suivantes visent à protéger le climat à différents niveaux dans le secteur agricole.

AGROCLEANTECH

Agence du secteur agricole suisse active dans les domaines de l'énergie et de la protection du climat, AgroCleanTech a pour but de promouvoir une activité agricole qui préserve les ressources et le climat. Cette organisation est une plateforme destinée à la transmission de connaissances. Elle fournit un service d'intermédiaire et d'information concernant l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables et la protection du climat. AgroCleanTech développe des programmes de soutien ciblés dans les domaines de l'efficacité énergétique et de la protection du climat pour l'agriculture. Le site www.bilan-energetique-et-climatique.ch lui permet de proposer aux agriculteurs un outil informatique gratuit pour les informer des me-

sures de protection du climat envisageables sur leur exploitation. De plus amples informations sur la protection du climat dans l'agriculture sont disponibles sur www.agrocleantech.ch

ÖKOSTROM SCHWEIZ

Association sectorielle des exploitants d'installations de biogaz agricole en Suisse, Ökostrom Schweiz contribue de manière toujours plus importante à la protection du climat. Les

installations de biogaz remplissent plusieurs fonctions: elles réduisent les émissions de NH₄ en faisant fermenter le lisier et participent à la production d'électricité neutre en CO₂ en mettant à disposition de l'électricité et de la chaleur issues de sources d'énergies renouvelables. Par ailleurs, le processus de fermentation donne lieu à des engrais naturels de grande valeur contribuant à enrichir l'humus. En 2018, les installations de biogaz agricole ont

Protection du climat en Suisse

Fondation KliK

Depuis 2013, la Fondation KliK applique l'obligation légale de compenser pour les entreprises importatrices de carburant. En vertu de la loi en vigueur sur le CO₂, ces dernières sont tenues de compenser au moins 10% des émissions de CO₂ découlant de l'importation de carburant en Suisse. La Fondation investit les moyens financiers qu'elle reçoit dans le cadre de son mandat de compensation dans des projets de protection du climat à l'efficacité avérée réalisés en Suisse. Parmi les prestations de réduction

du secteur agricole figurent aussi bien l'utilisation d'additifs à engrais permettant d'inhiber la nitrification pour faire diminuer les émissions de N₂O que les prestations fournies par les installations de biogaz pour réduire les émissions de NH₄. Le projet de soutenir les compléments alimentaires dans la nourriture des vaches permettant d'inhiber la production de NH₄ se trouve en phase de test depuis un certain temps en raison de la difficulté que pose la vérification statistique de son efficacité.

Programme Ressources de la Confédération

La Confédération alloue des contributions visant à améliorer la durabilité dans l'utilisation des ressources naturelles que constituent les sols, l'eau, l'air, la biodiversité, le climat ou les sources d'énergie dans l'agriculture. Le programme encourage également l'optimisation de l'utilisation durable des moyens de production, tels que les produits phytosanitaires, les médicaments vé-

térinaires, les engrais, les aliments pour animaux ou l'énergie. Le projet AgroCO₂ncept, dans le Flaachtal, (voir le portrait de Karin et Severin Keller à la page 26) et le système de points d'IP-Suisse constituent tous deux des initiatives soutenues par le programme d'utilisation durable des ressources de la Confédération.



enregistré des prestations de réduction de plus de 80 000 tonnes de CO₂ dans les domaines du NH₄, de l'électricité et de la chaleur. À l'heure actuelle, la marge de progression se révèle importante, car seuls 4% des engrais de ferme entrent dans la production d'énergie (voir le portrait de Frédéric Zosso à la page 18).

AAREMILCH

Organisation de producteurs de lait du Plateau suisse, aaremilch a lancé en 2015, en partenariat avec Nestlé, le programme « Lait écophile ». Ce programme vise à encourager une production de lait respectueuse du climat et efficace dans l'utilisation des ressources. En l'espace de quatre ans, des groupes d'exploitations laitières triées sur le volet doivent réduire d'au moins 10% leurs émissions de GES par kilogramme de lait produit. Si elles atteignent cet objectif, les exploitations reçoivent de Nestlé une prime écologique de 2,5 centimes par kilogramme, ainsi qu'au maximum 1000 francs par exploitation et par an pour leur participation à des ateliers et des relevés de données. D'ici à 2022, il est prévu d'écouler au moins la totalité du lait livré à la succursale de Nestlé sise à Kollfingen via le programme « Lait écophile ». Ce programme bénéficie de l'accompagnement scientifique de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires, et du soutien financier de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) dans le cadre de l'ordonnance sur la promotion de la qualité et de la durabilité. Il est prévu d'étendre le programme au domaine de l'affouragement (objectif: moins 20% d'émissions d'ici à 2030).

SYSTÈME DE POINTS D'IP-SUISSE

L'organisation agricole IP-Suisse désire réduire de 10% les émissions de GES sur ses exploitations sans pour autant mettre à mal la production. À cet effet, elle a sélectionné à peu près 30 exploitations pilotes réparties dans trois régions différentes pour vérifier au moyen d'un bilan climatique les efforts qu'elles déploient dans la protection du climat. Entre-temps, ces exploitations testent un catalogue de mesures comprenant des méthodes aussi bien inédites qu'éprouvées. Ce catalogue contient entre autres des mesures dans les domaines de la gestion de l'énergie et de l'épandage d'engrais, ainsi que dans la garde d'animaux. Les premières expériences faites sur les exploitations pilotes montrent que l'objectif d'une réduction de 10% est ambitieux.



« La cohérence écologique totale est une gageure »

Il produit du courant écologique et utilise, à cet effet, surtout le lisier et le fumier de ses propres animaux. Pour ne pas être dépendant de matières premières très éloignées, il a construit « juste » une petite installation de biogaz. Un entretien avec Frédéric Zosso, agriculteur, sur le changement climatique, sa contribution pour la réduction des émissions de CO₂ et les contradictions inhérentes à ces objectifs.

Frédéric Zosso, originaire de Cournillens dans le canton de Fribourg, est un agriculteur très actif. Il est ouvert aux nouveautés et en permanence à la recherche d'améliorations. Le marché peu satisfaisant et l'envie de relever de nouveaux défis l'ont poussé, il y a quatre

ans, à se convertir à la production biologique. Avec une exploitation de 90 hectares dont 45 hectares de grandes cultures, cette étape fut pour lui déterminante. Ce qui le motive aussi, c'est la notion de durabilité : Dès 2013, il a mis en route une petite installation de biogaz sur son exploitation et équipé la partie du toit de l'étable orientée vers le sud de panneaux solaires sur une surface de 2000 m² : « Cela me permet de produire environ 1 million de kW/h de courant écologique ». Pour l'exploitation, il a besoin environ de 10% de sa production énergétique. Il utilise la récupération de chaleur de l'installation de biogaz pour sécher le foin, les grains de maïs, les céréales, les lentilles, le colza ou le bois.

« Transporter les matières premières sur de longues distances est une absurdité écologique »

Le lisier et le fumier de ses bêtes ajoutés au fumier de volaille et de cheval de deux voisins lui servent de matière première pour son installation de biogaz. Sa décision d'exploiter aujourd'hui une installation relativement modeste vient de son refus de transporter les matières premières sur de longues distances pour ne pas nuire à l'environnement. Des personnes comme lui, on n'en trouve pas beaucoup en Suisse. « L'installation fonctionne jour et nuit et est donc soumise à une forte usure. Les dérangements, grands ou petits, sont relativement fréquents. Parfois, j'ai juste envie d'enfourer tout cela dans un immense trou et de ne plus y penser », soupire-t-il de manière théâtrale, tout en faisant un clin d'œil. Le lisier obtenu après fermentation est déversé dans une ins-

L'exploitation en chiffres

90 ha de surface agricole

45 ha de grandes cultures (20 ha de blé tendre, 8 ha de pommes de terre, 2 ha de carottes, 1 ha de colza, 1 ha d'épeautre, 2 ha de blé dur, 2 ha de lentilles, 5 ha de maïs grain, 4 ha de céréales fourragères)

70 vaches laitières avec une moyenne à l'étable de 8000 litres. La traite se fait avec un robot. 60 têtes de jeune bétail

Personnel sur la ferme : Le couple exploitant, le père, un employé, un apprenti

tallation séparée. Il récupère ainsi une solution aqueuse riche en nutriments et aussi une sorte de compost. Ces deux substances constituent un engrais naturel très riche et sans odeur pour ses cultures.

Tributaire de la météo et affecté par le changement climatique

Frédéric se pose des questions sur le changement climatique. Il trouve que les conditions météorologiques deviennent plus extrêmes en Suisse. Selon lui, il y a aujourd'hui bien plus souvent de très longues phases de sécheresse ou d'humidité extrêmes. En 2018, il a souffert, lui aussi, de l'absence de pluie. C'est surtout sa récolte fourragère qui a été affectée en donnant presque 40% de moins que les années ordinaires. Comme il n'a pas pu se résoudre à vendre ses bêtes, il a dû acheter du fourrage en plus. « En fait, j'ai été surpris que les grandes cultures aient si bien supportées la sécheresse ». Il impute cela à un sol profond et riche en humus dont il prend grand soin. Il applique,



Frédéric Zosso exploite son installation de biogaz avec le purin et le fumier de ses vaches laitières.



entre autres, deux méthodes qui permettent d'absorber le CO₂ de l'atmosphère tout en formant de l'humus : un engrais vert pendant l'hiver ou le travail du sol tout en le préservant (rotation des cultures, absences de labour etc).

Manque de tolérance de la part des consommateurs

En 2018, il a subi une très grande perte économique avec les pommes de terre. Elles avaient, en fait, étonnement bien supporté la sécheresse malgré un manque d'irrigation. Une récolte record s'annonçait avec des tubercules magnifiques. Puis le ver fil de fer est arrivé cherchant des restes d'humidité et il a grignoté les pommes de terre. Les tubercules étaient tout à fait mangeables et le dommage subi assez minime, mais ces traces sur les pommes de terre ont rendu la récolte invendable. Elles ont terminé en fourrage pour les bêtes. « Du gros gaspillage », estime Frédéric. C'est précisément quand on veut des aliments produits en respectant l'environnement qu'il devrait y avoir plus de tolérance quand l'aspect n'est pas irréprochable. C'est ce qui manque aujourd'hui chez les consommateurs. Il a également été pénalisé avec les carottes, non pas parce qu'elles avaient subi un dommage mais parce qu'elles n'avaient pas la forme requise par le marché.

Espérance dans les nouvelles technologies

Et où voit-il des possibilités pour réduire ses émissions ? « Il y a beaucoup de petites marges de progression. Personnellement, je place beaucoup d'espoir dans les nouvelles technologies, par ex. quand de petits robots autonomes

seront capables de désherber les champs. » Car, depuis le passage à la production biologique, il procède à un désherbage mécanique régulier, ce qui a fait augmenter sa consommation de carburant et donc ses émissions de CO₂. Ce genre de contradiction au niveau pratique est fréquent dans l'agriculture quand on poursuit des objectifs au niveau de l'orientation générale. Et donc de tout vouloir faire correctement relève vraiment de la gageure. Faire paître les animaux au pré est également un bel exemple : « Est-ce mieux de faire brouter les animaux dans les prés le plus possible, tout en sachant qu'ils nuisent davantage au climat avec leurs « pets » ? Ou vaut-il mieux couper l'herbe mécaniquement et la leur apporter à l'étable tout en sachant qu'on consomme plus de carburant ? », se demande-t-il. À côté du contrôle des émissions, il faudrait aussi prendre en compte le bien-être animal.

Nourrir localement

Questionné sur ses idées pour l'avenir, Frédéric mentionne les deux poulaillers de ponte avec une capacité chacun de 2000 pondeuses, qu'il construit actuellement. Il en va de même pour le développement de la vente directe, qu'il pratique déjà aujourd'hui. Sa nouvelle idée est de produire lui-même son huile à partir du colza et de transformer le blé dur en farine et en pâtes et, d'une manière générale, d'élargir son offre avec des produits spécifiques comme les lentilles. Pourtant concernant la vente directe, il serait souhaitable que ce soit surtout les locaux qui viennent faire leurs courses et idéalement à vélo. « Ce n'est pas le cas aujourd'hui. Je ne connais pas un grand nombre de mes clients. Ils viennent en voiture surtout de Fribourg ou de zones plus éloignées », constate Frédéric. Sa vision reste de fournir aux gens qui vivent à proximité de sa ferme des aliments bio et sains, produits de manière durable.



De la fermentation, il résulte un résidu solide, une sorte de compost, qui est un bon engrais pour les cultures.



Adaptation au changement climatique

Pour l'agriculture suisse, les conséquences du changement climatique sont parfaitement perceptibles. En 2018, une zone de haute pression très stable a entraîné une phase de plusieurs mois sans qu'il ne tombe une seule goutte de pluie sur tout le pays et, partant, une sécheresse supérieure à la moyenne. Au printemps 2017, des gels tardifs dévastateurs ont pris les producteurs par surprise, donnant lieu à d'importantes pertes de rendement dans l'arboriculture et la viticulture. L'augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes et la hausse des températures moyennes confrontent les exploitations agricoles à de nouveaux défis, les forçant à agir de sorte à faire baisser les risques inhérents (Tab. 3).

Le secteur agricole dispose de différentes mesures pour contrer les conséquences négatives du changement climatique et faire baisser le risque de pertes de rendement. L'efficacité, la structure de l'exploitation et les moyens disponibles sont à la base du choix d'une mesure.

GESTION DE L'EAU D'IRRIGATION

CONSOMMATION

Pour assurer la quantité et la qualité de la récolte lors d'une année sèche, le secteur agricole irrigue différentes cultures. Les légumes, les fruits poussant sur des arbres basse tige et les baies en particulier ont besoin de beaucoup d'eau. L'irrigation des cultures représente environ 10% du besoin total en eau de la Suisse (Fig. 10). Près de la moitié de cette quantité est utilisée sur les surfaces herbagères. À titre

de comparaison, l'irrigation des cultures représente environ 30% du besoin en eau en Europe, et 70% dans le monde entier (Weber & Schild, 2007). Dans les régions généralement sèches telles que le Valais, l'irrigation des prairies est une tradition séculaire, comme en témoignent les fameux bisses. L'OFAG estime la consommation en eau de l'agriculture suisse à 144 millions de m³ lors d'une année moyenne, pendant laquelle 5 à 6% de la surface agricole utile est irriguée. Le Valais est le canton qui irrigue le plus ses terres.

Le besoin en irrigation varie beaucoup d'une région à l'autre. Ce besoin dépend des conditions climatiques locales, de la nature du terrain et des cultures pratiquées (Fig. 11). Pour se préparer aux conditions sèches à venir, les exploitations dont la part de cultures ayant besoin d'irrigation est importante peuvent recourir aux pompes à eau, aux conduites d'eau directes ou circulaires ainsi qu'à des installations d'irrigation. Ces investissements valent la peine uniquement dans les cultures à forte valeur ajoutée. Par contre, ils ne présentent aucun intérêt dans le cadre des céréales ou des prairies, même dans les scénarios les plus extrêmes (Zorn & Lips, 2016).

RÉPARTITION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

Il est possible de répartir les coûts d'investissement en mettant sur pied des projets et des communautés d'irrigation inter-exploitations. Dans le meilleur des cas, la coordination de ces projets se fera à grande échelle et dans l'ensemble du secteur. À l'avenir, les projets

d'amélioration foncière devraient fournir, en plus du système de drainage, les infrastructures nécessaires pour une irrigation à la hauteur des besoins. L'exemple du Flaacherfeld, dans le canton de Zurich, où la construction d'une installation d'irrigation commune à douze propriétaires fonciers s'est vue intégrée dans un projet d'amélioration, montre que de tels projets sont prometteurs. L'installation en question consiste en une nouvelle station de pompage d'eau du Rhin équipée de deux pompes et 4,3 km de canalisations de distribution avec raccordements aux réseaux existants. Elle permet d'irriguer 70 hectares de terres (OFAG, 2018).

CONFLITS D'UTILISATION

Comme le changement climatique entraîne une augmentation des besoins en irrigation, des conflits d'utilisation s'accroissent et de nouvelles questions environnementales se font jour. En outre, l'eau disponible diminue à mesure que les besoins augmentent. Si le débit des ruisseaux et des rivières ne suffit plus, les cantons peuvent suspendre les autorisations de captage en vigueur. Les agriculteurs se voient alors contraints de sauver la récolte en irriguant leurs cultures avec de l'eau potable achetée au prix fort. C'est pourquoi il est important, en particulier dans les zones à risque, d'associer des stratégies aux raccordements aux systèmes d'irrigation pour désamorcer les éventuels conflits d'utilisation.



Tableau 3 : Aperçu des stratégies et mesures d'adaptation au changement climatique

Source : Union suisse des paysans, 2019

Champ d'action	Possibilités d'adaptation	
Gestion de l'irrigation		<p>Infrastructure économique</p> <p>Systèmes plus efficaces d'irrigation et utilisation adéquate</p> <p>Sondes souterraines pour mesurer le taux d'humidité</p> <p>Projet pour désamorcer les conflits d'utilisation</p> <p>Stockage de l'eau dans des réservoirs et des bassins de rétention</p>
Labour des sols		<p>Mesures favorisant la formation d'humus</p> <p>Labours ménageant les sols</p> <p>Couvert végétal permanent</p>
Sélection des variétés et des cultures		<p>Résistance à la sécheresse et à la chaleur</p> <p>Assimilation plus efficace de l'eau et des éléments nutritifs</p>
Systèmes de culture alternatifs		<p>Foresterie</p> <p>Semis directs</p> <p>Cultures alternatives plus adaptées à un climat sec</p>
Prolongement éventuel des périodes de végétation		<p>Déplacement des moments de semis et de récolte</p>
Protection des végétaux		<p>Lutte intégrée contre les ravageurs</p> <p>Surveillance des nouveaux ravageurs</p>
Adaptation économique		<p>Diversification de la production</p> <p>Assurances contre la sécheresse et les extrêmes météorologiques</p>



Figure 10: Surfaces irriguées en Suisse en fonction des cultures et répartition de la consommation d'eau en Suisse

Source: Relevé complémentaire de l'OFAG, 2013; Commission suisse d'hydrologie, 2013

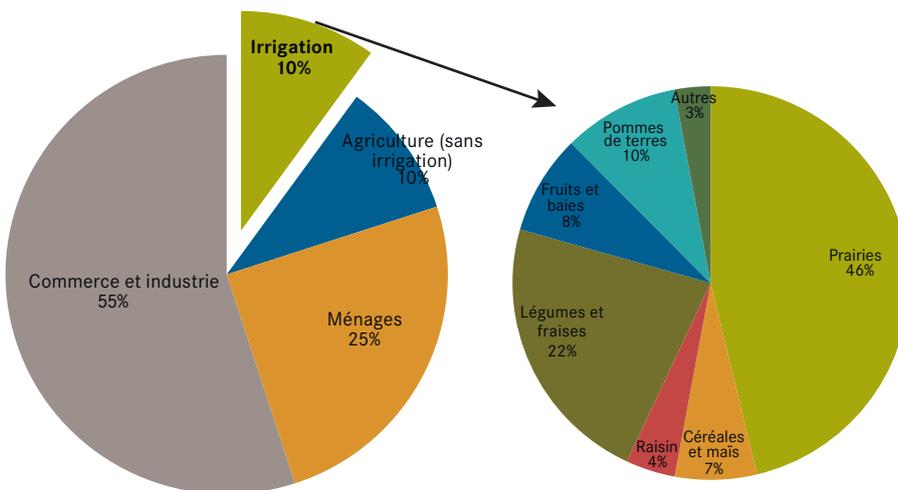
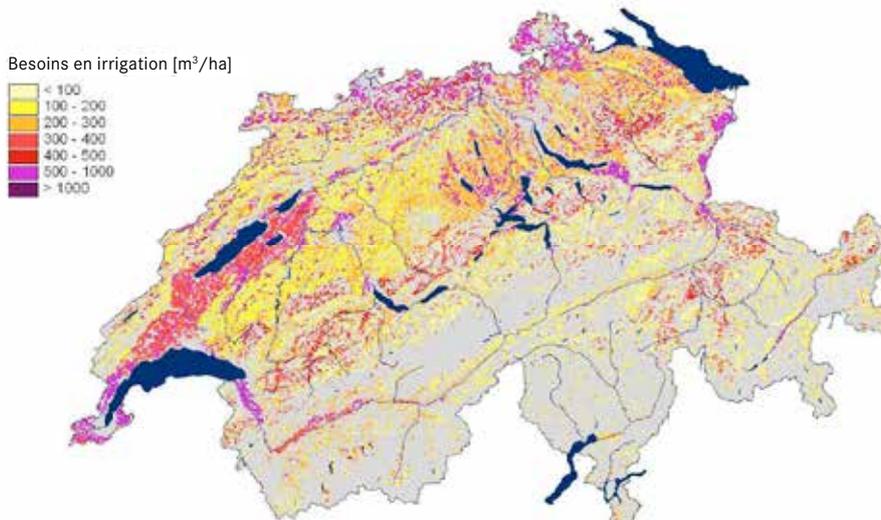


Figure 11: Besoins moyens en irrigation pour quelques années les plus sèches

Source: Fuhrer, 2010



PROJETS PILOTES DE LA CONFÉDÉRATION POUR S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Entre 2013 et 2017, dans l'optique de s'adapter aux futurs défis climatiques, la Confédération a exécuté la première phase de projets pilotes, qui entend initier des projets innovants et exemplaires d'adaptation au changement climatique dans différents cantons et différents secteurs. Entre 2018 et 2022 a lieu une deuxième phase de projets pilotes. Les projets mentionnés dans le **tableau 4** sont particulièrement intéressants pour le secteur agricole, surtout en matière de gestion de l'eau.

ACCROISSEMENT DE L'EFFICACITÉ DE L'IRRIGATION

Le problème de l'amenuisement de l'offre requiert une utilisation parcimonieuse des ressources en eau. Dans ce cadre, les mesures suivantes figurent au premier plan :

- Irriguer si possible la nuit et par vent nul
- Tirer profit des techniques d'irrigation telles que la micro-irrigation (remarque: ces techniques multiplient les coûts par hectare et par an (Rüsch, 2018))
- Augmenter la rétention d'eau pour compenser les besoins journaliers
- Effectuer un suivi proche de la pratique de l'humidité des sols au moyen de sondes souterraines pour déterminer avec le plus de précision le moment de l'irrigation (Keiser, 2018).



CULTURE DE NOUVELLES VARIÉTÉS (RÉSISTANCE ET RÉSILIENCE)

Dans les cultures végétales, la résistance à la canicule et au stress de la sécheresse joue un rôle de plus en plus important. La culture de variétés robustes, résistantes et à bon rendement constitue une mesure d'adaptation intéressante pour l'agriculture. Il est attendu du domaine de la sélection végétale qu'il prenne en compte ces nouvelles exigences et augmente la résistance ces plantes. Dans ce cadre sont poursuivies différentes stratégies de sélection :

- Prolonger la période de floraison pour augmenter la capacité de régénération suite à des dommages causés par le froid, la chaleur ou la sécheresse

- Préférer une densité de stomates moins importante pour mieux réguler l'évaporation
- Privilégier les systèmes racinaires profonds
- Diminuer la sensibilité aux ravageurs
- Étendre le spectre des variétés disponibles dans la culture fourragère pour améliorer la qualité et la digestibilité des plantes résistantes à la sécheresse
- Utiliser et croiser d'anciennes variétés robustes

La sélection de caractères « résistance au climat » ne doit pas se faire au détriment d'autres objectifs de sélection importants. Seule la pratique permettra de déterminer la meilleure stratégie et les caractères fructueux sur le long terme.

TECHNIQUES CULTURALES ET FORMES DE PRODUCTION ADAPTÉES AU CLIMAT

Les scénarios du climat à venir déterminent le mode de production agricole à moyen et à long termes. Dans la production, les adaptations aux changements n'ont rien de nouveau. En effet, le secteur agricole évolue de manière constante au gré d'influences externes et des nouvelles possibilités technologiques. Cela étant, comment peut-il s'adapter au changement climatique ?

FAVORISER LA QUALITÉ DES SOLS

Le changement climatique a des répercussions sur les sols: les risques de dessèchement et d'érosion augmentent. Le temps que met un

Tableau 4: Projets pertinents pour l'agriculture retenus pour la première phase (2018-2022)

Source: OFEV, 2019

Projet	Région pilote	Responsable	Accompagnement directionnel	Accompagnement spécialisé
Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Quellwasser-Versorgung der Glarner Alpen	Canton de Glaris	Administration cantonale de Glaris	Division Hydrologie de l'OFEV	
Chancen und Risiken einer möglichen Grundwassernutzung zu Bewässerungszwecken für die Landwirtschaft	Canton de Schaffhouse	Génie civil de Schaffhouse (TBA)	Division Hydrologie de l'OFEV	OFAG
Mehrzweckspeicher Fuorcia/Nagens zur Anpassung an Sommertrockenheiten	Canton des Grisons	Flims Electric AG	Division Hydrologie de l'OFEV	OFEN
Handlungsoptionen entlang kleiner und mittlerer Gewässer bei Sommertrockenheit	Canton de Bâle-Campagne	Service de l'Environnement et de l'Énergie du canton Bâle	OFAG	Division Hydrologie de l'OFEV
Retenues d'eau multi-usages: une nécessité pour l'irrigation future ?	Canton du Valais	Service Eaux & Énergies	Division Hydrologie de l'OFEV	OFAG
Landwirtschaft und Bewässerung im Klimawandel - Anpassung als Chance!	Canton d'Argovie	Département Paysage et Eaux du canton d'Argovie	OFAG	Division Hydrologie de l'OFEV



sol à se dessécher dépend en grande partie de sa capacité à retenir l'eau. Une structure optimale du sol et une part suffisante d'humus sont gages d'une bonne capacité de rétention (Académies suisses des sciences, 2016). Des mesures telles que l'agriculture à circulation raisonnée (*controlled traffic farming, CTF*), le réglage de la pression des pneumatiques, l'utilisation de pneumatiques pour roues doubles ainsi qu'une réduction du labourage ont des effets bénéfiques et améliorent les fonctions de compensation du sol face aux extrêmes climatiques. Pour ce qui est de la CTF, une charge importante devra être prise en compte en raison du peu d'espace dont disposent les parcelles et de la diversité des surfaces d'assolement en Suisse (Anken, 2018). De plus, la

réduction du labourage dans les régions aux sols plutôt humides entraîne une augmentation du risque de compaction. L'épandage d'engrais vert, le plantage de sous-semis et la mise en place de cultures intermédiaires accroissent la résistance des sols. Ces mesures favorisent la formation d'humus, diminuent l'évaporation de surface et réduisent les risques d'érosion grâce au couvert végétal permanent.

SYSTÈMES AGROFORESTIERS

Les formes de production alternatives permettent aussi d'obtenir des résultats similaires. C'est le cas par exemple des systèmes agroforestiers: sur une même parcelle s'alternent les bosquets d'arbres ou de buissons et les cultures ou les herbages (voir aussi la

partie sur la protection du climat). Les forêts agricoles participent de manière efficace à l'adaptation à des conditions plus chaudes et plus sèches. Ce système de gestion des terres permet une utilisation plus efficace des éléments nutritifs, de l'eau et de la lumière. L'ombre des arbres réduit les températures de manière ciblée. Le réseau racinaire profond a aussi la capacité de capter l'eau présente dans les horizons inférieurs, ce dont profitent alors les sous-cultures, comme les petits fruits et les céréales. Cette propriété permet aussi d'augmenter la formation d'humus, améliorant la capacité de rétention des sols de manière considérable et en rendant ceux-ci plus résistants à la sécheresse.

Tableau 5 : Insectes ravageurs ayant fait leur apparition en Suisse

Source : Agroscope, 2019

Nouveaux insectes ravageurs en Suisse	Origine	Plantes-hôtes	Domages
Moucheron asiatique <i>Drosophila suzukii</i> 	Asie du Sud-Est	Petits fruits, cerises, raisin, pruneaux	Infection des fruits, infections secondaires, forage par les larves, formation de vinaigre dans les fruits
Punaise marbrée <i>Halyomorpha halys</i> 	Chine	Env. 200 cultures végétales	Déformations, bosses, brunissement et points d'affaissement des fruits en maturation, infections secondaires et altération du goût
Cynpis du châtaigner <i>Dryocomus kuriphilus</i> 	Chine	Châtaigners	Disparition des pousses, production moindre de châtaignes et diminution du feuillage au niveau de la cime



CULTURES DE NOUVELLES PLANTES

Le réchauffement planétaire représente aussi une chance de cultiver de nouvelles plantes, dont la culture était jusqu'alors impossible en Suisse en raison du climat (Battisti, 2009). De plus, la culture de nouvelles plantes plus résistantes à la sécheresse et à la chaleur gagnent en importance, comme en témoigne l'exemple de la patate douce, appréciée par un nombre croissant de consommateurs. Ce tubercule de la famille des convolvulacées est originaire des régions chaudes d'Amérique latine. Il a besoin de beaucoup de chaleur, d'un climat doux et de longs étés pour se développer au mieux. C'est pourquoi il pourrait jouer un rôle important aussi en Suisse à l'avenir (Weisskopf, 2016).

AUGMENTATION DE LA PRESSION DES RAVAGEURS

En Suisse, la plupart des insectes et des adventices sont les grands gagnants du réchauffement planétaire. En effet, les mois d'été plus chauds, les périodes de végétation plus longues et les hivers plus doux favorisent leur développement et leur donnent plus de chances de se propager. Par ailleurs, de nouveaux ravageurs originaires de contrées plus chaudes émigrent déjà en Suisse, menaçant les cultures indigènes (tab. 5).

PROTECTION INTÉGRÉES DES VÉGÉTAUX

Une lutte plus inclusive pourra enrayer à long terme la pression croissante des dommages.

Des mesures préventives et une prise en compte de différents instruments de décision forment la base de ce projet. Les mesures de lutte directe de la stratégie intégrée de la protection des végétaux ne viennent qu'en second. Ces mesures peuvent être de nature biologique, physique ou, en dernier lieu, chimique. La protection intégrée des végétaux permet de lutter de manière préventive contre le développement de résistances, dont le risque augmente aussi en raison du réchauffement planétaire et, partant, de la prolifération grandissante de ravageurs.

SURVEILLANCE

Les conditions climatiques à venir favoriseront l'établissement de nouvelles variétés. En Suisse, il sera même possible que des insectes ravageurs atteignent des régions d'altitude. C'est pourquoi les modèles permettant d'estimer et de prédire la dispersion de certains de ces insectes problématiques pour l'agriculture gagnent eux aussi en importance. À l'heure actuelle, les stations de recherche suisses s'emploient à créer ou à affiner de nouvelles stratégies de surveillance pour comprendre suffisamment tôt la dispersion et la dynamique d'extension de ces ravageurs invasifs. Ces stratégies se révèlent être des outils importants lorsqu'il s'agit de décider des mesures de lutte (Stöckli, 2018).

ADAPTATION AUX CHANGEMENTS D'UN POINT DE VUE ÉCONOMIQUE

Les agriculteurs peuvent non seulement s'adapter au changement climatique en mettant en œuvre des mesures agronomiques, mais aussi se préparer aux défis à venir en déployant des mesures applicables à l'ensemble de leur exploitation. Ainsi, une diversification des cultures ou des domaines de production permet de répartir les risques inhérents au climat et de diminuer la dépendance des cultures uniques.

Les assurances contre la sécheresse et les extrêmes météorologiques gagnent elles aussi en importance, notamment auprès des exploitations disposant d'une part importante de cultures onéreuses et d'un manque de possibilités d'irrigation. Certains assureurs privés proposent déjà ce genre de solution. À moyen terme, il faut aussi s'attendre à une hausse de la demande en assurances contre les dégâts causés par le gel et dus à des périodes de floraison de plus en plus précoces. Enfin, la politique sera elle aussi mise à contribution pour renforcer de telles solutions d'assurances dans un esprit de solidarité.



« Nous voulons prendre nous-mêmes les devants »

Comme leurs sols se dessèchent vite, Karin et Severin Keller disposent du matériel nécessaire pour irriguer leurs cultures. Aux endroits où l'irrigation n'est pas possible, ils misent sur des plantes fourragères résistantes à la sécheresse, comme la luzerne ou le sorgho, et utilisent aussi du charbon végétal pour stocker l'humidité.

« Le changement climatique est une réalité, et nous autres, paysans, percevons ce changement sans doute plus que d'autres personnes. Chez nous, les orages violents sont plus fréquents qu'avant. Nous avons aussi plus de vent », constatent Karin et Severin Keller. Ils gèrent les deux exploitations de leurs parents à Uhwiesen/Benken et à Volken (ZH), soit une surface agricole utile de 42 hectares avec des

carottes, des betteraves sucrières, du blé, du maïs, des tournesols et des prairies temporaires, de même que 75 vaches laitières et 50 animaux d'élevage, le tout dans une communauté partielle d'exploitation.

Le Rhin, une source d'eau sûre

Uhwiesen se trouve dans une ancienne zone inondable du Rhin. Les sols y sont donc très fertiles et très sablonneux. Le fait qu'ils se dessèchent très vite et qu'ils tendent à s'éroder constitue le seul inconvénient. Pendant les années sèches, comme celles assez fréquentes de ces derniers temps, cet inconvénient signifie que, sans irrigation, rien ne va. Karin et Severin ont la chance que leurs parents aient déjà installé un système d'irrigation dans tous leurs champs à Uhwiesen : « De plus, le Rhin est notre

L'exploitation en chiffres

42 ha de surface agricole utile

33 ha de grandes cultures (8 ha de pommes de terre, 2,5 ha de betteraves sucrières, 3,6 ha de blé, 12 ha de maïs, 2 ha de tournesols, 5 ha de prairies temporaires) et 5,5 ha de forêt

75 vaches laitières et une production moyenne de 10 000 litres. Prix du lait : 50 ct. + supplément

50 têtes de jeune bétail

Depuis juin 2019 : bed & breakfast et nuitées dans un igloo de bois

Main-d'œuvre : couple (chefs d'exploitation), parents et aides saisonnières

source d'eau. Nous n'avons pas à craindre de limitation de captage, même pendant les années sèches.» Par rapport à d'autres familles paysannes de Suisse, ils sont donc privilégiés.

Des sondes souterraines pour améliorer la consommation d'eau

« En 2018, la pluie est restée aux abonnés absents un sacré moment. Nous avons dû irriguer trois mois durant », raconte Severin. Notamment les champs de pommes de terre, mais aussi les surfaces fourragères pour les animaux. Pour réduire l'évaporation et ainsi la consommation d'eau, ils n'irriguaient que pendant la nuit. Cette façon de faire a impliqué des levers répétés pour allumer ou éteindre les installations et une consommation accrue en électricité. Malgré tout, ces mesures n'ont pas suffi : au final, le rendement des betteraves sucrières s'est révélé mauvais. Pour irriguer le



Karin et Severin Keller adaptent leur exploitation au changement climatique.



plus juste possible les champs de pommes de terre, les Keller travaillent avec des sondes souterraines pour mesurer l'humidité résiduelle. Ainsi et en fonction du stade de maturation, ils peuvent déterminer à quel moment il convient d'irriguer avec quelle quantité d'eau les champs de pommes de terre.

Une multitude de mesures pour s'adapter au changement

Pour le moment, les Keller irriguent avec des buses à jet de longue portée. En cas de vent, ce système n'est pas idéal en raison de la dérive. C'est pourquoi ils aimeraient passer à une ligne de gicleurs. Ils prévoient aussi d'installer des panneaux photovoltaïques sur le toit pour couvrir leur besoin en électricité à partir d'une production durable. Sur l'exploitation de Volken, ils ne peuvent pas irriguer. « Ici, nous nous adaptons autrement, en cultivant de la luzerne comme nourriture pour les animaux. Les racines de la luzerne peuvent puiser l'eau en profondeur », explique Severin. En tant que légumineuse, la plante n'a pas besoin non plus d'engrais azoté. Cette année, la communauté partielle d'exploitation Schübach/Keller sème pour la première fois deux hectares de sorgho comme plante fourragère. Cette graminée originaire d'Afrique supporte aussi très bien la sécheresse. Qui plus est, près d'une tonne de charbon végétal par hectare est déversée chaque année sur toutes les cultures dans la mesure du possible. Ce charbon emmagasine l'eau et les éléments nutritifs, les rend à nouveau disponibles pour les plantes en cas de besoin et contribue à la formation d'humus. Il est aussi réputé pour agir contre les germes nocifs.

Des mesures pour enrayer le changement climatique

Depuis 2016, Karin et Severin participent au projet AgroCO₂ncept Flaachtal. À travers ce projet, les 25 exploitations participantes tentent de réduire de 20% leurs émissions de CO₂, d'économiser des coûts et d'augmenter la valeur ajoutée. Ils ont également l'occasion de mettre en pratique les différentes théories censées réduire les émissions. C'est pourquoi une vulgarisation et une évaluation intenses des données saisies par les exploitations font aussi partie du projet. Plutôt que de l'engrais simple, Severin épand de nouveau de l'engrais complet pour limiter les trajets sur les champs. La protection des sols, une structure idéale de ces derniers et la formation d'humus sont les conditions pour que la terre capte et stocke le CO₂ présent dans l'air. Ainsi les Keller épandent-ils de l'engrais vert en hiver, y compris pour éviter l'érosion du terrain. Ils épandent également du lisier à l'aide d'un dispositif à tuyaux souples. À l'avenir, ce lisier partira en méthanisation dans une installation de biogaz pour être « valorisé ». De plus, les Keller utilisent ENTEC, un engrais spécial qui permet d'échelonner les émissions d'azote, réduisant ainsi la perte de N₂O, un gaz problématique pour le climat. Dans la garde d'animaux, l'espérance de vie des bêtes s'est vue prolongée et la litière réduite, comme les gaz nocifs pour le climat par kilo de lait produit, d'ailleurs.

Finis l'attente, place à l'action

Jusqu'à présent, Karin et Severin sont parvenus à réduire leurs émissions de 5% environ. Les panneaux solaires et la méthanisation du

lisier devraient donner lieu à une autre baisse. Cependant, ils ne savent pas s'ils atteindront les 20%. Dans l'agriculture, il n'est pas facile de mettre les processus biologiques naturels hors d'état de nuire. Mais les Keller tiennent bon : « En tant qu'agriculteurs, nous avons une responsabilité et une influence. Nous devons en être conscients et agir en conséquence », souligne Karin. Ce faisant, les Keller pensent aussi à leurs trois enfants et à l'environnement qu'ils leur laisseront. Au lieu d'attendre que d'autres leur demandent de faire quelque chose, ils préfèrent prendre eux-mêmes les devants.



Les sondes souterraines permettent d'optimiser l'irrigation des pommes de terre.





Conséquences et perspectives

L'agriculture est étroitement liée au climat : elle en dépend et l'influence en même temps avec ses émissions. C'est pourquoi le changement climatique est synonyme de défis importants dans plusieurs domaines pour les familles paysannes suisses. D'une part, ces dernières doivent préparer une planification d'exploitation orientée vers l'avenir et prendre des mesures à long, moyen et court termes pour s'adapter en temps utile à des conditions changeantes. À ce niveau, elles peuvent compter sur des conditions cadres appropriées (politique agricole, réception de nouveaux produits, etc.) et la sécurité de la planification.

D'autre part, les agriculteurs sont appelés à réduire leurs émissions de GES pour contribuer à la protection du climat. Bien souvent, des processus complexes et des interactions biologiques et chimiques sont à la base même de la production agricole. Par conséquent, il est difficile de réduire les émissions nocives pour le climat de manière constante. Et en prenant en compte l'ensemble du système alimentaire jusqu'à l'assiette, il se trouve que la complexité va croissant. Néanmoins, c'est cette manière de voir les choses, orientée consommation, qui est nécessaire, car c'est en premier lieu la demande qui détermine l'offre. Si les aliments demandés sont produits ailleurs dans le monde plutôt qu'en Suisse, les effets du transport et du stockage sur le climat sont même contre-productifs.

Les processus biologiques et chimiques sur lesquels repose la production alimentaire impliquent que les GES ne se laissent pas réduire

au bon vouloir du secteur agricole. L'Accord de Paris a tenu compte de ces circonstances et du fait que, dans plusieurs pays en développement, beaucoup de personnes souffrent encore de dénutrition et de faim. L'article 2 de cet accord prévoit que la protection du climat ne doit pas menacer la production alimentaire. En conséquence, la tâche élémentaire qui incombe à l'agriculture fait que celle-ci prend une place particulière dans les débats internationaux sur le climat. En Suisse, la mise en œuvre de l'Accord de Paris passe par la loi sur le CO₂. Cette dernière est à présent en discussion au Parlement. Pour l'agriculture suisse, une loi souple est cruciale, raison pour laquelle elle la soutient également. Néanmoins, l'orientation qui sera donnée aux nouvelles dispositions devra tenir compte de la mise en œuvre de l'article constitutionnel 104a sur la sécurité alimentaire, que le peuple a accepté en automne 2017.

Les effets des mesures visant à réduire les GES dans l'agriculture montrent qu'il est difficile de réduire ces émissions de manière substantielle sans limiter la production de manière considérable. Pour pouvoir aller à l'encontre des défis liés au changement climatique, l'économie agroalimentaire a besoin du soutien d'autres secteurs de l'économie et de la population. En premier lieu, il convient de mener des recherches supplémentaires sur les stratégies d'adaptation et les mesures visant à protéger le climat. Certaines mesures de réduction des GES sont certes connues, mais leur mise en œuvre et, partant, leur effet, n'ont pas encore été suffisamment testés dans la pratique. En-

suite, il y a aussi des conflits avec d'autres objectifs, p. ex. avec le bien-être animal, qu'il faut résoudre. La mise en œuvre économique des mesures dont l'efficacité est confirmée (p. ex. les installations de méthanisation de l'engrais de ferme) nécessite des conditions cadres appropriées.

Enfin, un débat de société doit être mené autour des habitudes de consommation, de sorte à les rendre plus écologiques. Des consommateurs soucieux du climat achètent avant tout des produits locaux et de saison, consomment de manière plus responsable et exclusivement de la viande suisse, et évitent le gaspillage alimentaire. Les agriculteurs suisses apportent eux aussi leur pierre à l'édifice pour réduire les émissions de GES dans la production alimentaire et s'adaptent eux aussi de manière innovante au changement climatique. Ainsi, dans la mesure où les familles paysannes font ce qu'elles peuvent pour aborder ce grand défi qu'est le changement climatique, l'agriculture fait partie intégrante de la solution à donner.



Sources

- Académies suisses des sciences (2016) : « Landwirtschaft », in : *Swiss Academies Reports « Brennpunkt Klima Schweiz »*, pp. 111-116
- Académies suisses des sciences (2016) : « Swiss Academies Reports »
- Anken, T. (2018) : « Verbesserte Bodenfunktionen zum Ausgleich klimatischer Extreme », in : *Agroscope*
- Battisti, D. (2009) : « Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat », in : *Science*, pp. 240-244.
- Bretscher, D. (2019) : « Agroscope »
- FAO (02.05.2019) : « FAOSTAT ». Consulté sur <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>
- Fuhrer, J. (2010) : « Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture suisse », Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
- Holzkämper A, Fossati D. et al. (2014) : « Spatial and temporal trends in agroclimatic limitations to production potentials for grain maize and winter wheat in Switzerland »
- IPCC (2014) : Émissions globales des gaz à effet de serre 2010
- Keiser, A (2018) : « Optimale Wassernutzung im Acker- und Gemüsebau », HAFL
- Lotze-Campen, H.; Claussen, L., et al. (2009) : « Klimawandel und Kulturlandschaften Berlin », in : *PIK Report*, n° 113, pp. 43-53, Postdam-Institut für Klimafolgenforschung
- Ministère fédéral allemand de l'Environnement (2018) : « Jährliche Treibhausgas-Emissionen in Deutschland »
- National Centre for Climate Services (2018) : « CH2018. Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report »
- OFAG (2018) : « Amélioration intégrale Flaacherfeld », in : *Rapport agricole (OFAG)*
- OFEV (2017) : « Impulsions pour une adaptation de la Suisse aux changements climatiques »
- OFEV (2018) : « Émissions de gaz à effet de serre visées par la loi sur le CO₂ révisée et par le Protocole de Kyoto »
- OFEV (2019) : « Évolution des émissions de gaz à effet de serre de la Suisse depuis 1990 »
- OFS (2018) : « Statistique du commerce extérieur de l'Administration fédérale des douanes »
- Rüschi, A (2018) : « Grundlagen zur Bewässerung », Strickhof
- SEEG (2018) : *EMISSÕES DE GEE NO BRASIL*
- Stöckli, S. (2018) : « Protection durable des végétaux contre les bioagresseurs invasifs dans les vergers et les vignes (InvaProtect) », FiBL
- Weber, M.; Schild, A. (2007) : « Stand der Bewässerung in der Schweiz. Bericht zur Umfrage 2006 », OFAG
- Weisskopf, M. (2016) : « Die Kartoffel, die keine ist », in : *Migros Magazine (Bâle)*, pp. 96-97
- Zorn, A.; Lips, M. (2016) : « Wirtschaftlichkeit der Bewässerung ausgewählter Kulturen im Kanton Basel-Landschaft », Agroscope



Impressum

Éditeur

Union suisse des paysans | Laurstrasse 10 | 5201 Brugg
Téléphone 056 462 51 11 | www.sbv-usp.ch | info@sbv-usp.ch

Direction du projet

Fabienne Thomas, Responsable Division Énergie & environnement

Collaboration

Annette Baeriswyl, Florian Ellenberger, Nejna Gothuey,
Christophe Hauser, Sandra Helfenstein, Albert Meier

Impression

ZT Medien AG | Henzmannstrasse 20 | 4800 Zofingen
Téléphone 062 745 93 93 | www.ztmedien.ch

Parution

Juillet 2019

Photos

agroimage:	p. 11 Nadia Huber
Agroscope:	p. 1, p. 4, p. 5, p. 6, p. 8, p. 15, p. 24, p. 25, p. 29, p. 31
AgroCleanTech:	p. 16, p. 17, p. 28
BauernZeitung:	p. 20, p. 21, p. 31
Famille Keller:	p. 27 (Bodensonde)
Pixaby:	p. 12 Juerg R. Eberhart, p. 23 Sara Kangas
Shutterstock:	p. 13, p. 14
Thomas Fabienne:	p. 9
Union suisse des paysans:	p. 3, p. 7, p. 10, p. 18, p. 19, p. 22, p. 26, p. 27

