



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Abstracts

Donnerstag, 24. Januar 2019

Landwirtschaft im Klimawandel – forschen, entscheiden, umsetzen

6. Nachhaltigkeitstagung Agroscope

Agroscope in Zürich, Reckenholz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Abstracts

Jeudi 24 janvier 2019

L'agriculture dans le changement climatique – rechercher, décider, mettre en œuvre

6ème conférence sur la durabilité Agroscope

Agroscope à Zurich, Reckenholz

Klimawandel und Landwirtschaft: Wie gross sind die Beiträge der Landwirtschaft, wie wird gemessen, Ansätze zur Emissionsminderung

Heinz Flessa

Thünen-Institut, Braunschweig

Auf der Basis der Bilanzgrenzen der nationalen Treibhausgas-Emissionsberichterstattung sind die Bereiche Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung verantwortlich für rund 11 % der gesamten Treibhausgasemission Deutschlands. Dieser Anteil besteht zu 32 % aus Methanemissionen (CH_4) der Nutztierhaltung, zu 29 % aus Lachgasemissionen (N_2O), die im Zuge der Stickstoffumsetzung auftreten, und zu 39 % aus Kohlendioxidemissionen (CO_2), die überwiegend aus entwässerten Moorböden stammen. Als indirekt klimawirksame Emission ist weiterhin die Ammoniakfreisetzung (NH_3) von Bedeutung, die in Deutschland zu rund 95 % aus der Landwirtschaft stammt. In den letzten Jahren sind die Treibhausgas- und Ammoniakemissionen der Landwirtschaft deutlich angestiegen. Deutschland steht vor dem Problem, dass sich der Sektor Landwirtschaft zunehmend von den gesteckten Zielen des Klimaschutzes und der Luftreinhaltung entfernt. Die Berechnung der CH_4 - und N_2O -Emission des Sektors Landwirtschaft beruht auf dem Emissionsinventarmodell GAS-EM, deutschlandweit verfügbaren Aktivitätsdaten zur landwirtschaftlichen Produktion und mittleren Emissionsfaktoren für verschiedene Produktionsbereiche. Für entwässerte Moorböden wurden in einem Verbundprojekt landesspezifische Emissionsfaktoren ermittelt. Die 2018 abgeschlossene deutschlandweite Inventur landwirtschaftlich genutzter Böden bildet eine neue Basis für die Bewertung von Veränderungen der Vorräte an organischem Bodenkohlenstoff. Zentrale Ansatzstellen zur Minderung der Emissionen bei unveränderter Produktionsleistung sind die Steigerung der Produktivität des Stickstoffeinsatzes, die Verwertung organischer Wirtschaftsdünger in optimierten Biogasanlagen sowie Produktionseffizienz in der Nutztierhaltung und die Wiedervernässung landwirtschaftlich genutzter Moorböden. Letztlich entscheidet das Verbraucherverhalten aber ganz maßgeblich was produziert wird und wie groß die Emissionen der landwirtschaftlichen Produktion sind.

Changement climatique et agriculture : quelle part est imputable à l'agriculture, comment la mesurer et quelles sont les pistes pour une réduction des émissions ?

Heinz Flessa

Thünen-Institut, Braunschweig

Sur la base des bilans fournis par le rapport national sur les émissions de gaz à effet de serre, les domaines de l'agriculture et de l'utilisation agricole du sol sont responsables de près de 11 % de toutes les émissions de gaz à effet de serre en Allemagne. Ces émissions se composent à 32 % de méthane (CH₄) émanant des animaux de rente, 29 % de protoxyde d'azote (N₂O) généré par la transformation de l'azote, et 39 % de dioxyde de carbone (CO₂) provenant principalement des sols tourbeux asséchés. À cela s'ajoutent les émissions d'ammoniac (NH₃) qui ont une influence indirecte sur le climat. En Allemagne, elles proviennent à 95 % de l'agriculture. Ces dernières années, les gaz à effet de serre et les émissions d'ammoniac de l'agriculture ont nettement augmenté. Le problème auquel l'Allemagne se trouve confrontée est que son secteur agricole s'éloigne de plus en plus des objectifs fixés dans la protection du climat et de l'air. Le calcul des émissions de CH₄ et de N₂O du secteur agricole repose sur le modèle d'inventaire des émissions GAS-EM, recensant les données d'activités disponibles dans toute l'Allemagne sur la production agricole et les facteurs moyens d'émission de divers domaines de production. Concernant les sols tourbeux asséchés, un projet conjoint a identifié les facteurs d'émission spécifiques au pays. L'inventaire des sols utilisés par l'agriculture, achevé en 2018 pour l'ensemble de l'Allemagne, constitue une nouvelle base d'évaluation de l'évolution des stocks de carbone organique dans le sol. Les principales pistes conduisant à une diminution des émissions, tout en conservant la capacité de production, sont l'augmentation de productivité des intrants azotés, la valorisation des engrais de ferme dans des installations de biogaz optimisées, ainsi que l'efficacité de production de l'élevage et la remise en eau des marais utilisés par l'agriculture. Mais c'est finalement le comportement des consommateurs qui détermine très largement ce qui est produit et, par conséquent, les quantités d'émissions émanant de l'agriculture.

Umgang mit steigenden Klimarisiken in der Landwirtschaft – Eine agrarökonomische Perspektive

Robert Finger
ETH Zürich

Das Klima ändert und dies hat Auswirkungen auf die Landwirtschaft, auch in der Schweiz. Dürre und Hitzewelle im Jahr 2018 sowie Spätfröste in 2017 haben eindrücklich aufgezeigt, wie verletzlich die landwirtschaftliche Produktion gegen extreme Witterungsereignisse ist. Klimawandel und steigende Klimarisiken, insbesondere das häufigere Auftreten von Extremereignissen, werden in Zukunft alle Akteure vor grosse Herausforderungen stellen. Landwirtschaftliche Betriebe haben vielfältige Möglichkeiten, um sich anzupassen. Welche Massnahmen dabei wann und wie getroffen werden, hängt von deren Kosten und Nutzen sowie den betrieblichen Rahmenbedingungen und den Präferenzen des Betriebsleiters ab. Daher sind optimale Anpassungsstrategien sehr betriebs- und betriebsleiterspezifisch.

In diesem Referat präsentiere ich agrarökonomische Analysen zu Auswirkungen und Anpassungen an den Klimawandel und steigende Klimarisiken in der Schweizer Landwirtschaft. Kernschlussfolgerungen sind wie folgt:

- Ohne Berücksichtigung betrieblicher Anpassungsreaktionen werden Auswirkungen des Klimawandels auf Erträge aber auch Einkommen massiv überschätzt.
- Gesamtbetriebliche Auswirkungen des Klimawandels und steigender Klimarisiken auf Einkommen und Einkommensvariabilität sind negativ, aber deutlich geringer als auf Ebene einzelner Kulturen. Die grosse Diversifizierung Schweizer Betriebe stellt dabei ein grosses Anpassungspotential dar.
- Die Relevanz von Bewässerung als Risikomanagementstrategie nimmt zu. Steigender Bewässerungsbedarf erzeugt dabei neue Spannungsfelder zwischen Landwirtschaft und Umwelt.
- Landwirtschaftliche Versicherungen gewinnen an Bedeutung. Eine breite, innovative Palette an Versicherungsoptionen ermöglicht effizientere Anpassung an steigende Klimarisiken.
- Änderungen in Markt- oder politischen Rahmenbedingungen können grössere Auswirkungen haben als der Klimawandel.

Gestion de l'augmentation des risques climatiques dans l'agriculture – une perspective agro-économique

Robert Finger
EPF Zurich

Le climat change et cela a des répercussions sur l'agriculture, également en Suisse. La sécheresse et la vague de chaleur de 2018, de même que les gelées tardives de 2017, ont clairement démontré la vulnérabilité de la production agricole face à ces phénomènes météorologiques extrêmes. Dans le futur, le changement climatique et les risques climatiques croissants, en particulier la fréquence accrue des phénomènes météorologiques extrêmes, placeront tous les acteurs devant des défis importants.

De nombreuses possibilités s'offrent aux exploitations agricoles qui veulent s'y adapter. Mais quelles mesures mettre en œuvre – quand et comment le faire – cela dépend des coûts et des avantages, de même que des conditions-cadres de l'exploitation et des préférences du dirigeant. Des stratégies d'adaptation spécifiques à l'exploitation ou au dirigeant d'exploitation sont en ce sens optimales. Dans cet exposé, je présenterai des données agro-économiques analysant les conséquences du changement climatique, les adaptations possibles et l'augmentation des risques climatiques dans l'agriculture suisse. Les principales conclusions que l'on peut en tirer sont les suivantes :

- Si l'on ne prend pas en considération les réactions d'adaptation entreprises par les exploitants, les conséquences du changement climatique sur les rendements, mais également sur les revenus, sont considérablement surévaluées.
- À l'échelle de l'exploitation, les conséquences du changement climatique et des risques climatiques croissants sur le revenu et la variabilité du revenu sont négatives, mais elles sont sensiblement plus faibles qu'au niveau des différentes cultures. La grande diversification des exploitations suisses représente en ce sens un potentiel d'adaptation important.
- L'irrigation prend de plus en plus d'importance dans la stratégie de gestion des risques. Les besoins accrus en eau font apparaître de nouveaux champs de tension entre agriculture et environnement.
- Les assurances agricoles gagnent en importance. Une palette large et innovatrice d'options d'assurance permet une adaptation plus efficace aux risques climatiques croissants.
- Les changements de conditions de marché ou de conditions-cadres politiques peuvent avoir des conséquences plus graves que le changement climatique.

Klimaschutz entlang der Nahrungsmittel-Wertschöpfungskette: Handlungsoptionen der verschiedenen Akteure

Thomas Nemecek

Ökobilanzen, Forschungsbereich Agrarökologie und Umwelt, Agroscope

Die Nahrungsmittelproduktion ist für einen wesentlichen Teil der Umweltwirkungen verantwortlich. 26 % der weltweiten Treibhausgasemissionen gehen zu Lasten der Nahrungsmittelproduktion und des -konsums; bei anderen Umweltwirkungen wie Eutrophierung, Versauerung, Wasserverbrauch ist der Anteil noch wesentlich höher. Eine umfassende Meta-Analyse von 570 Ökobilanzstudien mit Daten aus 119 Ländern liefert wichtige Einsichten in die Ursachen und zeigt Handlungsoptionen auf. Eine harmonisierte Datenbank wurde für 40 Gruppen von Nahrungsmitteln erstellt und fünf Indikatoren: Treibhauspotenzial, terrestrische Versauerung, Eutrophierung, Wasser- und Land-Bedarf. Auffallend ist die grosse Streuung: das Treibhauspotenzial beim gleichen Produkt ist für das 90. Perzentil durchschnittlich 4 x höher als für das 10. Perzentil, beim 95. Perzentil ist es sogar 8 x höher als beim 5. Perzentil. Das zeigt ein grosses Verbesserungspotenzial auf. Dabei ist die Verteilung stark schief: ein Viertel der Produzenten verursachen etwa die Hälfte der Treibhausgase. Es zeigte sich, dass sehr verschiedene Wege zu einer tiefen Klimawirkung führen; kontext-spezifische Lösungen für jedes System sind daher gefragt. Zielkonflikte zwischen den Umweltwirkungen sind häufig; daher sollte nicht nur der Klimawandel, sondern alle relevanten Indikatoren untersucht werden. Ein grosses Potenzial liegt in der Reduktion des Konsums von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs und in der Vermeidung von Produkten mit hohen Umweltwirkungen innerhalb einer Nahrungsmittelgruppe. Dadurch können synergistische Reduktionen erreicht werden. Eine Voraussetzung dafür ist allerdings eine bessere Umweltinformation über Nahrungsmittel und deren Kommunikation entlang der Wertschöpfungskette.

¹ Poore J. & Nemecek T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, 987-998.

Protection du climat le long de la chaîne de valorisation des denrées alimentaires : options offertes aux différents acteurs

Thomas Nemecek

Analyse de cycle de vie, domaine stratégique de recherche Agroécologie et environnement
Agroscope

La production de denrées alimentaires est pour une large part responsable des impacts sur l'environnement. À l'échelle mondiale, 26 % des émissions de gaz à effet de serre incombent à la production et à la consommation de denrées alimentaires ; cette part est encore plus importante pour d'autres impacts environnementaux tels que l'eutrophisation, l'acidification et la consommation d'eau. Une méta-analyse intégrant les données de 570 études sur l'analyse de cycle de vie, menées dans 119 pays, a fourni des enseignements précieux sur les raisons de ces impacts et les moyens d'y faire face. On a ainsi établi une banque de données harmonisée pour 40 groupes de denrées alimentaires et 5 indicateurs : potentiel d'effet de serre, acidification terrestre, eutrophisation, besoin en eau et en terrain. On observe une grande dispersion des résultats : pour un même produit, le potentiel d'effet de serre est en moyenne 4 x plus élevé pour le 90^{ème} percentile que pour le 10^{ème} percentile, et même 8 x plus élevé pour le 95^{ème} percentile que pour le 5^{ème} percentile. Cela montre que le potentiel d'amélioration est important. En même temps, il se répartit de manière très inégale : un quart des producteurs sont responsables de près de la moitié des gaz à effet de serre. L'analyse a montré qu'il existe des voies très diverses pour parvenir à une réduction de l'impact climatique ; des solutions contextuelles spécifiques sont ainsi nécessaires pour chaque système. Les objectifs environnementaux entrent fréquemment en conflit ; c'est pourquoi on ne devrait pas uniquement prendre en compte le changement climatique, mais également tous les autres indicateurs pertinents. Un important potentiel réside dans la réduction de la consommation de denrées alimentaires d'origine animale et dans le renoncement aux produits ayant un impact environnemental élevé au sein d'un groupe d'aliments. On peut ainsi obtenir des réductions synergiques. Toutefois, une meilleure information environnementale sur les denrées alimentaires et une communication tout au long de la chaîne de valorisation sont pour ce faire indispensables.

¹ Poore J. & Nemecek T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, 987-998.

Schadorganismen-Szenarien: Sichern einer nachhaltigen Kulturpflanzenproduktion trotz erhöhten Schädlingsdrucks

Dominique Mazzi

Phytopathologie und Zoologie Obst- und Gemüsebau, Forschungsbereich Pflanzenschutz, Agroscope

Das Klima bestimmt entscheidend das Auftreten, die Ausbreitung und Entwicklung von Schadorganismen. Weil die Temperatur die Entwicklung von Insekten massgeblich steuert, ist durch die globale Erwärmung mit einer steigenden Befallsgefährdung von Kulturpflanzen durch Schadinsekten zu rechnen. Ausgehend von Klimaszenarien, Verbreitungsdaten und den bekannten Umweltansprüchen von Schadinsektenarten verwenden wir diverse Modellierungsansätze, um die Entwicklung und künftige Verbreitung ausgewählter, landwirtschaftlich relevanter Schadinsekten vorherzusagen. Die bearbeiteten Fallbeispiele umfassen sowohl in der Schweiz etablierte Arten, wie auch gebietsfremde Arten, welche erst kürzlich eingeschleppt wurden und solche, die in der Schweiz noch nicht vorkommen aber aufgrund ihrer klimatischen Anforderungen demnächst zu erwarten sind.

Die Ergebnisse bestätigen die sich abzeichnende Erhöhung des Schädlingsdrucks. Sie zeigen aber auch neue Perspektiven für die landwirtschaftliche Produktion auf, besonders aufgrund der Verschiebungen in der Standorteignung der Kulturpflanzen, der verlängerten Vegetationszeit und der Auswirkungen des Klimawandels auf das Pflanzenwachstum.

Die erarbeiteten Szenarien bieten eine Entscheidungsgrundlage, die dazu dienen soll, die Risiken des Klimawandels rechtzeitig zu erkennen und zu steuern und andererseits die sich bietenden Chancen bestmöglich zu kapitalisieren. Die Umsetzung von verbesserten Früherkennungs- und Überwachungsmethoden, die Steigerung der Resilienz von Anbausystemen gegenüber klimatischen Veränderungen und die Anpassung von agronomischen Massnahmen werden unumgänglich sein, um die von Schadorganismen verursachten Ertragsausfälle zu minimieren. Dazu ist die frühzeitige, sachliche Information und Sensibilisierung der beteiligten Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette zentral.

Scénarios pour les organismes nuisibles : garantir une production durable des plantes cultivées malgré une pression accrue des ravageurs

Dominique Mazzi

Phytopathologie et zoologie, arboriculture et cultures maraîchères, domaine Protection des végétaux, Agroscope

Le climat détermine l'apparition, la propagation et le développement d'organismes nuisibles. La température jouant un rôle primordial dans le développement des insectes, il faut s'attendre avec le réchauffement climatique à des risques accrus d'infestation des plantes cultivées par des insectes ravageurs. Nous fondant sur des scénarios climatiques, des données de distribution et les données connues sur les exigences environnementales de ces insectes, nous recourons à différentes méthodes de modélisation, afin de prédire l'évolution et la propagation future de certains ravageurs nuisibles à l'agriculture. Ces études de cas prennent en compte aussi bien des espèces établies en Suisse que des espèces exotiques récemment introduites, ou d'autres qui ne sont pas encore attestées sur notre territoire mais qui pourraient faire leur apparition prochainement en raison de leurs exigences climatiques.

Les résultats confirment cette augmentation émergente de la pression des ravageurs. Mais ils témoignent également de nouvelles perspectives pour la production agricole, en particulier en raison des changements dans l'aptitude des sites à différentes cultures, du rallongement de la période de végétation et des incidences du changement climatique sur la croissance des plantes.

Les scénarios élaborés offrent des outils décisionnels qui doivent permettre de déceler à temps les risques du changement climatique et, en même temps, d'orienter et de capitaliser au mieux les chances qui se présentent. La mise en œuvre de méthodes améliorées de dépistage et de surveillance, l'augmentation de la résilience des systèmes de culture face aux changements climatiques et l'adaptation des mesures agronomiques seront inéluctables, si l'on veut minimiser les pertes de rendement imputables aux organismes ravageurs. Pour cela, il est primordial d'informer et de sensibiliser les acteurs concernés, suffisamment tôt et de manière objective, tout au long de la chaîne de valorisation.

Trockenstress im Grasland: Resistenz und Resilienz

Andreas Lüscher und Matthias Suter

Futterbau und Graslandssysteme, Forschungsbereich Produktionssysteme Tiere und Tiergesundheit, Agroscope

In den letzten Jahren hat Agroscope in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich und der Universität Basel mehrere Trockenstressversuche im Grasland durchgeführt. Ziel war es, mehr und genauere Informationen über die Auswirkungen von Trockenperioden auf den Ertrag während der Trockenphase und auf die Erholung der Wiesen nach dem Stress zu gewinnen. Nach vier Wochen Trockenheit wurden noch keine Ertragsunterschiede zu den ungestressten Kontrollflächen festgestellt. Nach 2 Monaten ohne Niederschlag gab es bei Wiesenpflanzen jedoch massive Ertragsverluste von bis zu -80 %. Tiefwurzeln Arten schnitten etwas besser ab als flachwurzeln Arten; Kleearten schnitten viel besser ab als Gräser. Kleearten waren deutlich resistenter.

Die grosse Überraschung geschah nach der Trockenheit, als wieder feuchte Bodenbedingungen vorherrschten. Die vormals gestressten Gräser hatten eine hervorragende Resilienz. Sie lieferten sogar bis zu 60 % mehr Ertrag als die Gräser der Kontrollflächen, die vorher keinem Trockenstress ausgesetzt waren. Diese teilweise Kompensation der Trockenverluste konnte sowohl durch eine grössere Wurzelmasse und erhöhte Zuckergehalte der vormals gestressten Pflanzen erklärt werden, als auch durch stark erhöhte Verfügbarkeit von pflanzenverfügbarem Bodenstickstoff in der Periode nach der Trockenheit.

Es gibt eine Vielzahl von konkreten Möglichkeiten, die Graslandssysteme an sich verändernde Bedingungen anzupassen. Diese umfassen: angepasste Gras-Klee Mischungen anzubauen, die angebauten Mischungen und Kulturen zu diversifizieren, die Zusammenarbeit zwischen Tal- und Berggebiet zu intensivieren und die verlängerten Vegetationsperioden gezielt zu nutzen. Die wichtigste Massnahme ist wohl, die Tierzahl des Betriebes an das Futterproduktionspotential der Flächen in einem Durchschnittsjahr anzupassen.

Stress hydrique dans les herbages: résistance et résilience

Andreas Lüscher et Matthias Suter

Production fourragère et systèmes herbagers, domaine de recherche Systèmes de production Animaux et santé animale, Agroscope

Agroscope a mené, en collaboration avec l'ETH Zürich et l'université de Bâle, divers essais sur le stress hydrique dans les herbages au cours des dernières années. L'objectif était de recueillir des informations plus nombreuses et plus précises sur les effets des périodes de sécheresse sur le rendement, pendant la phase de sécheresse, ainsi que sur la capacité de récupération des prairies après des épisodes de stress. Après 4 semaines de sécheresse, on ne constatait pas encore de différence de rendement par rapport aux parcelles témoins non soumises au stress. Après 2 mois sans précipitations, on enregistrait des pertes massives de rendement en fourrage allant jusqu'à -80 %. Les espèces profondément enracinées résistaient un peu mieux que celles superficiellement enracinées; les trèfles s'en sortaient beaucoup mieux que les graminées et se montraient sensiblement plus résistants.

C'est après la sécheresse, lorsque le sol était redevenu humide, que l'on a enregistré les résultats les plus surprenants. Les graminées qui avaient auparavant été soumises au stress montraient une résilience remarquable. Elles fournissaient même un rendement jusqu'à 60 % supérieur à celui des graminées des surfaces témoins qui n'avaient pas été exposées à un stress hydrique. Cette compensation partielle des pertes dues à la sécheresse peut s'expliquer par une masse racinaire plus développée et une teneur en sucre élevée des plantes soumises au stress, ainsi que par une disponibilité fortement augmentée de l'azote minéral assimilable par les plantes, dans la période suivant la sécheresse.

Il existe nombre de possibilités concrètes d'adapter les systèmes herbagers à des conditions changeantes. Parmi elles : recourir à des mélanges adaptés de trèfles et de graminées, diversifier les mélanges semés et les cultures, intensifier la collaboration entre les régions de plaine et de montagne et tirer profit de manière ciblée du rallongement des périodes de végétation. Mais la principale mesure est bien d'adapter le nombre d'animaux de l'exploitation au potentiel de production fourragère moyen, en incluant les mauvaises années dans le calcul de la moyenne.

Agroforstwirtschaft und Klimawandel: Nische oder mehr?

Felix Herzog und Sonja Kay

Agrarlandschaft und Biodiversität, Forschungsbereich Agrarökologie und Umwelt, Agroscope

Bäume waren schon immer wichtige landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Werden sie geschickt mit anderen Kulturpflanzen und/oder Tieren kombiniert, können Synergien erzielt werden, indem die natürlichen Ressourcen Licht, Wasser und Nährstoffe effizienter genutzt werden. Auch liefern Bäume in der Agrarlandschaft vielfältige Ökosystemleistungen wie Bodenschutz, Verbesserung der Wasserqualität, Kohlenstoffbindung.

Traditionelle Agroforstsysteme wie z. B. Hochstamm-Feldobst oder Wytweiden werden heutzutage v. a. wegen ihrer Ökosystemleistungen erhalten und gepflegt. Seit einigen Jahren experimentieren Landwirt/innen auch mit innovativen Systemen wie z. B. Baumreihen in Ackerkulturen, welche an die moderne landwirtschaftliche Mechanisierung angepasst sind. Im EU-Projekt AGFORWARD (www.ag-forward.eu) haben wir für ganz Europa ermittelt, dass rund 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Acker- und Grasland) mit modernen Agroforstsystemen bereits ein Potenzial zur Kohlenstoffbindung von bis zu 40 % der Treibhausgasemissionen des Sektors Landwirtschaft hätten. Würde man diese Agroforstsysteme gezielt dort anlegen, wo die grössten Umweltbelastungen bestehen, so könnte auch zur Behebung dieser Defizite ein wichtiger Beitrag geleistet werden.

In der Schweiz vereint die «IG Agroforst» Landwirt/innen, Berater/innen und Forschende, welche das Potenzial von Agroforstsystemen ausloten (www.agroforst.ch). Die beteiligten Landwirt/innen interessiert v. a. die Diversifizierung der Produktion, der Bodenschutz, die Erhöhung der Biodiversität und die Verbesserung ihrer Wahrnehmung durch die Konsument/innen. Damit Agroforstwirtschaft den Weg aus der Nische findet, braucht es vermehrt Anstrengungen von Forschung und Beratung, so dass interessierte Landwirt/innen kompetent beraten werden können.

Agroforesterie et changement climatique : une niche ou davantage ?

Felix Herzog et Sonja Kay

Paysage agricole et Biodiversité, domaine Agroécologie et environnement, Agroscope

Les arbres ont de tout temps été d'une grande importance dans l'agriculture. Lorsqu'ils sont judicieusement associés à d'autres plantes cultivées et/ou à l'élevage d'animaux, on parvient à des synergies, en utilisant de manière plus efficiente les ressources naturelles – la lumière et l'eau – et les nutriments. Les arbres remplissent également des prestations écosystémiques variées dans le paysage agricole, telles que protection des sols, amélioration de la qualité de l'eau, fixation du carbone.

De nos jours, les systèmes agroforestiers traditionnels, vergers haute-tige ou pâturages boisés par exemple, sont conservés et entretenus avant tout en raison de leurs prestations écosystémiques. Depuis quelques années, des agriculteur-trice-s expérimentent également des systèmes innovateurs adaptés à la mécanisation agricole moderne, à l'instar des rangées d'arbres dans les cultures arables. Dans le cadre du projet européen AGFORWARD (www.agforward.eu), nous avons calculé qu'avec un système d'agroforesterie moderne, 10 % environ de la surface agricole utile (herbages et terres arables) présenterait déjà un potentiel de fixation du carbone allant jusqu'à 40 % des émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole, et cela dans toute l'Europe. Si ces systèmes d'agroforesterie étaient mis en place de manière ciblée, là où les charges environnementales sont les plus élevées, cela constituerait une importante contribution à la correction de ces déficits.

En Suisse, la communauté d'intérêts « CI Agroforst » regroupe des agriculteur-trice-s, des vulgarisateur-trice-s et chercheur-euse-s qui sondent le potentiel des systèmes agroforestiers (www.agroforesterie.ch). Les agriculteur-trice-s qui y participent s'intéressent en particulier à la diversification de la production, à la protection des sols, à l'augmentation de la biodiversité et à l'amélioration de leur image auprès des consommateur-trice-s. Afin que l'agroforesterie ne reste pas confinée à une niche, des efforts supplémentaires doivent être entrepris en termes de recherche et de vulgarisation, de façon à ce que les agriculteur-trice-s bénéficient de conseils compétents.

Emissionsminderung bei Milchkühen durch Zucht

Beat Bapst

Qualitas AG, Zug

Neben Fütterungs- und Managementmassnahmen gibt es züchterische Möglichkeiten um die Methanemissionen zu senken. Das Merkmal «Methanausstoss» kann direkt oder indirekt über Hilfsmerkmale bearbeitet werden. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass Variabilität in den Milchviehpopulationen vorhanden ist und dass die Heritabilität für dieses Merkmal zwischen 0.2 und 0.3 liegt. Die grosse Schwierigkeit liegt aber darin, wie die Methanemission beim Einzeltier breit in der Population erfasst werden kann. Die Anwendung des Goldstandards, Messungen in der Respirationkammer, ist aus technischen und finanziellen Möglichkeiten nicht machbar; andere Methoden (SF6, GreenFeed, Laser) sind ebenfalls sehr aufwändig. Ein vielversprechender Weg zeichnet sich über die Mid-Infrarot (MIR) Spektrometrie ab, da diese routinemässig bei jeder Milchprobe zur Bestimmung der Milchhaltsstoffe (Fett, Eiweiss etc.) angewendet wird. Diese Informationen können genutzt werden, um den täglichen Methanausstoss einer Kuh zu schätzen. Um die dafür notwendige Schätzmethode zu entwickeln, braucht es tatsächlich gemessene Emissionswerte. Belgische Forscher haben, basierend auf internationalen Kooperationen, diese Verfahren entwickelt. Diese Methoden wurden nun auch in der Schweiz angewendet. Erste phänotypische Auswertungen zeigen, dass tierindividuelle Unterschiede vorhanden sind, was eine Grundvoraussetzung für züchterisches Arbeiten ist. Validierungen und weiteres Zusammenführen von Emissionsmessungen für die Weiterentwicklung des Schätzverfahrens sind die nächsten Schritte in Richtung einer Zuchtwertschätzung für Methanausstoss. Wie und in welcher Form Zuchtwerte für dieses Merkmal in Selektionsprozesse einbezogen werden, müsste in weiteren Schritten diskutiert und abgeschätzt werden.

Réduction des émissions des vaches laitières grâce à la sélection

Beat Bapst

Qualitas AG, Zoug

Parallèlement aux mesures d'affouragement et de gestion, il existe des possibilités de réduire les émissions de méthane en recourant à la sélection. On peut travailler sur le caractère « émission de méthane » soit de manière directe, soit indirectement au travers de caractères auxiliaires. Des recherches scientifiques montrent qu'il existe une variabilité dans les populations de vaches laitières et que l'héritabilité de ce caractère se situe entre 0.2 et 0.3. La principale difficulté est cependant de pouvoir identifier l'émission de méthane par individu au sein d'une large population. L'utilisation du gold standard – des mesures en chambre de respiration – n'est pas réalisable pour des raisons techniques et financières; d'autres méthodes (SF6, GreenFeed, laser) sont également très coûteuses. Une voie prometteuse semble être celle de la spectrométrie infrarouge moyenne (MIR), car elle est déjà utilisée systématiquement pour déterminer les composants (graisse, protéine, etc.) des différents échantillons de lait. Ces informations peuvent être utilisées pour estimer l'émission quotidienne de méthane d'une vache. Afin de développer la méthode d'estimation nécessaire, on a besoin dans les faits de valeurs d'émission mesurées. Des chercheurs belges ont développé de telles procédures, en s'appuyant sur des coopérations internationales. Ces méthodes s'appliquent désormais en Suisse également. Les premières évaluations phénotypiques montrent qu'il existe des différences entre individus, ce qui est la condition de base d'un travail de sélection. Les validations et l'intégration d'autres mesures d'émission, permettant le développement d'une méthode d'estimation, seront les prochaines étapes vers une évaluation génétique pour les émissions de méthane. Quelles sont les valeurs d'élevage et sous quelle forme devront-elles être prises en compte pour intégrer cet aspect dans le processus de sélection? Telles seront les questions à discuter et à évaluer au cours des prochaines étapes.

Klimawandel und Landwirtschaft: Was kann die Pflanzenzüchtung leisten?

Andreas Hund
ETH Zürich

Mehr Hitzetage und bis zu drei Wochen ohne Regen werden in Zukunft vermehrt zu Ertragsschwankungen führen. Von Hitze- oder Dürrestress spricht man ab einer Ertragsreduktion von über 10 %, wie es bei den grossen Kulturen in 2003 der Fall war. Die Züchter passen ihre Sorten im Züchtungsprozess laufend an sich ändernde Bedingungen an. Viele fragen sich jedoch: «Was können wir zusätzlich tun»? Die Strategien sind vielfältig: In der Maiszüchtung (DEFI Genetics) wird ab 2019 in Spanien getestet. Bei Agroscope laufen Kooperationen mit Forschungspartnern. Diese umfassen die gezielte Selektion unter Rainout Shelter oder im Gewächshaus (Futterbau) bzw. die Messung von Zielmerkmalen wie $\delta^{13}\text{C}$, Stomata Dichte oder Bestandestemperatur im Feld (Weizen). Der Futterbau verfolgt eine weitere Strategie: Mit der Verbesserung von Qualität und Verdaulichkeit trockenoleranter Arten soll das verfügbare Artspektrum vergrössert werden. Die Sojazüchter diskutieren die Entwicklung von Sorten mit verlängerter Blütezeit, damit die Pflanzen nach Kälte-, Hitze- oder Dürreschäden kompensieren können. Weitere Anpassungen reichen von der Selektion tieferer Wurzelsysteme bis hin zur biotechnologischen Veränderung des Photosyntheseapparats. Welche Merkmale bzw. Selektionsstrategien für die Schweizer Züchtung wirklich hilfreich sind, muss sich zeigen. Vor allem dürfen andere, wichtige Zuchtziele nicht vernachlässigt werden. Vergessen wir nicht: für Mais und Soja ist es hier oft noch zu kalt und die Weizenerträge im verregneten Jahr 2016 waren tiefer als die im trockenen Jahr 2003.

Changement climatique et agriculture Que peut apporter la sélection végétale ?

Andreas Hund
EPF Zurich

La multiplication des jours de canicule et les périodes sans pluie allant jusqu'à trois semaines entraîneront à l'avenir davantage de fluctuations de rendement. On parle de stress de chaleur ou de sécheresse, lorsque la réduction de rendement dépasse les 10 %, comme ce fut le cas dans les grandes cultures en 2003. Dans les processus d'obtention, les sélectionneurs adaptent en permanence leurs variétés à ces conditions changeantes. Beaucoup se demandent cependant : « Que pouvons-nous faire de plus ? » Les stratégies sont diverses : dès 2019, des tests seront menés en Espagne dans la sélection de maïs (DEFI Genetics). À Agroscope, des coopérations avec d'autres partenaires de recherche sont en cours. Celles-ci comprennent la sélection ciblée sous tunnel maraîcher ou sous serre (culture fourragère) ainsi que la mesure de caractéristiques cibles telles que $\delta^{13}\text{C}$, la densité de stomates ou la température des peuplements en champ (blé). La sélection fourragère poursuit une autre stratégie : on doit augmenter le spectre d'espèces disponibles, en améliorant la qualité et la digestibilité des espèces tolérantes à la sécheresse. Les sélectionneurs de soja s'intéressent au développement de variétés dont la période de floraison serait rallongée, de sorte que les plantes pourraient compenser des pertes après des épisodes de froid, de canicule ou de sécheresse. D'autres adaptations vont de la sélection de systèmes racinaires plus profonds à la modification biotechnologique de l'appareil photosynthétique. Quels critères et quelles stratégies de sélection seront vraiment utiles pour la sélection suisse, le temps nous le dira. On ne doit pas négliger pour autant d'autres objectifs de sélection qui ont leur importance. N'oublions pas qu'il fait encore souvent trop froid en Suisse pour le maïs et le soja et que les rendements de blé étaient plus faibles en 2016, année pluvieuse, que lors de la sécheresse de 2003.

Klimawandel und Landwirtschaft – Neue Nutzungskonflikte um das Wasser?

Annelie Holzkämper

Klima und Landwirtschaft, Forschungsbereich Agrarökologie und Umwelt, Agroscope

Mit dem Klimawandel ändern sich die Produktionsbedingungen für den Pflanzenbau in der Schweiz. Mit steigenden Temperaturen und abnehmenden Sommerniederschlägen ist mit einer Zunahme an Trockenstress zu rechnen. Bewässerung ist eine naheliegende Möglichkeit, die Ertragsstabilität zu erhöhen. Grundwasser hat eine gute Qualität und ist zum Beispiel im Berner Seeland für die landwirtschaftliche Nutzung leicht verfügbar. Wenn man jedoch davon ausgeht, dass der Wasserbedarf für die Bewässerung bei fortschreitendem Klimawandel ansteigt, stellt sich die Frage, ob es dadurch in Zukunft zu einer Beeinträchtigung der Grundwasserressourcen und zur Verschärfung des Nutzungskonflikts zwischen Trinkwassernutzung und Landwirtschaft kommen kann. Im Rahmen des Projektes Agri-Adapt untersucht Agroscope in Zusammenarbeit mit den Universitäten Bern und Neuenburg, welche Einflüsse landwirtschaftliche Anpassung durch vermehrte Bewässerung im Zusammenspiel mit Klimaänderungen auf das Grundwasservorkommen im Berner Seeland haben können. Modellergebnisse zeigen, dass unter Klimawandel nicht nur Trockenheit, sondern vor allem steigende Temperaturen eine zentrale Rolle als ertragslimitierende Faktoren spielen werden. Somit werden in der Landwirtschaft Anpassungen in der Wahl der Sorten und Kulturen unausweichlich sein. Geht man davon aus, dass der Anbauzeitraum in Zukunft so bleibt wie er heute ist, würde der Bewässerungsbedarf unter Annahme eines pessimistischen Emissionsszenarios bis zum Ende des Jahrhunderts um etwa 40 % zunehmen. Eine landwirtschaftliche Intensivierung durch Ausdehnung der aus Grundwasser bewässerten Flächen kann unter Klimawandel zu ausgeprägten Schwankungen des Grundwasserspiegels beitragen und somit Nutzungskonflikten mit Trinkwassernutzung und Naturschutz verschärfen.

Changement climatique et agriculture – de nouveaux conflits autour de l'utilisation de l'eau ?

Annelie Holzkämper

Climat et agriculture, domaine Agroécologie et environnement, Agroscope

Avec le changement climatique, les conditions de production végétale en Suisse se modifient. L'élévation des températures et la raréfaction des précipitations estivales font craindre une augmentation du stress hydrique. L'irrigation est un moyen aisé d'accroître la stabilité du rendement. Les eaux phréatiques sont de bonne qualité et sont facilement accessibles pour l'utilisation agricole, comme dans le Seeland bernois par exemple. Cependant, si l'on part du principe que le besoin en eau d'irrigation augmentera progressivement avec le changement climatique, on doit se demander si l'on ne se dirige pas à l'avenir vers une détérioration des ressources en eaux souterraines et une aggravation des conflits d'usage entre approvisionnement en eau potable et agriculture. Dans le cadre du projet AgriAdapt, Agroscope étudie, en collaboration avec les universités de Berne et de Neuchâtel, quelles sont les incidences de l'adaptation agricole – axée sur une augmentation de l'irrigation liée aux changements climatiques – sur la nappe phréatique dans le Seeland bernois. Les résultats des modélisations montrent que ce n'est pas uniquement la sécheresse consécutive au changement climatique, mais plutôt les températures en hausse, qui jouent un rôle crucial comme facteurs limitant du rendement. Ainsi, des adaptations agricoles dans le choix des variétés et des cultures seront inéluctables. Si l'on part du principe que la période de culture restera telle qu'aujourd'hui à l'avenir, le besoin en irrigation devrait augmenter de près de 40 % d'ici la fin du siècle, dans l'hypothèse d'un scénario des émissions pessimiste. Avec le changement climatique, une intensification agricole supposant l'extension des surfaces irriguées par les eaux souterraines contribuerait à des fluctuations importantes de la nappe phréatique et aggraverait les conflits d'usage avec l'approvisionnement en eau potable et la protection de la nature.

Strategie und Instrumente des Bundes

Reto Burkard BAFU

Daniel Felder BLW

Im Dezember 2015 wurde das Übereinkommen von Paris verabschiedet. Dieses will die globale Erwärmung auf deutlich unter 2° C gegenüber der vorindustriellen Zeit begrenzen. Zudem sollen die Anpassungsfähigkeit der Länder an den Klimawandel verbessert und die Finanzflüsse klimaverträglicher ausgestaltet werden. Um das Übereinkommen in der Schweiz umzusetzen, wird das aktuelle CO₂-Gesetz zurzeit revidiert.

Der Vorschlag des Bundesrates zum zukünftigen CO₂-Gesetz sieht vor, dass auf Verordnungsstufe weiterhin sektorielle Reduktionsziele definiert werden können. Ab 2021 soll erstmals auch ein Reduktionsziel für den Sektor Landwirtschaft gelten. Die landwirtschaftlichen Reduktionsmassnahmen sollen jedoch in der Landwirtschaftsgesetzgebung festgelegt werden.

Im Rahmen der aktuellen Klima-, Energie- und Landwirtschaftsgesetzgebung gibt es verschiedene Instrumente, welche einen Beitrag zur Emissionsverminderung in der Landwirtschaft leisten können. In der Agrarpolitik ab 2022 sind weitere Massnahmen vorgesehen.

Bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels setzen die Strategie und der Aktionsplan des Bundesrates den Rahmen für das koordinierte Vorgehen auf Ebene Bund. Im Vordergrund stehen die regelmässige Aufdatierung der Klimaszenarien und der hydrologischen Szenarien und die schweizweite Analyse der Chancen und Risiken des Klimawandels.

Um die Herausforderungen zu bewältigen, braucht es das Engagement aller Akteure der Land- und Ernährungswirtschaft. Insbesondere ist eine Verstärkung der Forschungsaktivitäten im Bereich Landwirtschaft – Klima zwingend notwendig, um eine solide wissenschaftliche Basis für die Umsetzung weiterer wirkungsvoller Reduktions- und Anpassungsmassnahmen zu haben.

Stratégie et instruments de la Confédération

Reto Burkard OFEV

Daniel Felder OFAG

En décembre 2015, l'Accord de Paris sur le climat a été approuvé. Celui-ci prévoit de contenir le réchauffement global bien en dessous de 2° C par rapport à l'ère préindustrielle. Il vise également à renforcer la capacité d'adaptation des pays au changement climatique et à axer les flux financiers sur un développement respectueux du climat. La loi sur le CO₂ est actuellement en cours de révision, afin de permettre la mise en œuvre de l'accord en Suisse.

La proposition du Conseil fédéral pour la future loi sur le CO₂ prévoit qu'il sera toujours possible de définir des objectifs de réduction sectoriels par voie d'ordonnance à l'avenir. À partir de 2021, un objectif de réduction sera pour la première fois également formulé pour le secteur agricole. Les mesures de réduction dans l'agriculture devront cependant être fixées dans la législation agricole.

Dans le cadre des législations actuelles sur le climat, l'énergie et l'agriculture, il existe divers instruments permettant de réduire les émissions dans l'agriculture. D'autres mesures sont prévues dans la politique agricole dès 2022.

Dans l'adaptation aux conséquences du changement climatique, la stratégie et le plan d'action du Conseil fédéral fixent le cadre en vue d'un processus coordonné au niveau fédéral. La mise à jour régulière des scénarios climatiques et hydrologiques et l'analyse à l'échelle suisse des opportunités et des risques du changement climatique jouent à cet égard un rôle prépondérant.

Pour faire face à ces défis, l'engagement de tous les acteurs des filières agricole et alimentaire est nécessaire. Il est urgent notamment de renforcer les activités de recherche dans le domaine agriculture et climat, afin de disposer d'une base scientifique solide pour la mise en œuvre d'autres mesures efficaces de réduction et d'adaptation.