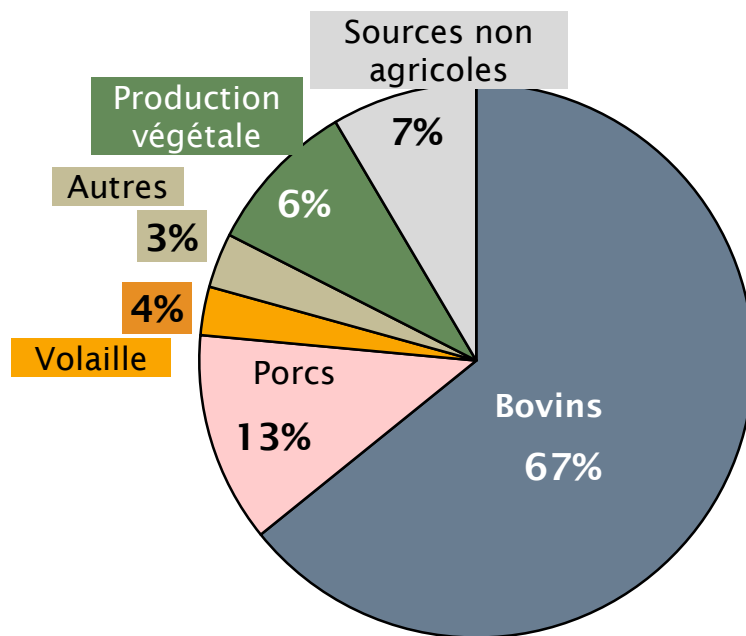


Cours de formation continue en construction rurale
Institut agricole du canton de Fribourg,
Grangeneuve IAG
2 novembre 2021

Agrammon – Modèle de simulation pour le calcul des émissions d'ammoniac

Thomas Kupper, Christoph Häni, Marcel Bühler

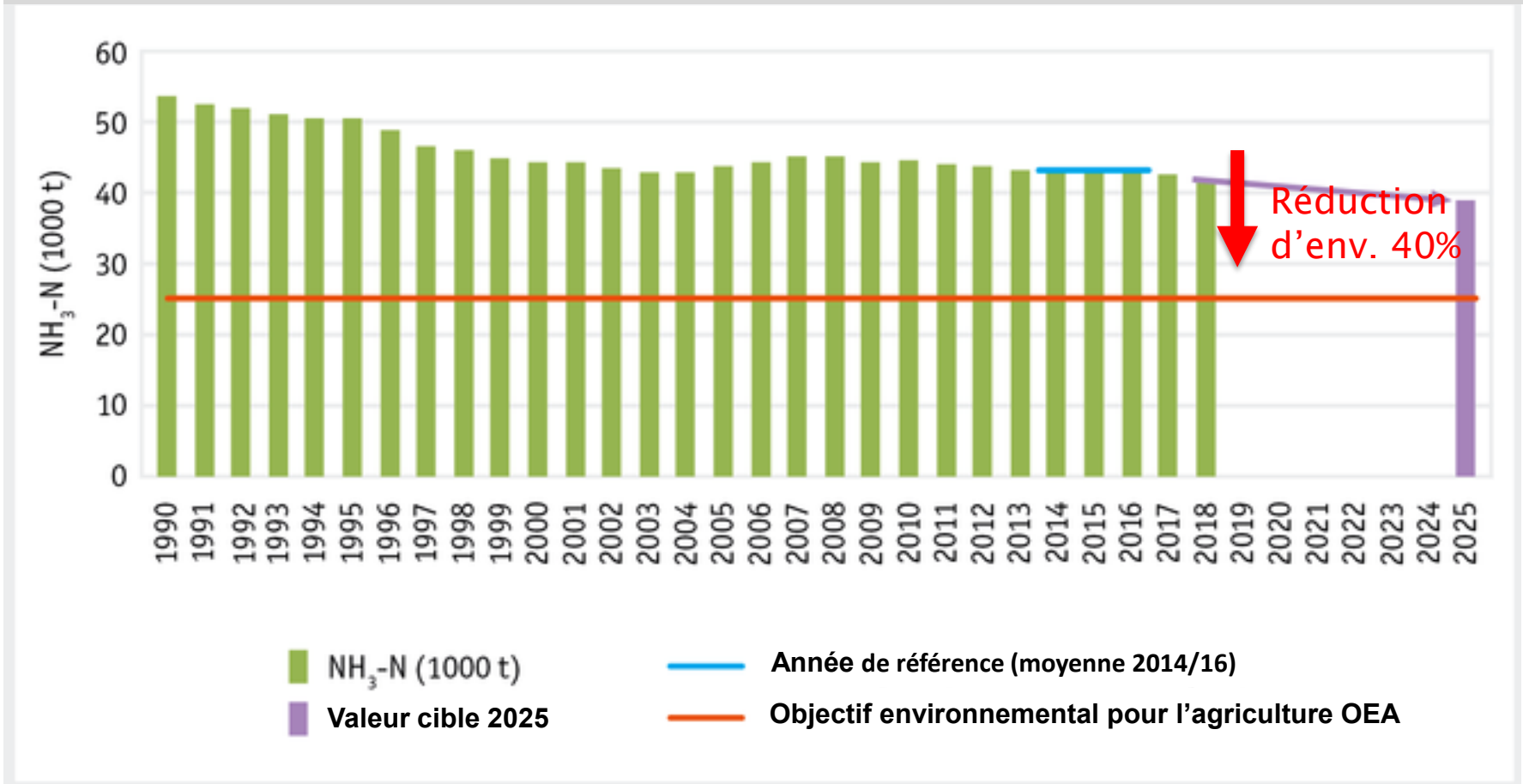
Situation actuelle des émissions d'ammoniac en Suisse (2019)



- ▶ Total env. 45 000 t N
- ▶ Dont
 - ▶ 87% issues de la production animale
 - ▶ 6% issues de la production végétale
 - ▶ 7% issues de sources non agricoles

Objectif environnemental Polluants atmosphériques azotés

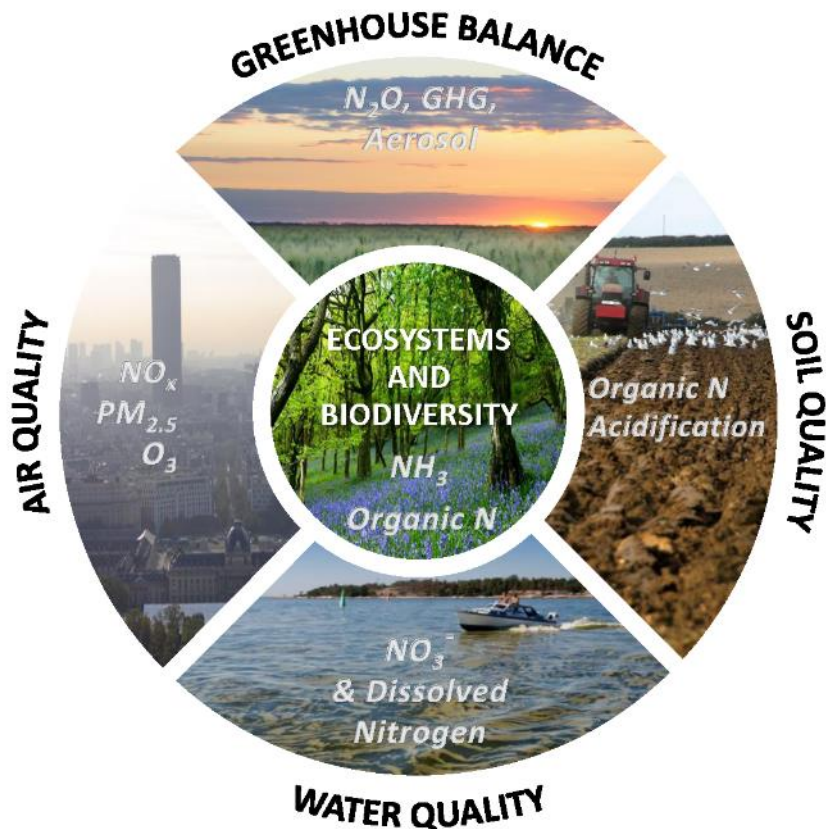
Évolution des émissions d'ammoniac depuis 1990 avec la valeur cible 2025



Source: Rapport agricole 2020; <https://www.agrarbericht.ch/de/umwelt/stickstoff/ammoniakemissionen>

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

5 domaines problématiques* en conséquence de l'augmentation de l'azote réactif



- ▶ Écosystèmes et biodiversité
- ▶ Sol
- ▶ Eau
- ▶ Air (→ santé humaine)
- ▶ Réchauffement climatique

Coûts induits Suisse**

- ▶ 0,5-2,5 milliards de CHF causés par l'agriculture

Sources:

*Sutton, M.A., Howard, C.M., Erismann J.W., Bealey J.W., Billen G., Bleeker, A., Bouwman A., Grennfelt, G., van Grinsven, H. & Grizzetti G. (2011) The challenge to integrate nitrogen science and policies. Chapter 5, in: The European Nitrogen Assessment (Eds. Sutton et al.), Cambridge University Press.

**Gunter, J., Eichler, A., Hagedorn, F., Pellissier, L., Schwikowski, M., Seehausen, O., Stamm, C., van der Heijden, M., Waldner, P., Widmer, I., Altermatt, F. 2020. Übermäßige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. Swiss Academies Factsheet 15 (8). Bern, Switzerland: Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT).

Situation initiale

- ▶ Obligations de réduction des émissions au titre du protocole de Göteborg de la convention de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance *
- ▶ Objectif environnemental Polluants atmosphériques azotés**
- ▶ Suivi des résultats grâce à la modélisation des émissions et à l'élaboration de l'inventaire suisse des émissions
- ▶ Base: modèle Agrammon
- ▶ Modèle de flux de matières (Tier 3 selon State of the Art)
- ▶ Disponible gratuitement sur le web ***→ unique au monde
- ▶ Trois versions d'Agrammon
 - ▶ Modèle exploitation individuelle
 - ▶ Modèle régional
 - ▶ Modèle exploitation individuelle avec adaptations cantonales

*Protocole de Göteborg de la convention de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière <https://unece-modl.dotsoft.gr/environment-policyair/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone>

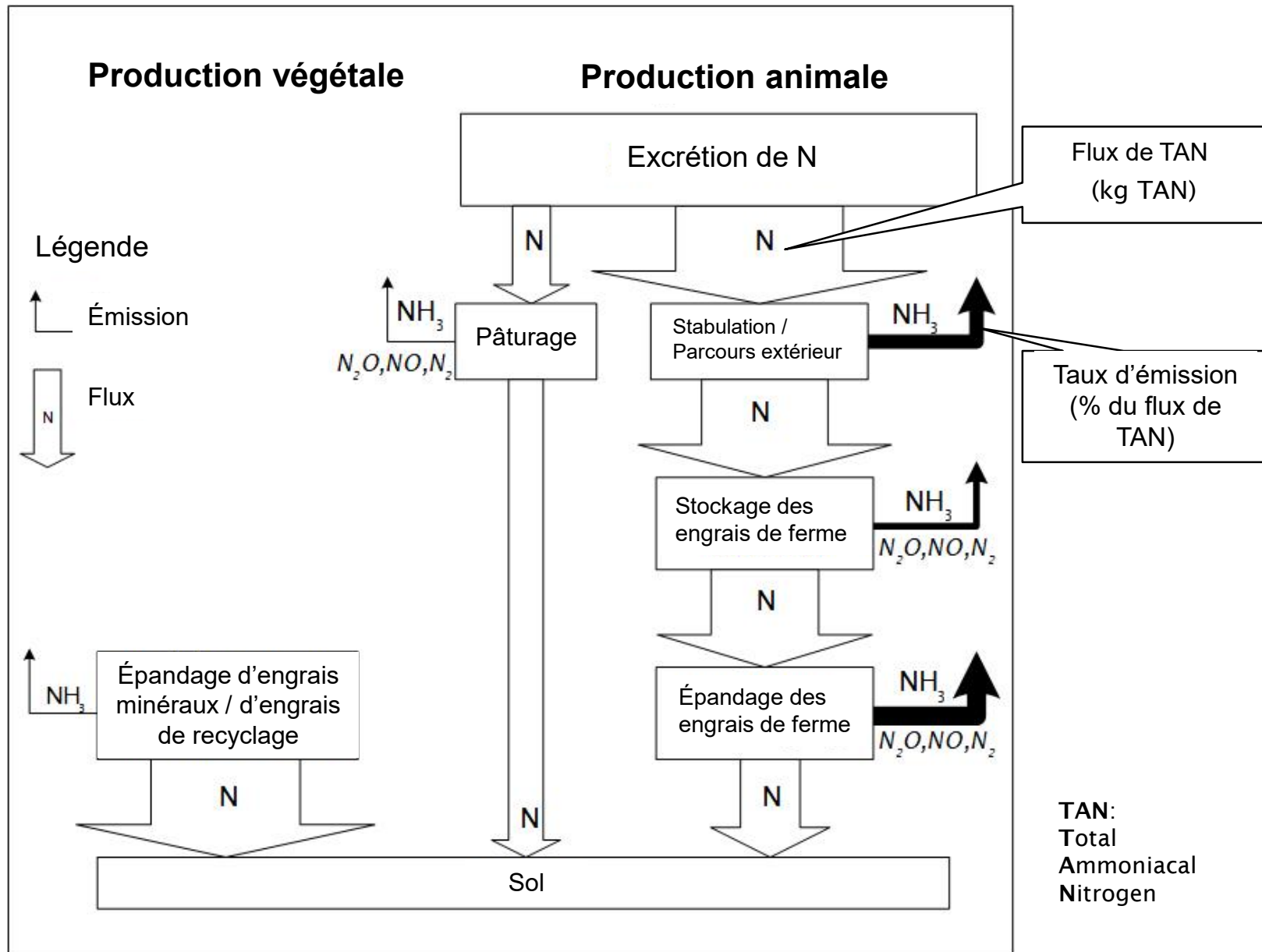
**OFEV, OFAG. 2016. Objectifs environnementaux pour l'agriculture. Rapport d'état 2016. Connaissances de l'environnement Nr. 1633. Berne: Office fédéral de l'environnement (OFEV) et Office fédéral de l'agriculture (OFAG)

***www.Agrammon.ch

Situation initiale

- ▶ Dans ce contexte: 3 domaines d'application pour Agrammon
 - ▶ Élaboration de l'inventaire national des émissions issues de l'agriculture sur la base du modèle exploitation individuelle
 - ▶ Calcul des émissions d'environ 3000 exploitations agricoles sur la base des données relatives à la technique de production d'un échantillon pondéré et représentatif d'exploitation tous les 5 ans
 - ▶ Extrapolation des émissions des exploitations individuelles à la Suisse
 - ▶ Calcul ou simulation des émissions actuelles ou futures des régions, des cantons, de la Suisse sur la base des moyennes ou des hypothèses relatives à la technique de production future avec le modèle régional
 - ▶ Calculs des émissions dans le cadre de la vulgarisation, de la formation, de demandes de permis de construire, d'études d'impact sur l'environnement avec le modèle exploitation individuelle ou le modèle exploitation individuelle avec adaptations cantonales

Modèle de flux de matière Agrammon



Bases du modèle Agrammon

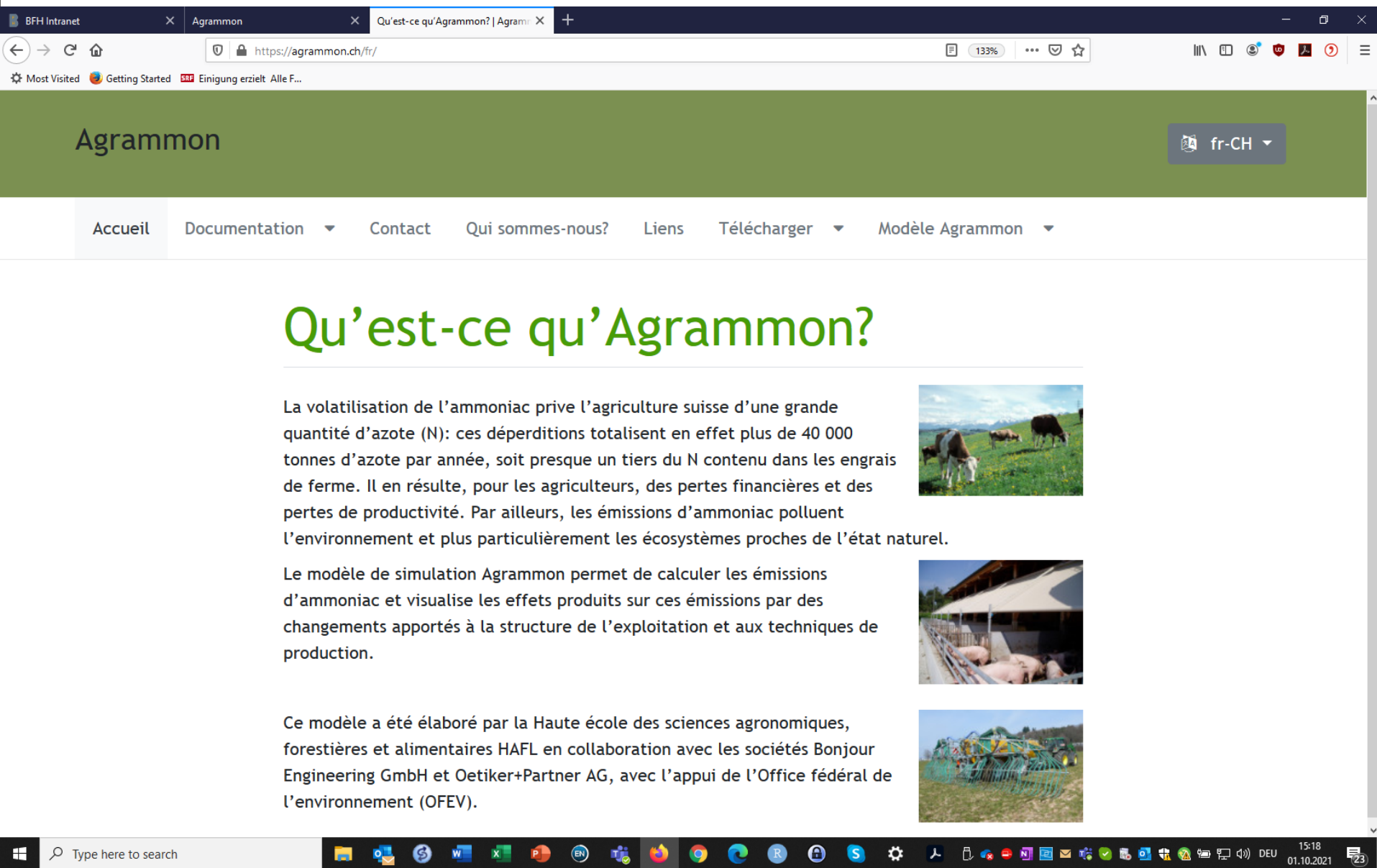
- ▶ Bases de calcul
 - ▶ Nombre d'animaux, consommation d'engrais minéraux N et d'engrais de recyclage à partir de statistiques ou des données de l'exploitation
 - ▶ Excrétions des animaux de rente → Valeurs PRIF*
 - ▶ Taux d'émission des pâturages et des systèmes de stabulation par catégorie d'animaux, stockage et épandage de lisier et de fumier
 - ▶ Facteurs de correction des taux d'émission en cas d'utilisation de techniques de réduction des émissions
- ▶ Dans la mesure du possible, les bases de calcul sont fondées sur des essais scientifiques suisses.
- ▶ Lorsque ceux-ci font défaut: consultation de données provenant de l'étranger (notamment littérature révisée par des pairs), de lignes directrices internationales (notamment document explicatif de la CEE-ONU**) ou d'évaluations d'experts.

Sources:

*Richner, W., Flisch, R., Mayer, J., Schlegel, P., Zähler, M., Menzi, H., 2017. 4/ Eigenschaften und Anwendung von Düngern, in: Richner, W., Sinaj, S. (Eds.), Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz / GRUD 2017. Agrarforschung Schweiz 8 (6) Spezialpublikation, pp. 4/1-4/23.

**Bittman, S., Dedina, M., Howard, C.M., Oenema, O., Sutton, M.A. 2014. Options for ammonia mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK.

Principes du modèle Agrammon



Principes du modèle Agrammon

BFH Intranet X Agrammon X Documents à télécharger | Agrammon X +

https://agrammon.ch/fr/documents-a-telecharger/ 133%

Documents à télécharger

Rapport

- Emissions d'ammoniac agricoles en Suisse de 1990 à 2015. Rapport en allemand avec résumé en français et annexes contenant les données sur les techniques de production et les facteurs d'émission pour 1990, 1995, 2002, 2007, 2010 et 2015 (2018-10-10) [Télécharger](#)
- Emissions d'ammoniac agricoles en Suisse de 1990 à 2015. Résumé (2018-10-10) [Télécharger](#)

Informations supplémentaires

- Tests de plausibilité et correction des données de l'enquête pour l'estimation des pertes d'ammoniac 2007. Document en anglais (2010-02-02) [Télécharger](#)
- Spécimen du questionnaire de l'enquête pour l'estimation des pertes d'ammoniac 2015 [Télécharger](#)
- Paramètres techniques du modèle Agrammon. Document en allemand (2018-08-16) [Télécharger](#)
- Documentation sur les paramètres techniques du modèle Agrammon. Document en allemand (2018-08-17) [Télécharger](#)
- Rapport sur l'intégration de N₂O, NO, N₂ dans le modèle (en anglais) [Télécharger](#)
- Questions fréquentes concernant le modèle Agrammon. Document en allemand (2013-04-18) [Télécharger](#)

Informations concernant le modèle Agrammon

- Nouveautés dans la version 6.0.0 par rapport à la version 5.1.4 (2021-05-31) [Télécharger](#)
- Nouveautés dans la version 5.0 par rapport à la version 4.0 (2020-02-04) [Télécharger](#)

Principes du modèle Agrammon



Technische Parameter Modell Agrammon

Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren

Thomas Kupper,

Version 31.07.2019

Inhalt

1. Tierkategorien, Stickstoffausscheidung und Anteil löslicher Stickstoff in den Ausscheidungen	3
2. Emissionsraten NH_3	4
2.1 Tierhaltung	4
2.1.1 Weide	4
2.1.2 Stall und Laufhof	5
2.2 Hofdüngerlager	8
2.3 Hofdüngerausbringung	9
2.4 Pflanzenbau: mineralische N-Dünger und Recyclingdünger	9
3. Korrekturfaktoren	10

Principes du modèle Agrammon

Emissionen Stall

	Tierkategorie	System	ER*	Einheit	Grundlage
78.	Rindvieh (alle Tierkategorien)	Laufställe ²	18.3	% TAN	Monteny (2000), UNECE (2014) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
79.		Anbindeställe ²	6.7	% TAN	
80.		Tiefstreu / Tretmist ³	18.3	% TAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
81.		Mehrfläche (nicht belegte Stallplätze) in Laufställen	pro 10% Mehrfläche: 5% Zunahme der Emission bis max. 50% Mehrfläche		Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
82.	Schweine (alle Tierkategorien)	Konventionelle Ställe	24.3	% TAN	Keck (1997)
83.		Labelställe mit Mehrflächenbucht und Auslauf	48.6	% TAN	Berry et al. (2005) Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
84.		Tiefstreu ³	48.6	% TAN	
85.	Legehennen Junghennen	Mist (Kotgrube, Bodenhaltung) ³	50.0	% TAN/UAN	UNECE (2014); Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon
86.		Kot (Kotbandentmischung ohne Kotbandtrocknung) ³	25.0	% TAN/UAN	Webb et al. (2012); Dokumentation Technische Parameter Modell Agrammon UNECE (2014)

Exemple 1 Calcul d'émissions Demande de permis de construire

Fichier ▼Editer ▼Options ▼Admin ▼Aide ▼

AGRAMMON 6.0.1 modèle Exploitation individuelle

Référence: -
Set de données: **Beispiel 1** Baufachleutetagung 2021

Entrée

Résultats sous forme de tableau

Agrammon

● Production animale

● Vaches laitières

● DC

● Autres bovins

● H1

● H2

● H3

○ Porcs

○ Porcs à l'engrais

○ Volaille

○ Chevaux et autres équidés

○ Petits ruminants

○ Autres animaux consommant

● Stockage

● Fumier

● Lisier

● L1

● Epandage

● Lisier

● Fumier

● Production végétale

● Engrais minéraux azotés

● Engrais de recyclage

Paramètres d'entrée	Cliquez pour éditer	Unité	Aide	Commentaire
Catégorie d'animaux	Vaches laitières	-	?	
Nombre d'animaux	40	-	?	
Nombre de places dans l'étable	40	-	?	
Excrétions azotées	Standard	kg N/an	?	
Proportion de TAN des excréments azotés	Standard	%	?	
Production laitière moyenne par vache	8'200	kg/an	?	
Proportion d'animaux recevant du foin en été	100	%	?	
Proportion d'animaux recevant de l'ensilage de maïs en été	100	%	?	
Proportion d'animaux recevant des pellets de maïs en été	0	%	?	
Proportion d'animaux recevant de l'ensilage de maïs en hiver	100	%	?	
Proportion d'animaux recevant de l'ensilage d'herbe en hiver	100	%	?	
Proportion d'animaux recevant des pellets de maïs en hiver	0	%	?	
Proportion d'animaux recevant des pommes de terre en hiver	0	%	?	
Proportion d'animaux recevant des betteraves en hiver	0	%	?	
Quantité moyenne de concentrés par vache et par jour en été	1,5	kg/jour	?	
Quantité moyenne de concentrés par vache et par jour en hiver	2,5	kg/jour	?	
Type de stabulation	Stabulation libre avec production de lisier complet	-	?	
Mesures limitant les émissions dans les stabulations pour vaches laitières	aucune	-	?	
Mesure supplémentaire limitant les émissions dans les stabulations (cf. ai...	0	%	?	
Nombre de jours avec accès au parcours extérieur (par an)	365	jours/an	?	
Parcours extérieur	disponible: sans fourrage à disposition dans le parcours	-	?	
Type de parcours extérieur	sol en dur	-	?	
Mesure supplémentaire limitant les émissions sur le parcours extérieur (cf. ...	0	%	?	
Jours de pâturage par an	192	jours/an	?	
Heures de pâturage par jour	4	heures/jour	?	

1 lignes sur 25

Résumé des résultats

Module	Variable	Valeur	Unité
Tierproduktion	Weide	34	kg N/Jahr
	Stall und Laufhof	710	kg N/Jahr
	Hofdüngerlagerung	112	kg N/Jahr
	Hofdüngerausbringung	747	kg N/Jahr
	Total	1602	kg N/Jahr

État initial Émissions:
1602 kg NH₃-N par an

Exemple 1 Calcul d'émissions Demande de permis de construire

Fichier ▼Editer ▼Options ▼Admin ▼Aide ▼

AGRAMMON 6.0.1 modèle Exploitation individuelle

Référence: -
Set de données: **Beispiel 1** Baufachleutetagung 2021

EntréeRésultats sous forme de tableau

Agrammon

● Production animale

● Vaches laitières

● Stall Milchkühe

● Autres bovins

● Stall Aufzuchttrinder 1-2 J

● Stall Aufzuchttrinder u 1 J

● Stall Aufzuchttrinder ü 2 J

○ Porcs

○ Porcs à l'engrais

○ Volaille

○ Chevaux et autres équidés

○ Petits ruminants

○ Autres animaux consommant

● Stockage

● Fumier

● Lisier

● Lager

● Epandage

● Lisier

● Fumier

● Production végétale

● Engrais minéraux azotés

Paramètres d'entrée

Cliquez pour éditer

Unité

Aide

Commentaire

Catégorie d'animaux

Vaches laitières

-

Nombre d'animaux

40

-

Nombre de places dans l'étable

40

-

Excrétions azotées

Standard

kg N/an

Proportion de TAN des excréments azotés

Standard

%

Production laitière moyenne par vache

8'200

kg/an

Proportion d'animaux recevant du foin en été

100

%

Proportion d'animaux recevant de l'ensilage de maïs en été

100

%

Proportion d'animaux recevant des pellets de maïs en été

0

%

Proportion d'animaux recevant de l'ensilage de maïs en hiver

100

%

Proportion d'animaux recevant de l'ensilage d'herbe en hiver

100

%

Proportion d'animaux recevant des pellets de maïs en hiver

0

%

Proportion d'animaux recevant des pommes de terre en hiver

0

%

Proportion d'animaux recevant des betteraves en hiver

0

%

Quantité moyenne de concentrés par vache et par jour en été

1,5

kg/jour

Quantité moyenne de concentrés par vache et par jour en hiver

2,5

kg/jour

Type de stabulation

Stabulation libre avec production de lisier complet

-

Mesures limitant les émissions dans les stabulations pour vaches laitières

Sol non perforé avec pente transv. + stalle d'affouragement

-

Mesure supplémentaire limitant les émissions dans les stabulations (cf. aide)

aucune

Nombre de jours avec accès au parcours extérieur (par an)

Parcours extérieur

dis

Stalle d'affouragement surélevée

Type de parcours extérieur

sol

Sol non perforé avec pente transversale

Mesure supplémentaire limitant les émissions sur le parcours extérieur (cf. aide)

Sol non perforé avec pente transv. + stalle d'affouragement

Jours de pâturage par an

Heures de pâturage par jour

4

heures/jour

1 lignes sur 25

Résumé des résultats

Module

Variable

Valeur

Unité

Production animale

Pâturage

34

kg N/an

Stabulation et parcours extérieur

585

kg N/an

Stockage

112

kg N/an

Epandage

792

kg N/an

Total

1522

kg N/an

État Émissions avec mesure:
1522 kg NH₃-N par an
Réduction d'émissions: 5%

Exemple 2 Calcul d'émissions Demande de permis de construire

Fichier ▾

Editer ▾

Options ▾

Admin ▾

Aide ▾

GRAMMON 6.0.1 modèle Exploitation individuelle

Référence: -
Set de données: **Beispiel 2 Bau**

Entrée

Résultats sous forme de tableau

Agrammon

● Production animale

○ Vaches laitières

○ Autres bovins

○ Porcs

● Porcs à l'engrais

● PF

○ Volaille

○ Chevaux et autres équidés

○ Petits ruminants

○ Autres animaux consommant

● Stockage

● Fumier

● Lisier

● Lager

● Epandage

● Lisier

● Fumier

● Production végétale

Paramètres d'entrée	Cliquez pour éditer	Unité	Aide	Comme
Catégorie d'animaux	Porcs à l'engrais	-	?	
Nombre d'animaux	500	-	?	
Nombre de places dans l'étable	500	-	?	
Excrétions azotées	Standard	kg N/an	?	
Proportion de TAN des excréments azotés	Standard	%	?	
Teneur de la ration en matière azotée pendant la phase d'engraissement...	160	g MA/kg	?	
Teneur de la ration en matière azotée pendant la phase d'engraissement...	150	g MA/kg	?	
Teneur de la ration en matière azotée pendant la phase d'engraissement...	135	g MA/kg	?	
Teneur de la ration en énergie	14	MJ EDP/kg	?	
Type de stabulation	Stabulation labellisée à aires multiples et parco...	-	?	
Traitement des effluents gazeux	aucun	-	?	
Mesures limitant les émissions dans les stabulations	aucune	-	?	
Mesures limitant les émissions amenée d'air	aucune	-	?	
Mesure supplémentaire limitant les émissions dans les stabulations (cf. ai...	0	%	?	

1 lignes sur 14

Résumé des résultats

Module	Variable
Production animale	Pâturage
	Stabulation et parcours extérieur
	Stockage
	Epandage
	Total

Berner Fachhochschule | Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Procédure pour les nouvelles techniques

► Étude de littérature: Exemple: Acidification du lisier



**Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als
Massnahme zur Reduktion von Ammoniak-
emissionen in der Schweiz -
Aktueller Stand**

**Evaluation de l'acidification du lisier
comme mesure pour réduire
les émissions d'ammoniac en Suisse -
Etat actuel**

**Evaluation of slurry acidification
for mitigating ammonia emissions
in Switzerland – Update**

Bericht auf Deutsch mit Zusammenfassung auf Französisch und Englisch
Rapport en allemand avec résumé en français
Report in German with summary in English

Bericht erstellt im Auftrag
des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) 3003 Bern

Thomas Kupper

Berner Fachhochschule

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

23. Januar 2017

Disponible sous:
<https://Agrammon.ch/de/downloads/weitere-informationen/>

Procédure pour les nouvelles techniques

► Étude de littérature: Exemple: Acidification du lisier

Anrechnung der Reduktion von Ammoniakemissionen bei Ansäuerung von Gülle im Stall für Emissionsrechnungen mittels Agrammon

Einleitung

Gemäss aktuellem Wissensstand gilt die Ansäuerung von Gülle als Technologie, welche zur Reduktion von Ammoniakemissionen beitragen kann²⁰. Bei Anwendung des Systems JH Forsuring NH4+ zur Ansäuerung von Gülle im Stall (aufgeführt in der Technologieliste des dänischen Umweltbundesamts²¹) werden im Rahmen der Anwendung des Modells Agrammon (www.agrammon.ch) die unten aufgeführten Werte zur Emissionsminderung vorgeschlagen.

Emissionsminderung

Stufe Stall²²:

- Rindvieh: 25 %
- Schweine: 30 %

Diese Werte gelten unter der Bedingung, dass der pH Wert der Gülle im Mischtank auf 5. abgesenkt wird, und die Kanäle im Stall mindestens einmal pro Tag mit angesäuerter Gülle gespült werden. Weiter müssen die Exkremente rasch in die angesäuerte Gülle befördert werden. Dies ist in der Regel unter den folgenden Voraussetzungen gegeben:

- Rindvieh: planbefestigter Boden mit häufigem Betrieb des Schiebers (mindestens alle 2 h) oder Vollspaltenboden in Stall und Laufhof.
- Schweine: System mit Teilspaltenboden, sofern die befestigten Flächen im Stall und im Auslauf sauber sind.

Stufe Lager: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

Stufe Ausbringung: Rindvieh und Schweine: 50 %²³

Die Emissionsreduktion auf den Stufen Lager und Ausbringung gilt nur, wenn ausschliesslich im Stall angesäuerte Gülle untergebracht wird. Bei einer Zumischung von Hilfsstoffen, muss im Einrechnung angerechnet werden kann.

Réduction des
émissions
Étape stabulation:
- Bovins: 25 %
- Porcs: 30 %

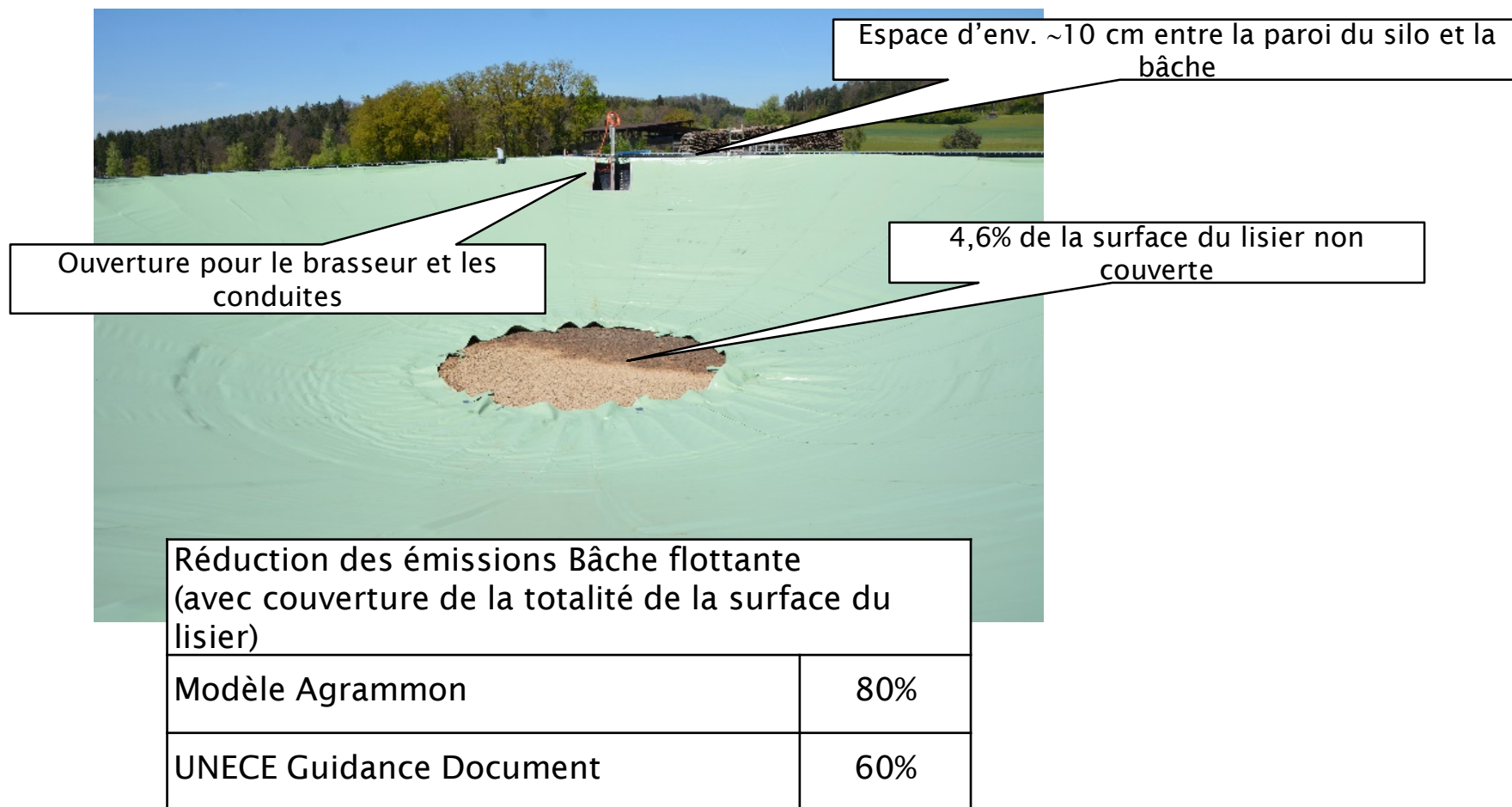
Option à saisir sous
«Mesure supplémentaire de réduction
des émissions Stabulation»

- Étape stockage: bovins et porcs 50 %
- Étape épandage: bovins et porcs: 50 %

Procédure pour les nouvelles techniques

► Mesure d'émissions:

Exemple: couverture d'un silo à lisier avec bâche semi-flottante



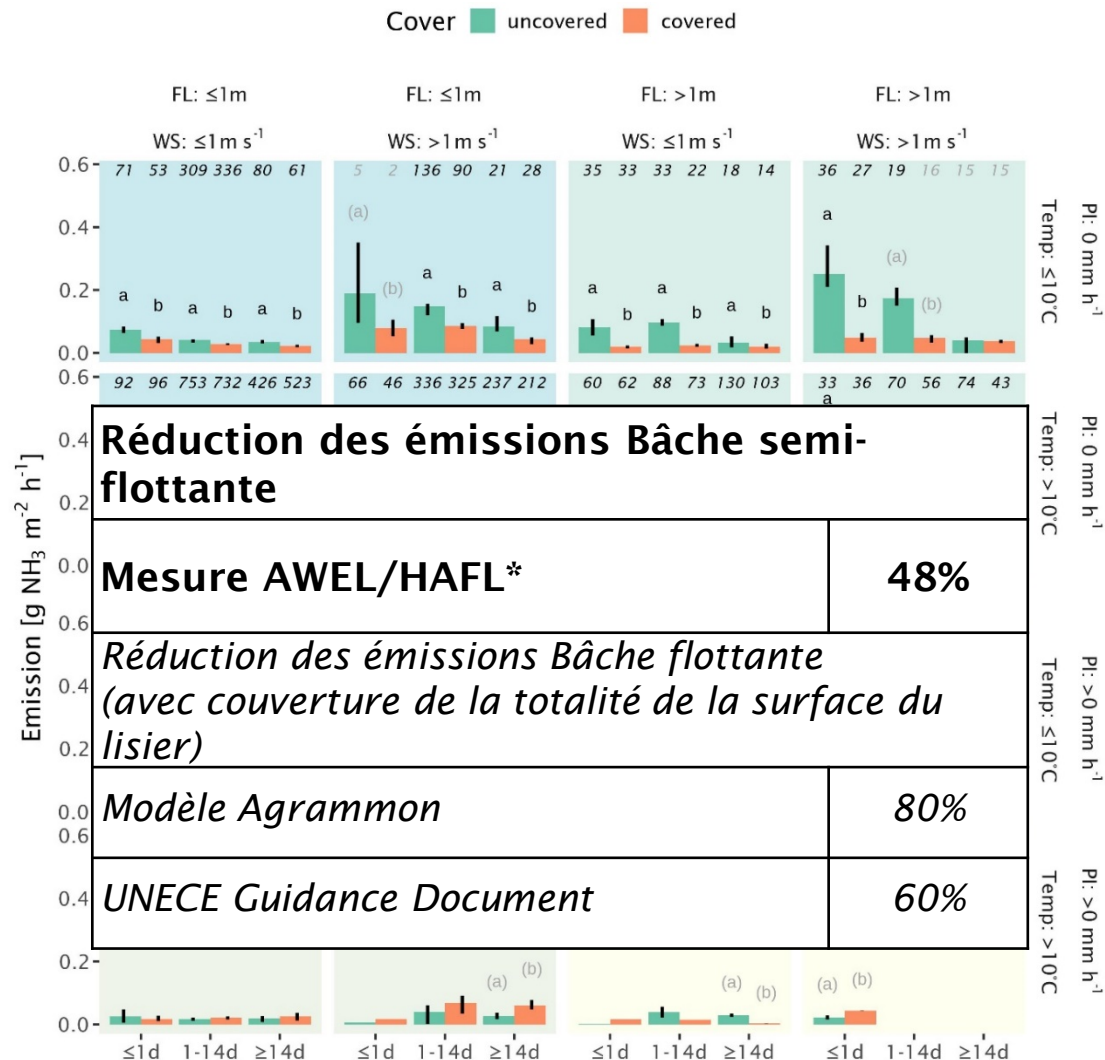
Procédure pour les nouvelles techniques

- ▶ Mesure d'émissions:
Exemple: couverture d'un silo à lisier avec bâche semi-flottante
- ▶ 2 ans de mesures d'émissions du silo à lisier non couvert (2015-17)
- ▶ 1 an de mesures d'émissions du silo à lisier après couverture par une bâche semi-flottante (2017/18)
- ▶ Mesures: AWEL
Évaluations et calcul de la réduction des émissions: HAFL



Procédure pour les nouvelles techniques

- Mesure d'émissions:
Exemple: couverture d'un silo à lisier avec bâche semi-flottante

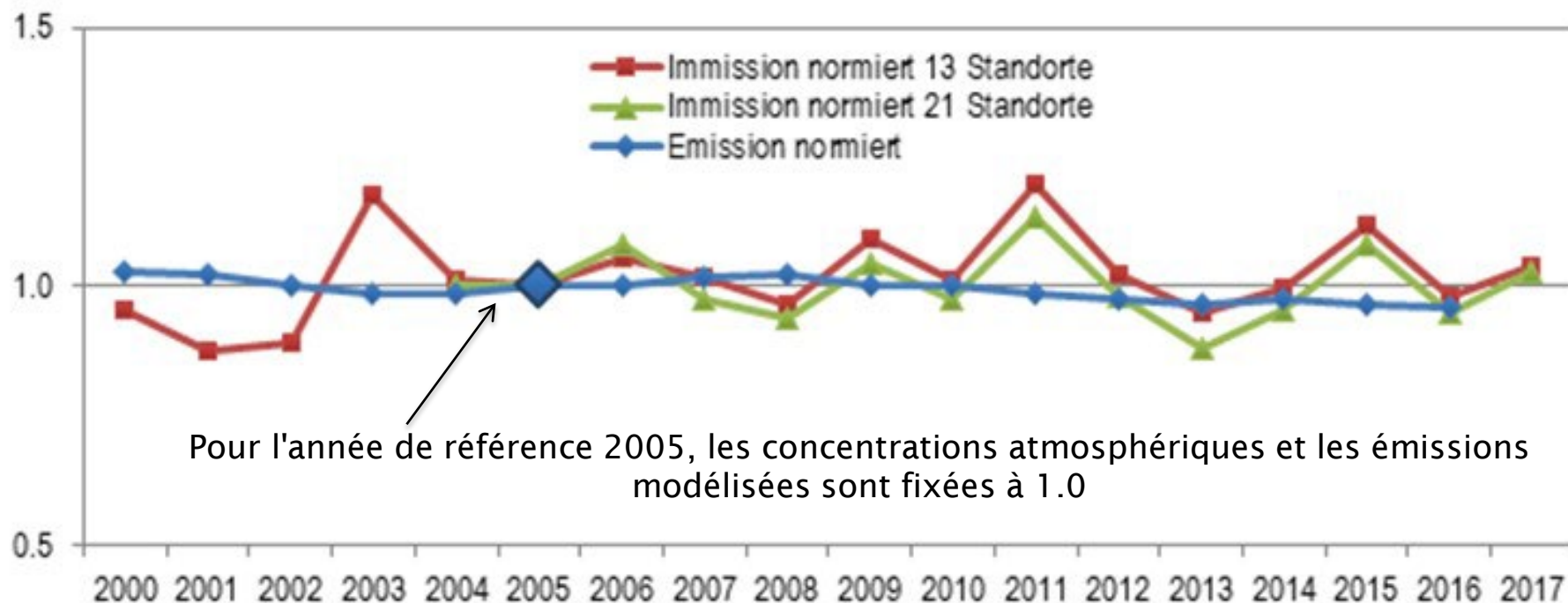


*Source: Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Neftel, A., Häni, C. 2021. A novel approach to estimate the abatement of ammonia emissions from mitigation techniques at farm-scale slurry stores exemplified by a semifloating cover. J. Environ. Qual. 50(5): 1074-1083.

Précision de la modélisation des émissions

Évolution des concentrations atmosphériques d'ammoniac mesurées (=immissions) en Suisse entre 2000 et 2017 par rapport aux émissions modélisées

Preuve, ou du moins indication solide, que l'inventaire des émissions agricoles pour l'ensemble de la Suisse, basé sur le modèle Agrammon, représente de manière adéquate la situation réelle des émissions

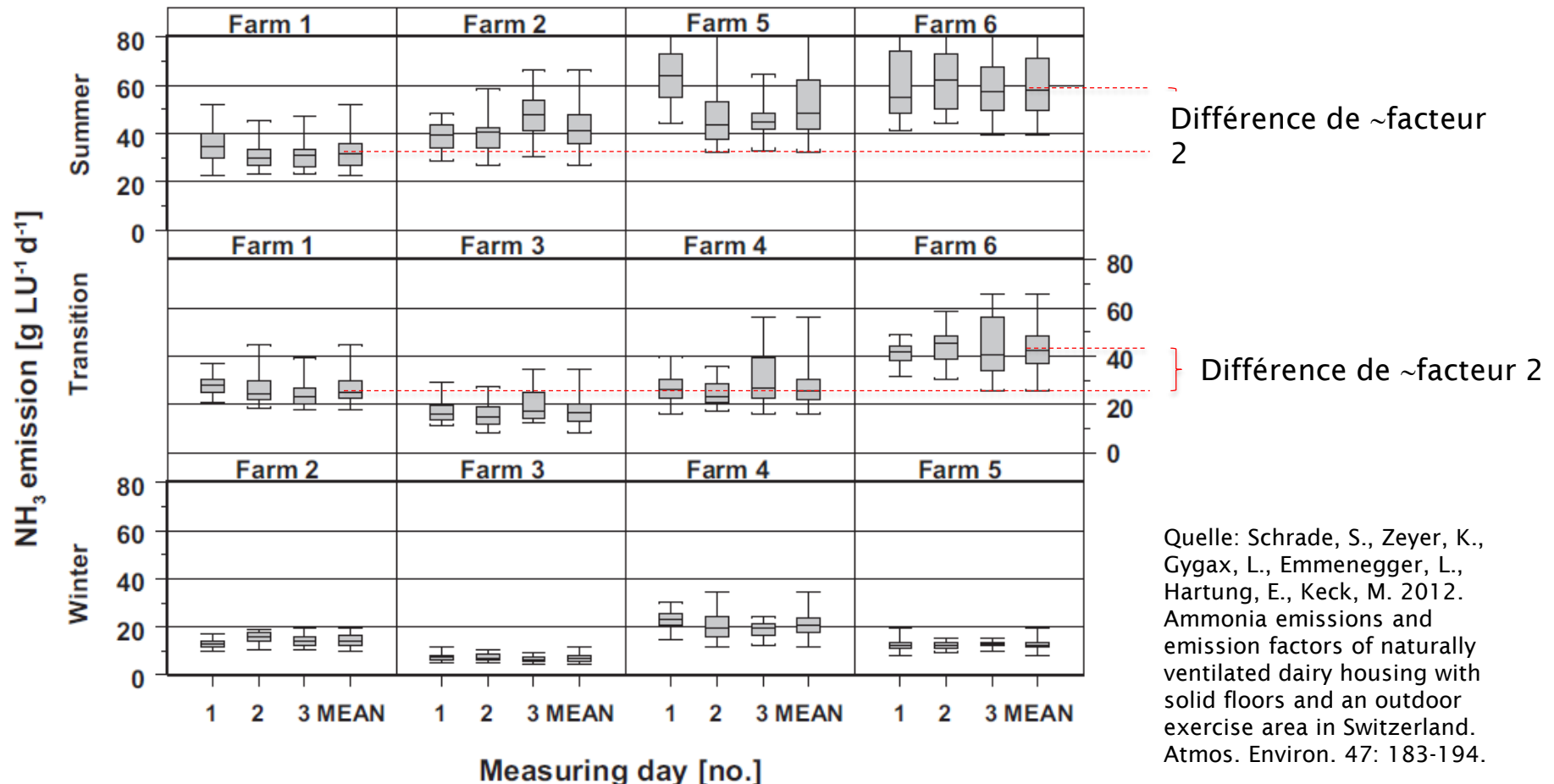


Source: Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F. 2018. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.Agrammon.ch/dokumente-zum-download/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.

Précision de la modélisation des émissions

Les mesures des exploitations individuelles (réalisées avec la méthode Tracer-Ratio = "Goldstandard") montrent une forte variabilité des émissions.

Indication claire que les calculs d'émissions des exploitations individuelles basés sur le modèle Agrammon présentent une incertitude considérable



Précision de la modélisation des émissions

- ▶ L'incertitude des calculs des exploitations individuelles plaide-t-elle contre l'utilisation d'Agrammon comme outil pour les permis de construire?
- ▶ Existe-t-il de meilleures alternatives?
- ➔ Pas vraiment; pour l'instant, il n'existe probablement pas de meilleures méthodes.
- ▶ Avantages claires de l'utilisation d'Agrammon:
 - ▶ Application homogène dans toute la Suisse
 - ▶ Pas d'effort supplémentaire de la part des organes d'exécution pour déduire leurs propres méthodes de calcul.

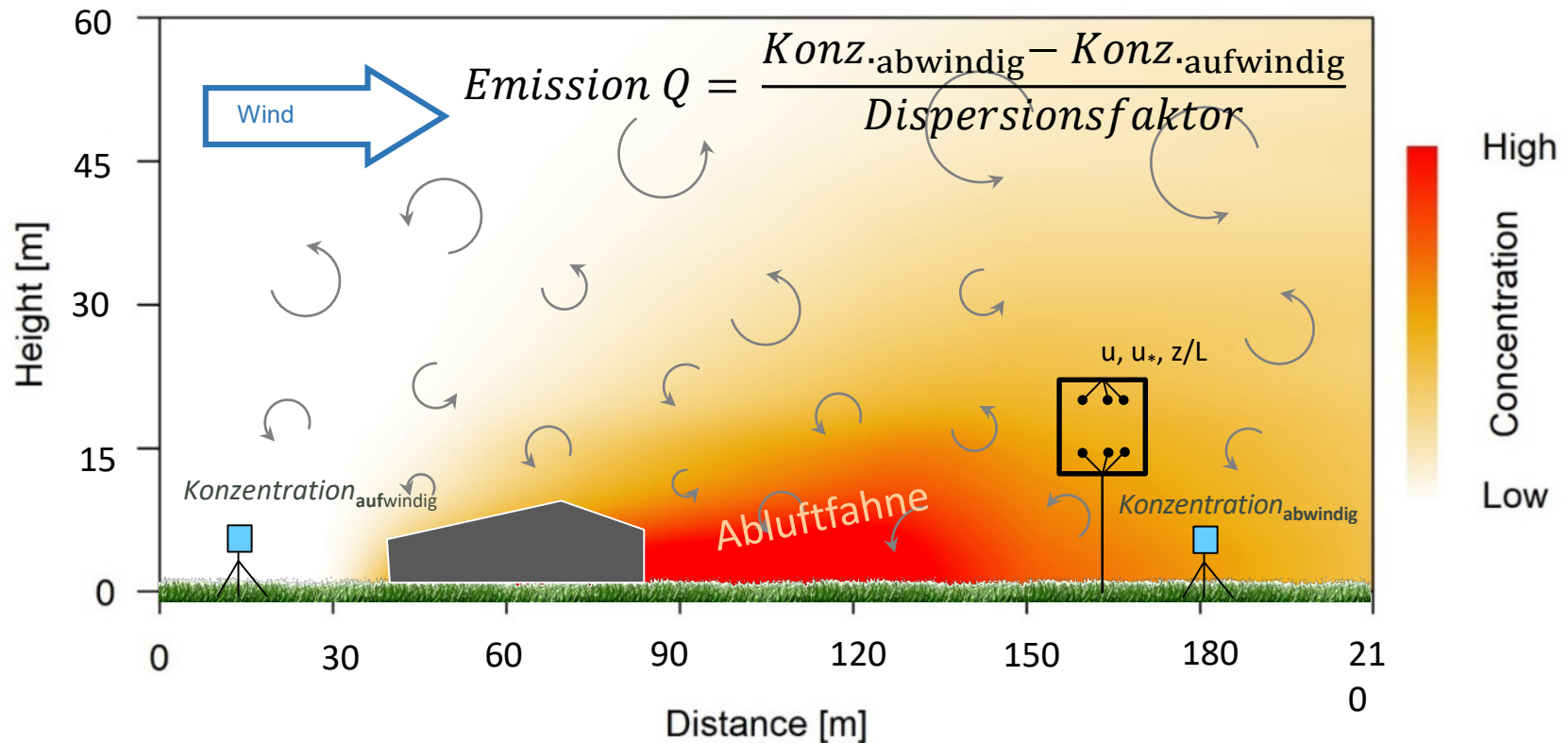
(A propos incertitude:

Les incertitudes que comportent les autres outils bien établis comme Suisse-Bilanz sont à peine plus faibles et sont acceptées)

Besoin et options pour améliorer les bases du modèle Agrammon

- ▶ Les données des systèmes suisses ne sont souvent pas disponibles, p. ex.
 - ▶ Bovins: stabulations libres avec aire d'exercice extérieure
 - ▶ Porcs: porcheries labellisées avec boxes à aires multiples et courette
 - ▶ Poulailers avec jardin d'hiver et parcours extérieur
- ▶ Causes
 - ▶ De tels systèmes n'existent pratiquement qu'en Suisse
 - ▶ Les émissions de ces systèmes sont très difficiles à mesurer et ne peuvent l'être qu'au prix de grands efforts.
- ▶ Méthode appropriée pour la détermination des émissions dans des conditions pratiques, adaptée par la HAFL: mesure des gaz linéaire intégrée combinée au modèle de dispersion bLS (simplifiée: «télémétrie»).

Mesure des gaz linéaire intégrée combinée au modèle de dispersion bLS (simplifiée : «téléométrie»)



Télémétrie: appareils de mesure

Mesure de gaz
Capteur



Miroir



Anémomètre
sonique
Mesure 3D du
mouvement de l'air



Station
météorologique



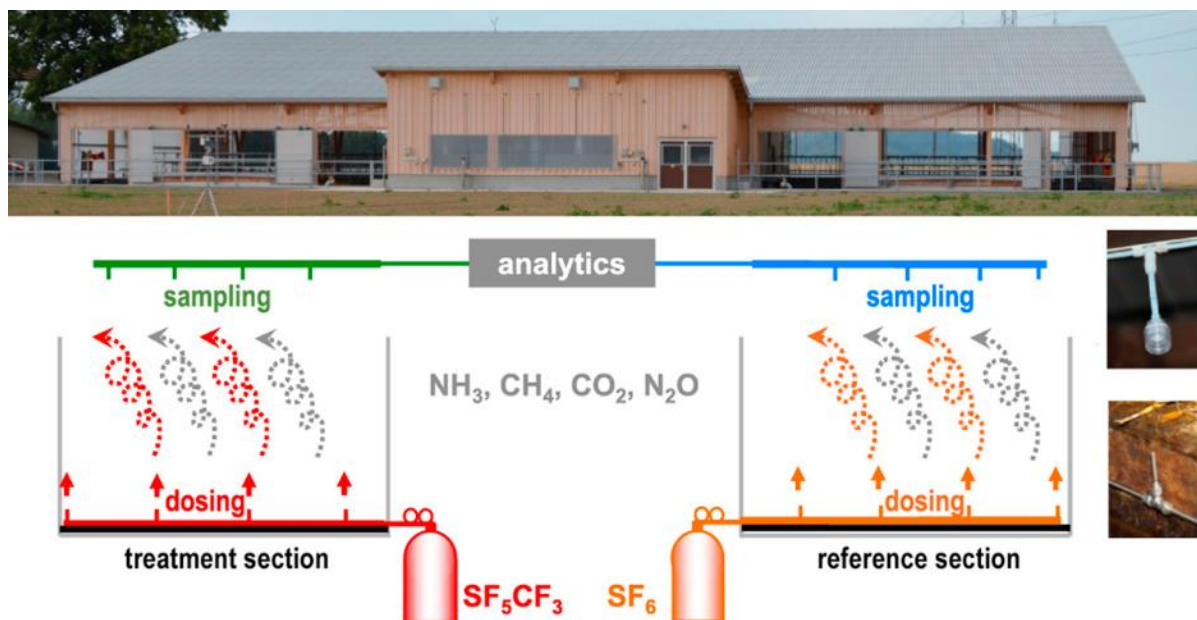
Campagnes de mesures Étable expérimentale sur les émissions Waldegg, Agroscope Tänikon

- ▶ Stabulation libre à aération naturelle pour 40 vaches laitières
- ▶ 2 campagnes de mesures et comparaison ...



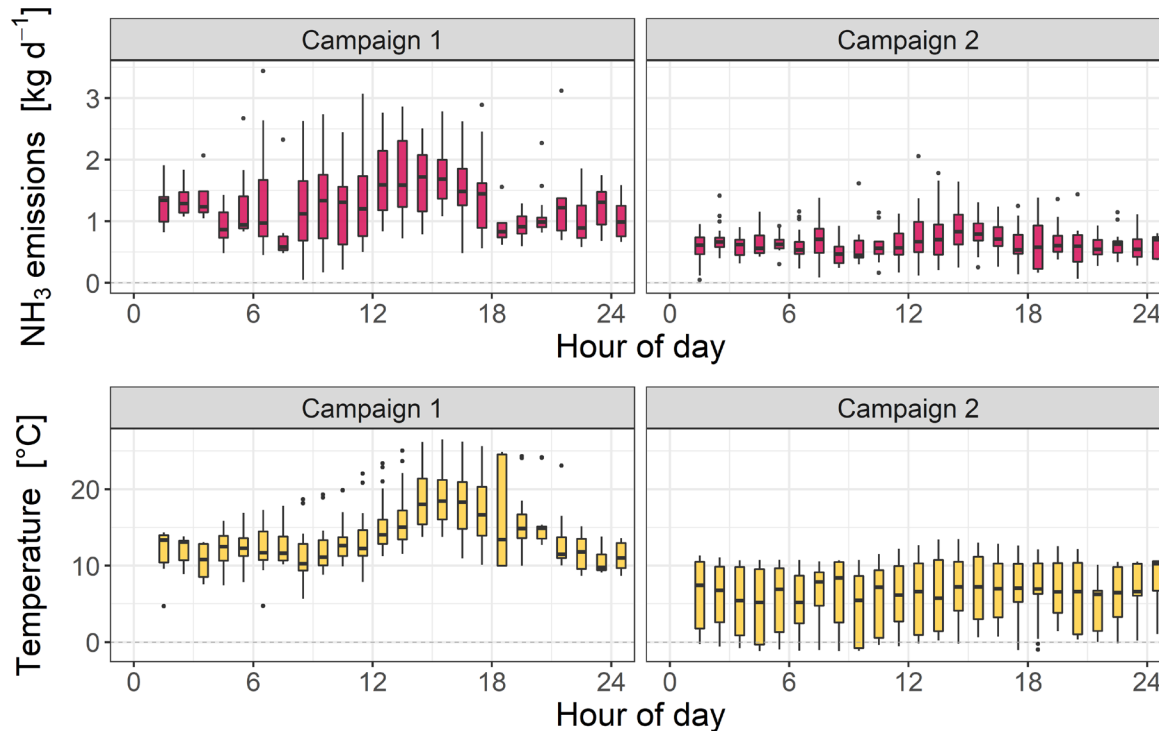
Campagnes de mesures Étable expérimentale sur les émissions Waldegg, Agroscope Tänikon

- ...avec résultats des mesures effectuées parallèlement avec le méthode Tracer-Ratio- (=«Goldstandard»)



Source de la photo: Mohn, J., Zeyer, K., Keck, M., Keller, M., Zähler, M., Poteko, J., Emmenegger, L., Schrade, S. 2018. A dual tracer ratio method for comparative emission measurements in an experimental dairy housing. Atmos. Environ. 179: 12-22.

Campagnes de mesures Étable expérimentale sur les émissions Waldegg, Agroscope Tänikon: résultats



- ▶ Variation diurne des émissions basée sur la télémétrie, comme prévu, avec un maximum en début d'après-midi.
- ▶ Les émissions évoluent avec la température
- ▶ Émissions plus élevées durant la campagne 1 (automne) que durant la campagne 2 (hiver)

- ▶ Écart entre les émissions mesurées par télémétrie et selon la méthode Tracer-Ratio: $\leq 10\%$
- ▶ Écart par rapport aux émissions estimées avec Agrammon $< 10\%$
- ▶ Incertitude vraisemblablement beaucoup plus grande du calcul des émissions avec Agrammon pour les porcheries et les poulaillers SST

Conditions requises pour la télémétrie

- ▶ Environnement aussi plat et homogène que possible
- ▶ Si possible, hauteur égale de la végétation inférieure à env. 80 cm entre la source d'émission et la trajectoire de mesure
- ▶ Si possible, pas d'obstacles tels que des bâtiments à proximité (~200 m) qui pourraient influencer les turbulences ($\approx$ direction, force du vent).
- ▶ Espace suffisant pour installer des systèmes de mesure linéaires intégrés: longueur des chemins d'environ 50 à 250 m
- ▶ Si possible, direction du vent principal clairement définie et vitesse du vent $> 1 \text{ m/s}$
- ▶ Si possible, pas d'autres sources de gaz à mesurer à proximité, surtout du côté du vent.

Campagne de mesure à venir

- Exploitation de vaches laitières dans le Seeland (mesure d'octobre à décembre 2021; durée de mesure: 2 à 4 semaines)



Campagnes de mesures possibles

► Poulailleurs avec jardin d'hiver (et parcours extérieur)



Conclusions

- ▶ Les effets négatifs des émissions d'ammoniac provenant de l'agriculture exigent une réduction des émissions.
- ▶ Agrammon est un outil bien établi qui permet de surveiller les émissions issues de l'agriculture et peut servir de base à la mise en œuvre de mesures.
- ▶ Agrammon a ses forces et ses faiblesses
- ▶ A l'heure actuelle, il n'existe guère d'outil plus adapté qu'Agrammon pour le calcul des émissions en cas de demandes de permis de construire.
- ▶ Il est nécessaire d'améliorer les principes du modèle et d'évaluer l'incertitude des émissions simulées avec Agrammon.
- ▶ Avec la télémétrie, la HAFL dispose d'une méthode très prometteuse pour mesurer les émissions de systèmes complexes tels que les étables SST dans des conditions pratiques.

Documentation

► Modélisation des émissions (Agrammon)

Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., Zaucker, F. 2018. Ammoniakemissionen in der Schweiz: Neuberechnung 1990-2015 URL: <http://www.Agrammon.ch/dokumente-zum-download/>. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen.

Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H. 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmos. Environ.* 103(0): 215-221.

► Mesure des émissions classées par pâture, stabulation/parcours extérieur, stockage, épandage des engrais de ferme

Bell, M., Flechard, C., Fauvel, Y., Häni, C., Sintermann, J., Jocher, M., Menzi, H., Hensen, A., Neftel, A. 2017. Ammonia emissions from a grazed field estimated by miniDOAS measurements and inverse dispersion modelling. *Atmos. Meas. Tech.* 10(5): 1875-1892.

Voglmeier, K., Jocher, M., Häni, C., Ammann, C. 2018. Ammonia emission measurements of an intensively grazed pasture. *Biogeosciences* 15(14): 4593-4608.

Bühler, M., Häni, C., Ammann, C., Mohn, J., Neftel, A., Schrade, S., Zähner, M., Zeyer, K., Brönnimann, S., Kupper, T. 2021. Assessment of the inverse dispersion method for the determination of methane emissions from a dairy housing. *Agric. For. Meteorol.* 307: 108501.

Kupper, T., Häni, C., Neftel, A., Kincaid, C., Bühler, M., Amon, B., VanderZaag, A.C. 2020. Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - a review. *Agr. Ecosyst. Environ.* 300(106963): 1-18.

Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Häni, C. 2021. Ammonia emissions from an uncovered dairy slurry storage tank over two years: Interactions with tank operations and meteorological conditions. *Biosys. Eng.* 204: 36-49.

Kupper, T., Eugster, R., Sintermann, J., Neftel, A., Häni, C. 2021. A novel approach to estimate the abatement of ammonia emissions from mitigation techniques at farm-scale slurry stores exemplified by a semifloating cover. *J. Environ. Qual.* 50(5): 1074-1083.

Häni, C., Sintermann, J., Kupper, T., Jocher, M., Neftel, A. 2016. Ammonia emission after slurry application to grassland. *Atmos. Environ.* 125: 92-99.

Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Burchill, W., Bussink, W., Chantigny, M., Carozzi, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Hunt, D., Kupper, T., Lanigan, G., Loubet, B., Misselbrook, T., Meisinger, J.J., Neftel, A., Nyord, T., Pedersen, S.V., Rochette, P., Sintermann, J., Vermeulen, B., Vestergaard, A., Voylovkov, P., Williams, J.R., Sommer, S.G. 2018. The ALFAM2 database on ammonia emission from field-applied manure: Description and illustrative analysis. *Agric. For. Meteorol.* 258: 66-78.

Hafner, S.D., Pacholski, A., Bittman, S., Carozzi, M., Chantigny, M., Genermont, S., Häni, C., Hansen, M.N., Huijsmans, J., Kupper, T., Misselbrook, T., Neftel, A., Nyord, T., Sommer, S.G. 2019. A flexible semi-empirical model for estimating ammonia volatilization from field-applied slurry. *Atmos. Environ.* 199: 474-484.

Merci de votre attention!



Merci pour les nombreuses années de financement: principalement à l'OFEV, mais aussi à l'OFAG et aux cantons.

Merci aux collègues de la HAFL, d'Agroscope, de l'Empa pour leur précieuse collaboration