



## *Actes de la journée*

### **Forum transfrontalier**

**« Le digestat : comment bien le valoriser dans les systèmes de culture du Rhin supérieur »**

**Station expérimentale du LTZ  
à Rheinstetten - Karlsruhe (D)**

**18 mai 2017**





## **Forum transfrontalier :**

**« Le digestat : comment bien le valoriser  
dans les systèmes de culture  
du Rhin supérieur »**

**Station expérimentale du LTZ  
à Rheinstetten, au sud de Karlsruhe (D)**

**18 mai 2017**

**Cette journée a été organisée par :**

- **ITADA – [www.itada.org](http://www.itada.org)**  
Hervé CLINKSPOOR et Juergen RECKNAGEL  
Tel.: 0(033)3 89 79 27 65, Fax: 03 89 22 95 77, Email : [itada@orange.fr](mailto:itada@orange.fr)
- **Crédits photographies** : secrétariat ITADA
- **Remerciements**  
Aux intervenants et aux modérateurs de la journée
- **Financeurs de la journée** :  
Région Alsace et Land de Bade-Wurtemberg

## Programme de la journée :

**Jeudi 18 mai 2017 au LTZ  
à Rheinstetten (D)**

*« Bien valoriser les digestats de méthanisation  
dans les systèmes de culture du Rhin supérieur »*



## FORUM TRANSFRONTALIER

- 9h30** Mot d'accueil et Introduction : Dr Norbert HABER, Dir. LTZ Augustenberg
- 9h45** Réglementation et enjeux du recyclage des digestats de méthanisation
- en Bade Wurtemberg : Anja HECKELMANN (LTZ Augustenberg)
  - en Région Grand Est : Aurélie VIGNOT, DREAL Grand Est
- 10h30** Epandage des digestats et impacts sur l'environnement ( $N_2O$ ,  $NH_3$ ) : enjeux et technologies disponibles  
Dr Reiner RUSER, Université Hohenheim
- 11h00-11h20** Pause-café
- 11h20** Valorisation agronomique des digestats
- Effets fertilisants en grandes cultures et optimisation : Dr Markus MOKRY (LTZ)
  - Que sait-on sur la matière organique des digestats et son comportement dans le sol : Kurt MÖLLER (LTZ)
- 12h20** Organisation et coût d'une valorisation en agriculture
- Exemple de digestats bruts en Bade-Nord : Helmut JÄGER (Bruchsal)
  - Exemple de digestats solides en Alsace : Jean-Frédéric FRITSCH (Friesenheim)
- 12h50** Conclusion : Hubert GOD, syndicat des paysans du pays de Bade (BLHV)
- 13h00** Déjeuner sur place (inscription obligatoire)
- 14h15** Sur la station du LTZ : présentations commentées d'outils d'épandage : Roland METZGER, LTZ et Christophe GINTZ, Chambre Agriculture Alsace
- 15h30** Chantier de démonstration d'injection de digestats (sous réserve de la météo)  
Roland METZGER, LTZ
- 16h30** Fin de la journée



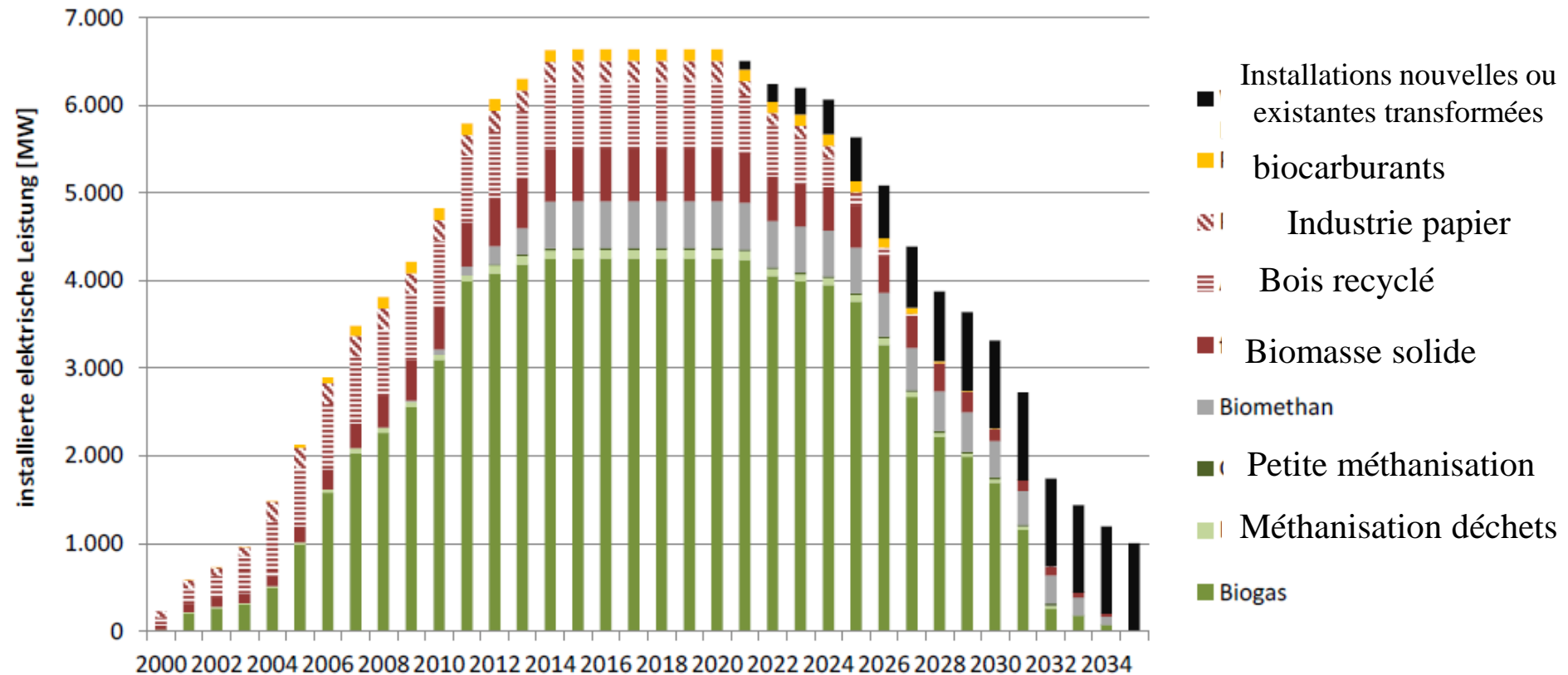
# Valorisation des digestats dans les systèmes de culture de l'agriculture du Rhin supérieur

- Forum transfrontalier du 18.05.2017 -





# Estimation du développement de la puissance installée en production d'électricité à partir de la biomasse (DBFZ 2016)



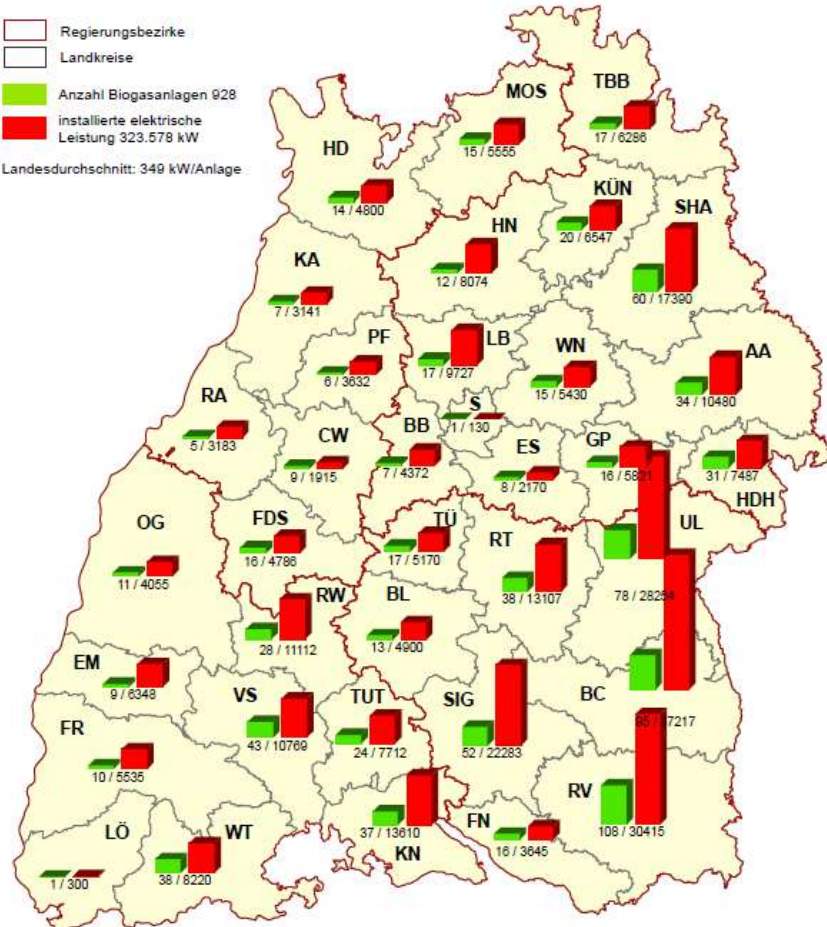
# Installations de biogaz et chargement en bétail en Bade-Wurtemberg (2016)

## Installations biogaz en Bade Wurtemberg 2016

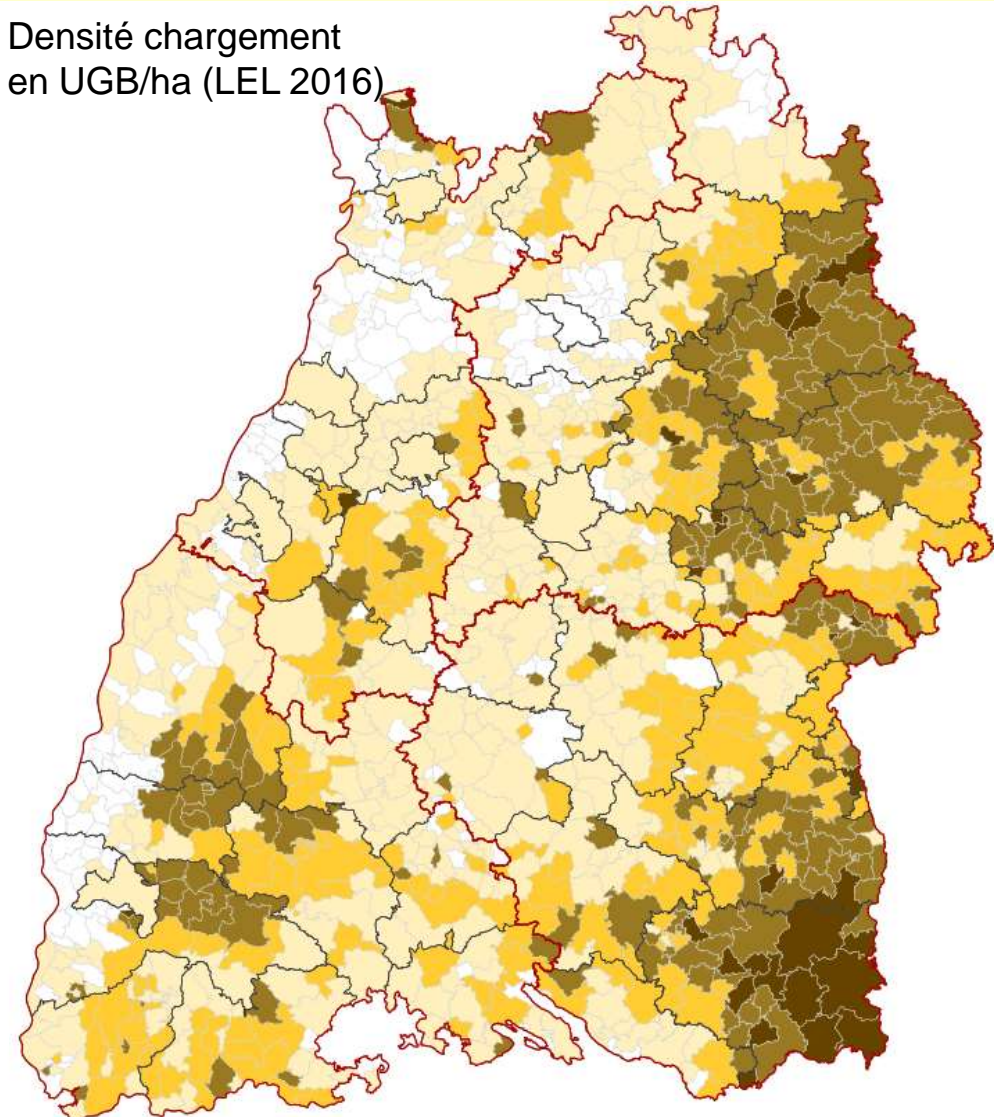


tung pro Landkreis

- Regierungsbezirke
- Landkreise
- Anzahl Biogasanlagen 928
- installierte elektrische Leistung 323.578 kW
- Landesdurchschnitt: 349 kW/Anlage



## Densité chargement en UGB/ha (LEL 2016)



# Fertilité en P des sols du Bade-Wurtemberg (2009 - 2014)

## Grundnährstoffversorgung von Böden in Baden-Württemberg

Nutzung: Ackerland (1995 - 2014)



Karteninhalt Details Abfragen Info Hilfe

☑ Phosphor

P 1995 - 2009 P 2009 - 2014

- keine Werte vorhanden
- 1 - sehr häufig unterversorgt
- 2 - häufig unterversorgt
- 3 - gelegentlich unter- oder überversorgt
- 4 - häufig überversorgt
- 5 - sehr häufig überversorgt

☑ Kennzeichen

☑ Regierungsbezirke



☑ Landkreise



Landkreis wählen Maßstab 1: 1053524

↳ Übersichtskarte



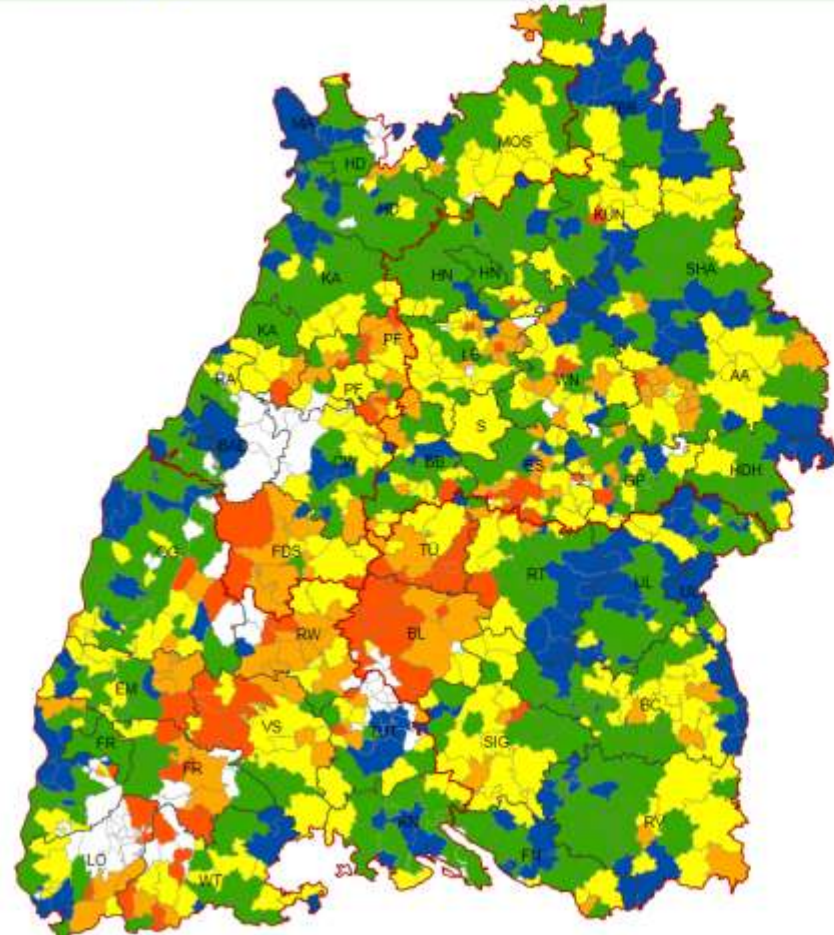
Alimentation  
très souvent  
faible

Alimentation  
souvent faible

Alimentation  
faible à bonne

Alimentation  
souvent bonne

Alimentation  
très souvent  
bonne

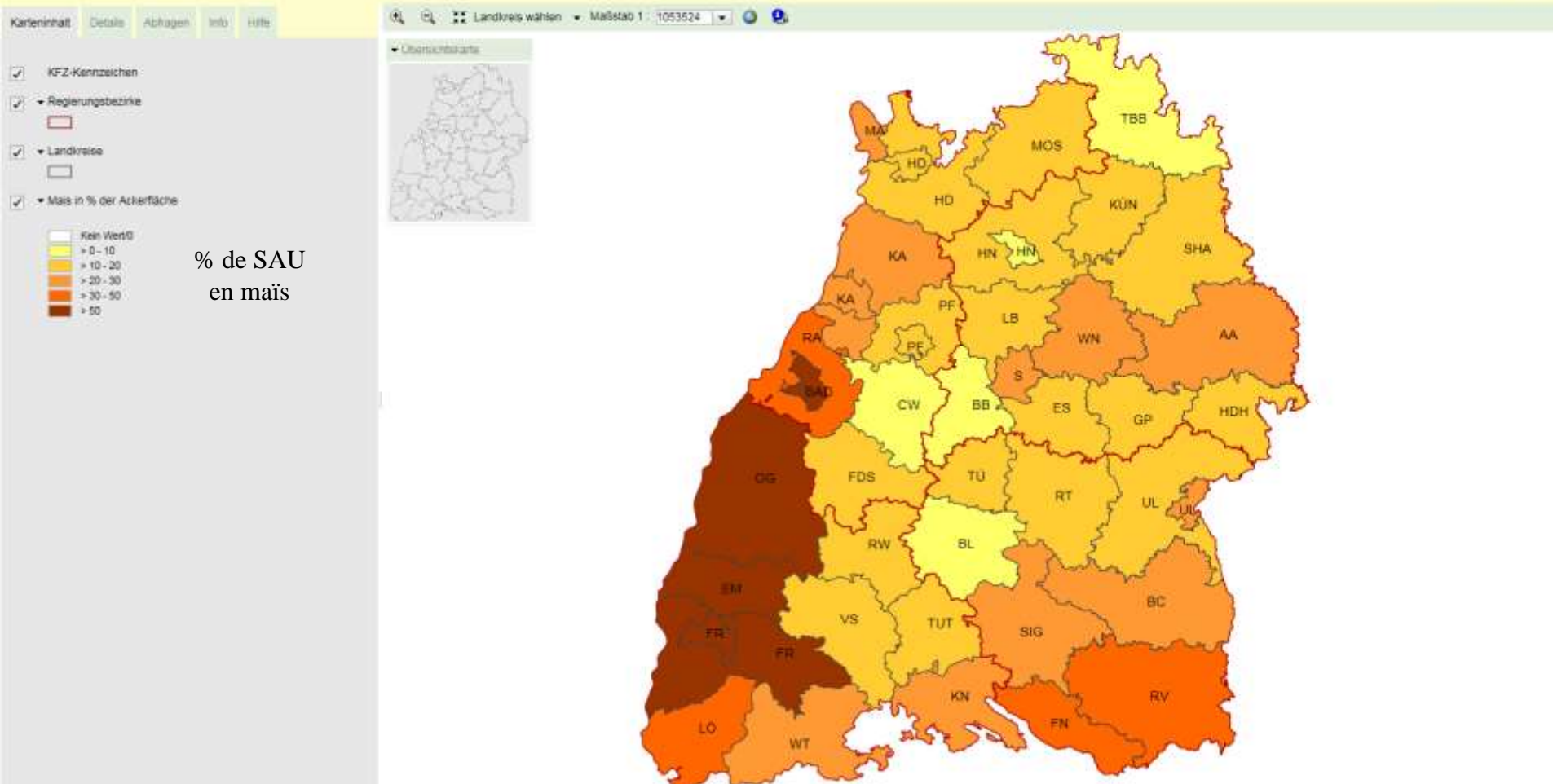




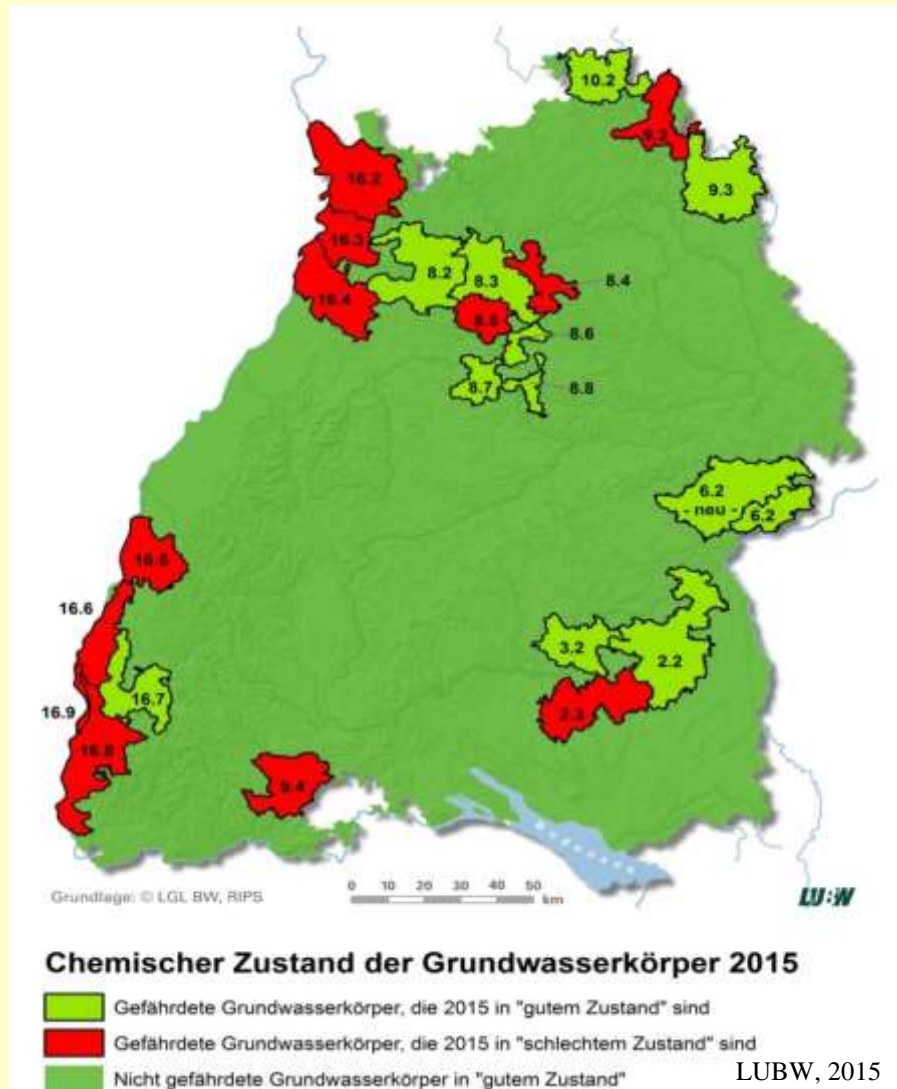
# Culture du maïs en Bade-Wurtemberg (2010)

## Maisanbau in den Landkreisen Baden-Württembergs (2010)

Gesamtanbaufläche in % der Ackerfläche



# Etat des nappes phréatiques selon bilan de la loi sur l'eau WRRL (nitrates)







Merci pour votre attention !





# Réglementation et enjeux de la valorisation des digestats de méthanisation en Bade-Wurtemberg



Weisenburger, LTZ

ITADA-Forum Forchheim (18.05.2017)





# Réglementation - que faut-il considérer ?

- Avant l'épandage
- Pendant l'épandage



Weisenburger, LTZ



Weisenburger, LTZ

# Evaluation des besoins en fertilisants de la culture

Le besoin en fertilisants est à calculer pour les quantités en éléments essentiels N et  $P_2O_5$  , **AVANT** application pour chaque parcelle voire chaque îlot en conduite homogène .

§ 3 DüV alt/neu

## Quantité en éléments essentiels :

- > 50 kg N/ha & an (azote total)
- > 30  $P_2O_5$ /ha & an

§ 2 DüV alt/neu

# Evaluation des teneurs en éléments fertilisants

Une application ne peut être faite que si la teneur en éléments nutritifs ...

- est connue de l'exploitation en raison de descriptif obligatoire,
- a été analysée sur la base de méthodes de mesures reconnues scientifiquement ou
- sur la base de données évaluées par l'exploitation selon les recommandations des structures officielles du Land.

(§ 4 Abs. 1 DüV alt, § 3 Abs. 4 DüV neu)

→ **Données alimentent l'obligation de renseignement**

(§ 7 DüV alt, § 10 DüV neu)





# Teneurs en éléments fertilisants valeurs en tableau de références (BW)

Produit fertilisant	TM [%]	N <sub>ges</sub> <sup>1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Einheit
Digestat liquide	6,8	5,1	1,6	5,7	0,6	[kg/m <sup>3</sup> ]
Digestat solide	25	6,7	5,2	6,4	2,6	[kg/t]

<sup>1)</sup>Après pertes à l'étable et stockage

Source : *Monitoring enquête des flux de matières dans les installations de méthanisation après séparation des phases*, LTZ 2014



# Mindestanrechenbarkeit (DüV-Verordnungsentwurf (Stand 31.03.17), Anlage 3)

Valeurs minimales pour la valorisation de l'azote :

Matière première du fertilisant	Efficienc mini, l'année d'apport [%] de N-total
Digestats fluides	50
Digestats solides	30

$$\text{quantité digestat [m}^3\text{/ha]} = \frac{\text{besoin en azote [kg N/ha]}}{(\text{teneur N} * \text{efficience minimale})}$$



# Obligations

Ne pas dépasser les **soldes plafonds en N et P** dans le bilan

- **Azote** : 60 kg N/ha & an (dès 2018 : 50 kg N/ha & an)
- **Phosphate** : 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha & an (dès 2018: 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha & an)

§ 9 Abs. 2 & 3, nouveau décret DüV

## Réponses

- Augmenter la part minimale d'N à prendre en compte !
- Augmenter la part d'N dans les digestats (apport d' N minéral) ou compléter les besoins avec des engrais N minéraux.
- Réduire la part de P des digestats (extraction du P).

# 170 kg N/ha & an = plafond en N ( $N_{org}$ - exploitation)

„les épandages d'éléments fertilisants issus de **déjections animales**, également en mélanges, doivent respecter la directive § 3 c'est à dire que la quantité d'azote totale apportée en moyenne de la surface agricole utile de l'exploitation ne dépasse pas **170 Kg d'azote total par hectare et an.**“

DüV alt (§ 4 Abs. 3)

„ les **éléments fertilisants apportés par les engrais organiques et minéro-organiques**, y inclus les effluents d'élevage, aussi en mélanges, doivent respecter les directives §§ 3 et 4, c'est à dire que la quantité totale d'azote apporté en moyenne de la surface agricole utile de l'exploitation ne dépasse pas **170 Kg d'azote total par hectare et an.**“

DüV neu (§ 6 Abs. 4)



# Conséquence

- À partir de l'entrée en vigueur du nouveau décret sur la fertilisation (DüV) les épandages de digestats liquides et solides devront rester sous le plafond en N de  $170 \text{ kg N/ha} \cdot \text{an}$
- Il ne doit être tenu compte dans le calcul **pour pertes à l'étable et au stockage** que de **5 % de l'azote total**.





# Exceptions

## Dérogation pour les surfaces de cultures et prairies :

Pour l'épandage de digestats provenant de l'exploitation d'une installation de méthanisation il est possible selon le droit national de faire une demande d'exception pour l'apport annuel de 170 kg N/ha\*an.

La quantité autorisée totale d'N par hectare et année doit être plafonnée à la quantité que la commission européenne a autorisée pour les engrais organiques de provenance animale.

Dérogation doit être accepté à nouveau chaque année :

**Valable jusqu'alors** : jusqu'à **230 kg N/ha** et an (sur pâturages et prairies temporaires ) → **n'est plus possible**

→ Dérogation doit être renouvelée selon contenu de la nouvelle DüV.



# Interdiction générale d'apports

Le sol n'est pas en capacité de recevoir un épandage, s'il est...

- submergé,
- saturé d'eau,
- gelé (gelé en continu et ne dégelant pas superficiellement durant la durée du jour) ou
- couvert de neige (plus de 5 cm nur in DüV neu).

§ 3 Abs. 5, DüV alt

§ 5 Abs. 1, DüV neu



# Nouveau calendrier d'interdiction

## Cultures :

À partir de la récolte de la dernière culture principale jusqu'au 31 janvier de l'année suivante

## Prairies permanentes et prairies temporaires pluriannuelles:

du 1 novembre au 31 janvier de l'année suivante  
(condition : semis jusqu'au 15 mai)

## Exception :

- Jusqu'au 1 octobre pour cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN), colza d'hiver et culture fourragère (pour un semis jusqu'au 15 septembre) ou pour orge d'hiver après précédent céréale (pour un semis jusqu'au 1 octobre),
- Mais : maximum **30 kg/ha ammonium-N** ou **60 kg/ha N total**



# Règles d'épandage

## **Obligation d'incorporation :**

Sur les parcelles sans couvert végétal les engrais doivent être incorporés sans délai (toutefois au plus tard dans les 4 heures après le début de l'épandage).

## **Exception :**

Intervention impossible suite à des événements météorologiques non prévisibles  
(avec incorporation immédiate, dès que à nouveau praticable).

§4 Abs. 2, DüV alt  
§ 6 Abs. 1. DüV neu





# Technique d'épandage...

...muss den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen

**Ne sont plus autorisés** depuis 01.01.16 :

1. Épandeurs pour fumier solide sans régulation alimentation pilotée
2. Tonnes à lisier ou à purin avec deversement direct du distributeur
3. Distributeur central à assiettes, avec lesquelles il peut être distribué le lisier en hauteur
4. Citerne avec dispositif perpendiculaire de disques distributeurs centrifuges ouverts pour épandage de lisier non dilué
5. Arroseur pour distribution de lisier non dilué.

§ 3 Abs. 10 & Anlage 4, DüV alt<sub>16</sub>  
§ 11 & Anlage 8, DüV neu

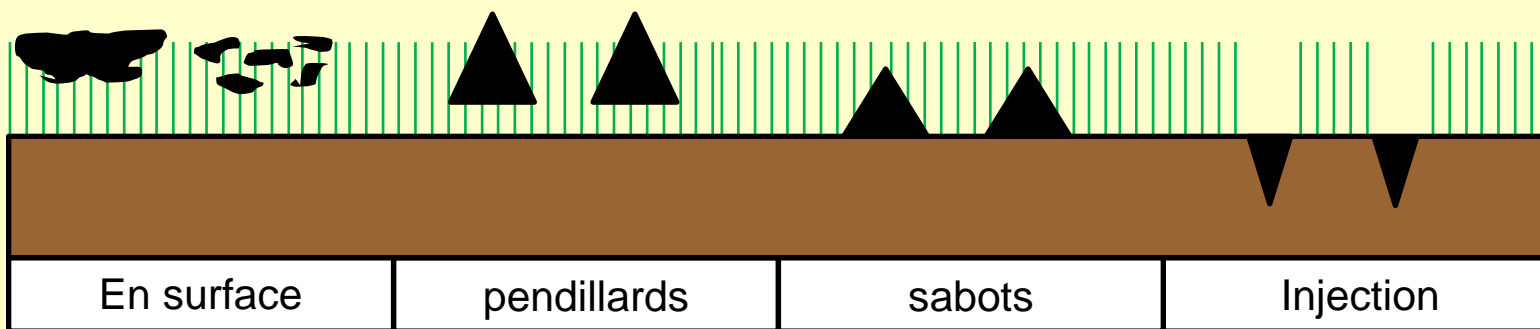






# Technique d'épandage

(engrais organiques ou minéro-organiques y inclus les effluents d'élevage avec teneur importante en ammonium-N!)



„pleine surface“	„en bandes“		
------------------	-------------	--	--

Culture

✘ ab 1.2.2020



Prairies et cultures fourragères

✘ ab 1.2.2025



Les administrations des Länder peuvent autoriser d'autres techniques, dès lors qu'elles

- conduisent à des émissions en ammoniac comparables des dispositifs de distribution en bandes ou
- sont nécessaires pour des raisons de sécurité (pente, etc.).



# Merci bien pour votre attention !



# Bien valoriser les digestats de méthanisation

**Forum transfrontalier  
18/05/2017**

**Aurélie VIGNOT**  
DREAL GRAND-EST  
Service Prévention des Risques Anthropiques  
[aurelie.vignot@developpement-durable.gouv.fr](mailto:aurelie.vignot@developpement-durable.gouv.fr)  
03 51 41 64 35





# Méthaniseurs en GRAND EST



# Chiffres GRAND-EST

- 95 méthaniseurs en fonctionnement

	Ardennes	Aube	Bas Rhin	Haut Rhin	Haute Marne	Marne	Meurthe et Moselle	Meuse	Moselle	Vosges
DREAL 26 ICPE	3	5	7	0	1	4	1	1	4	0
DDPP 69 ICPE	11	3	6	2	6	6	11	4	6	14

# Contexte réglementaire

## Méthaniseurs = Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

### . Classement des installations de méthanisation :

**Rubrique 2781** : Installations de méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétale brute, à l'exclusion des installations de méthanisation d'eaux usées ou de boues d'épuration urbaine lorsqu'elles sont méthanisées sur leur site de production

- **2781-1** : Méthanisation de matières végétales brutes, effluents d'élevage, matières stercoraires ou déchets végétaux d'industries agro-alimentaires

A (autorisation) : La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 60 t/j

E (enregistrement) : La quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 60 t/j

D (déclaration) : La quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j

- **2781-2** : Méthanisation d'autres déchets non dangereux

A (autorisation)

# Classement ICPE - Rubrique 2781

2781-1 méthanisation matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum, déchets végétaux d'IAA		2781-2 méthanisation d'autres déchets non dangereux	
Lisier, fumier, fientes matières stercoraires (contenu d'intestins) lactosérum	SPA (agrément sanitaire à obtenir auprès DD(CS)PP)	Fraction Fermentescibles des Ordures Ménagères (FFOM) Biodéchets, restes de repas Huiles de friture Graisse d'abattoir, déchets d'abattoirs Sous-produits de fromagerie...	SPA (agrément sanitaire à obtenir auprès DD(CS)PP)
Marcs de raisins Issues de céréales Cultures d'ensilage Rafles de maïs Pulpes de pommes de terrestre, de betteraves Paille Tontes de pelouses Tourteau de colza Cultures Intermédiaires à Vocation Energétique (CIVE) Fanés de betteraves Déchets de brasserie, drèches Vinasses Mélasses Amycake: co-produit sirop de glucose (filtration) ...		Boues de STEP Autres déchets d'IAA ...	



# Valorisation du digestat solide

Après une phase de maturation par compostage, les caractéristiques agronomiques et les paramètres d'innocuité du digestat sont généralement proches de celles d'un compost (ayant suivi uniquement un compostage aérobie). **La qualité du digestat** conditionnant sa valorisation agronomique par épandage dépend de plusieurs facteurs :

- **la nature des déchets traités**, notamment lorsqu'il s'agit de déchets ménagers ;
- **l'efficacité des collectes sélectives** : soit pour sélectionner les déchets fermentescibles, soit celle visant à écarter les « indésirables » pour la méthanisation : emballages à destiner au recyclage, et déchets spéciaux à un traitement dédié.
- **l'efficacité des tris complémentaires en usine** : l'affinage du digestat humide étant particulièrement délicat, il est préférable d'introduire un déchet sans indésirables dans le digesteur (risque de colmatage) ; une étape de déconditionnement est nécessaire

# Valorisation du digestat

- Option pressage du digestat pour séparer une boue/pâte d'un lixiviat/jus



# Textes applicables

**Épandage** : réglementé par connexité avec l'installation de méthanisation  
Digestats = statut de déchets

**1-Justifier de l'intérêt agronomique** (sols, nutrition des cultures)

**2-Justifier de l'innocuité** (santé humaine/animaux, état phytosanitaire des cultures, qualité des sols et des milieux aquatiques)

**Régime de la déclaration** : Arrêté du 10/11/09 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n° 2781-1

Dispositions épandage : [article 5.8](#)

**Régime de l'enregistrement** : Arrêté du 12/08/10 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées de méthanisation relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2781-1 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Dispositions épandage : [annexe 1](#)

**Régime de l'autorisation** : Arrêté du 10/11/09 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les installations de méthanisation soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du code de l'environnement

Dispositions épandages : [article 48](#)

# Principes généraux de la réglementation épandage

- Etude préalable à l'épandage
- Carte au 1/25000 des parcelles
- Liste des prêteurs de terre
- Listes et référence des parcelles
- Respect de la réglementation relative aux nitrates d'origine agricole (zones vulnérables et plan d'action nitrate = arrêtés préfectoraux départementaux)
- Quantités totales d'azote apportées par parcelle toutes origines confondues
- Innocuité (2781-2 : analyses éléments traces métalliques + Composés traces organiques selon Arrêté du 02/02/1998)
- Intérêt agronomique : matière sèche, matière organique, pH, azote global, azote ammoniacal, rapport C/N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O
- Caractérisation des sols

# Réglementation épandage suite

- Doses de digestats à épandre selon cultures
- Modalités techniques de réalisation de l'épandage
- Adéquation surfaces à épandre / quantité de digestats produite
- Identité et adresse des prêteurs de terre
- Contrats écrits producteur/prêteurs de terre précisant les engagements et responsabilités de chacun
- Compatibilité de l'épandage avec les contraintes environnementales (distance aux cours d'eau, habitations, captage d'eaux,...)
- Programme prévisionnel d'épandage
- Cahier d'épandage
- Superposition de plan d'épandage interdite sauf justification d'apports complémentaires (problème de responsabilité)

# Sortie du statut de déchets

- **Projet d'arrêté ministériel définissant un cahier des charges pour la mise sur le marché et l'utilisation de digestats en tant que matières fertilisantes**
- **Seulement pour les digestats agricoles** (intrants : lisiers, fumiers, fientes, eaux blanches de laiterie ou salle de traite, matières végétales brutes, déchets végétaux industrie agro-alimentaire, lait/produits du lait)
- **Dispense de plan d'épandage** mais plan de fumure nécessaire (traçabilité minimale des apports fertilisants dans le sol)
- **Traçabilité** registre des matières entrantes / registre des départs
- **Systeme de gestion de la qualité de la fabrication**
- **Analyse de l'innocuité des lots de digestats produits**
- Teneur max en éléments traces minéraux, valeurs max en micro-organismes pathogènes
- **Usage en culture maraîchère interdit** (uniquement grandes cultures ou prairies)
- **Etiquetage**

# Instruction des dossiers méthanisation soumis à Autorisation

- Par la DREAL
- Prise en compte de l'avis des organismes indépendants des producteurs de boues ou missions de recyclage agricole des déchets
- -dose d'épandage
- -fréquence des apports
- -périodes d'épandage selon aptitude des sols
- -risque de lessivage des nitrates
- -contrôle de la non superposition des plans d'épandage

# Instruction des demandes de modification

- Qualifier la modification selon R 181-46 du code de l'environnement
- Modification substantielle en cas d'impacts importants = nouvelle autorisation (procédure complète avec enquête publique y/c sur les communes concernées par le parcellaire)
- Modification notable : peut nécessiter d'adapter l'arrêté préfectoral d'autorisation mais sans repasser par une procédure complète



**Merci de votre attention !**



UNIVERSITÄT HOHENHEIM



# Application de digestats – impacts sur l'environnement ( $N_2O$ , $NH_3$ ) – Enjeux et solutions disponibles

**Reiner Ruser**

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften  
Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt

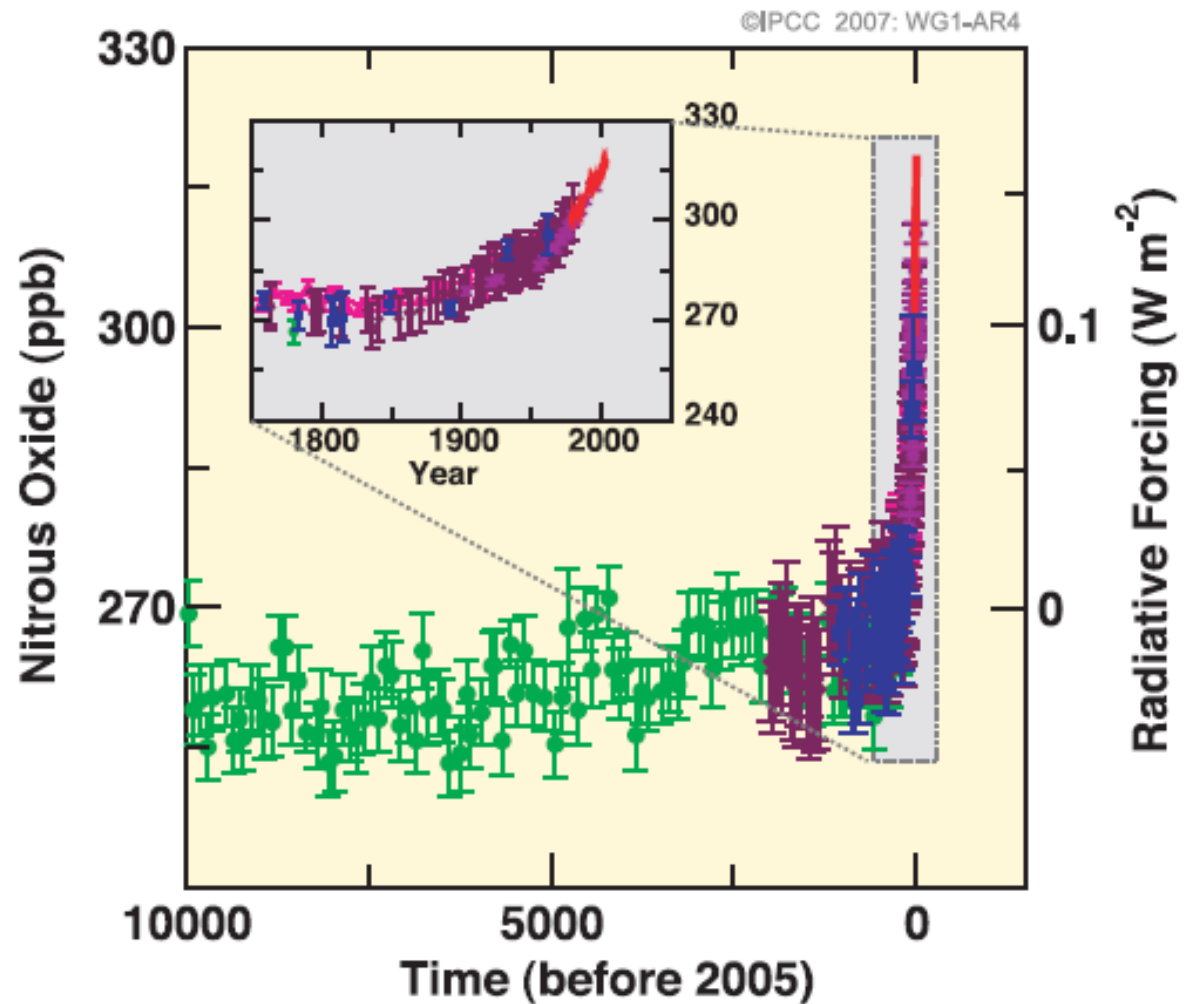
Universität Hohenheim (340i)

Fruwirthstraße 20

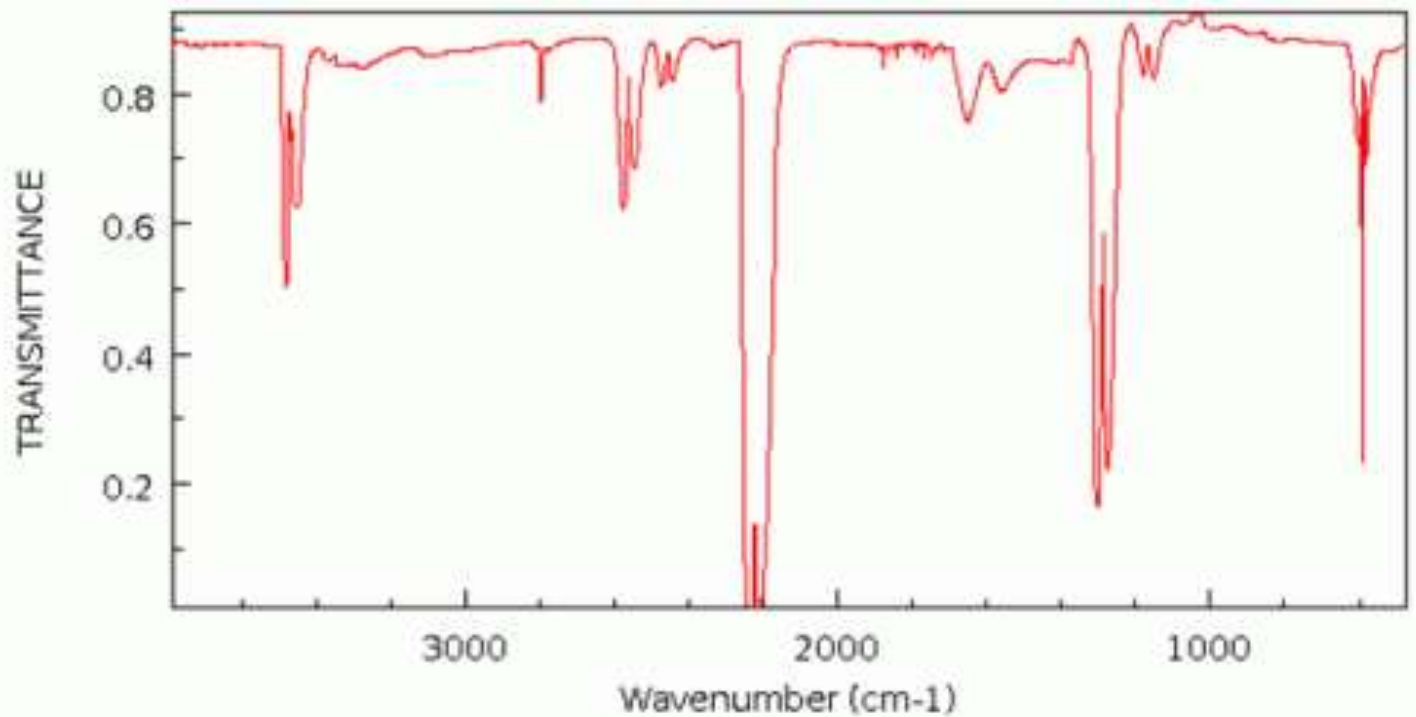
70599 Stuttgart

[Reiner.Ruser@uni-hohenheim.de](mailto:Reiner.Ruser@uni-hohenheim.de)

# Concentration atmosphérique en N<sub>2</sub>O



# Absorption du rayonnement de N<sub>2</sub>O



# Propriétés de gaz à effet de serre de N<sub>2</sub>O

---


Concentration pré-industrielle	~ 270 ppb
Concentration 2015	328 ppb
Croissance annuelle (2005-2015)	0,89 ppb a <sup>-1</sup>
Durée de vie atmosphérique	121 a
Global Warming Potential	265
Part à l'effet de serre anthropogène	7,4 %

---

GWP: Global Warming Potential, effet de serre potentiel rapporté à une masse équivalente de CO<sub>2</sub> (horizon de temps : 100 ans)

 **En plus d'effet de GES:  
Participation à la destruction de l'ozone  
stratosphérique !**





# Emissions N<sub>2</sub>O globales [Tg N<sub>2</sub>O-N a<sup>-1</sup>]

Sources naturelles : 11,0

Sources anthropogènes: 6,9

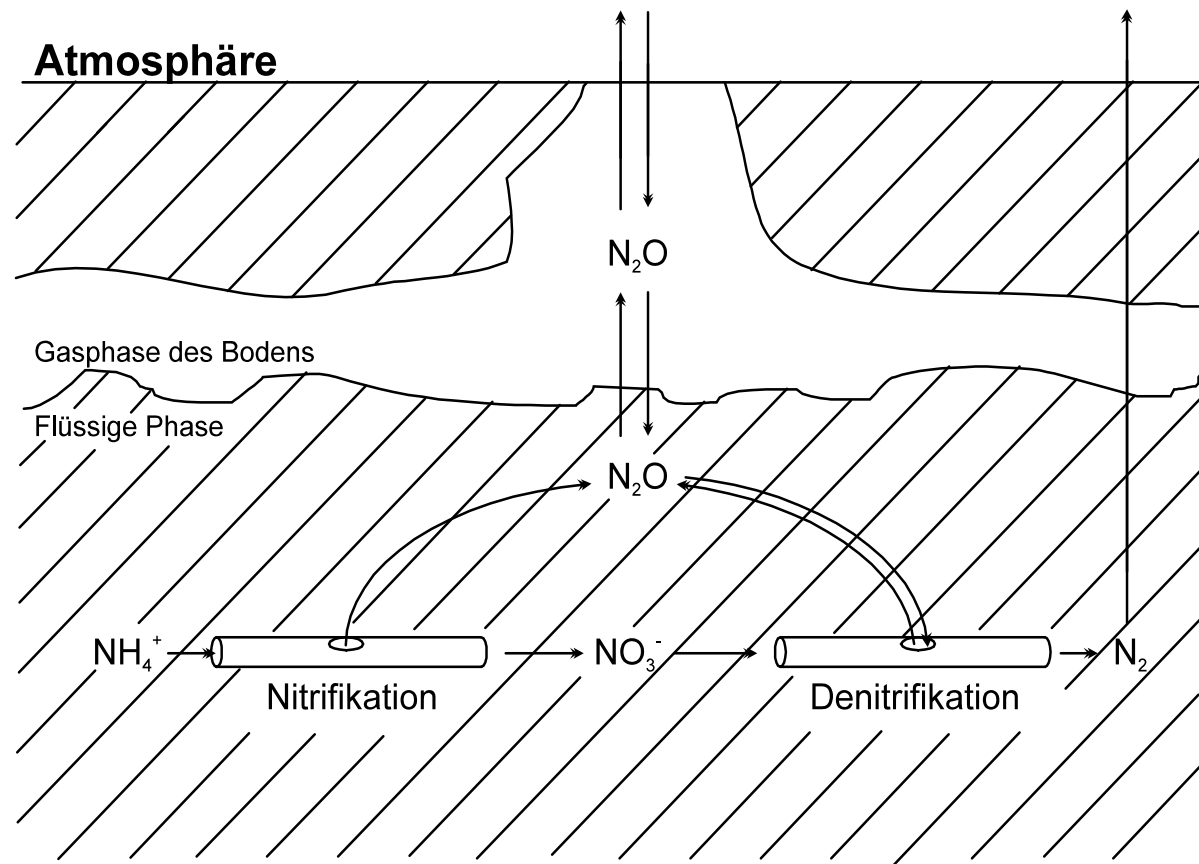
Σ sources : 17,9

Puits stratosphériques : 14,3

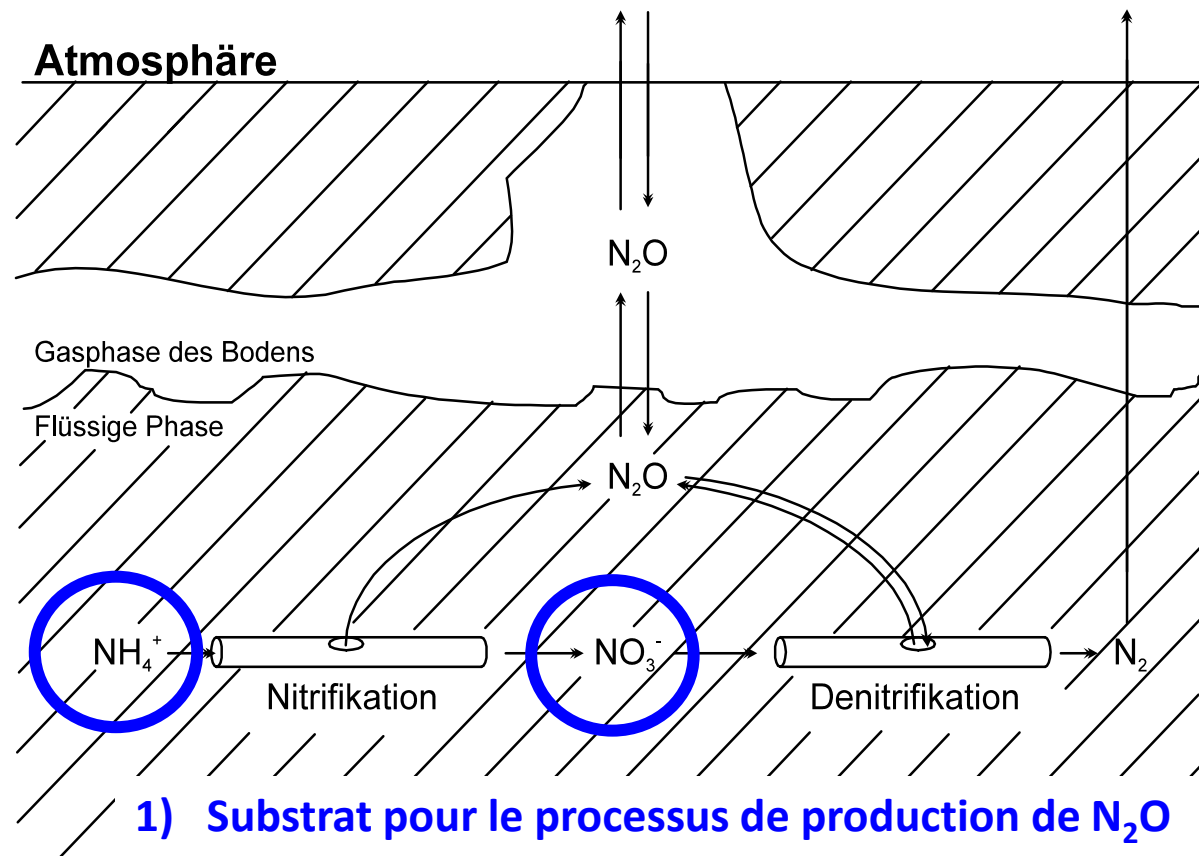
Croissance atmosphère: 3,6

 **>50% issus des  
surfaces agricoles  
utilisées !**

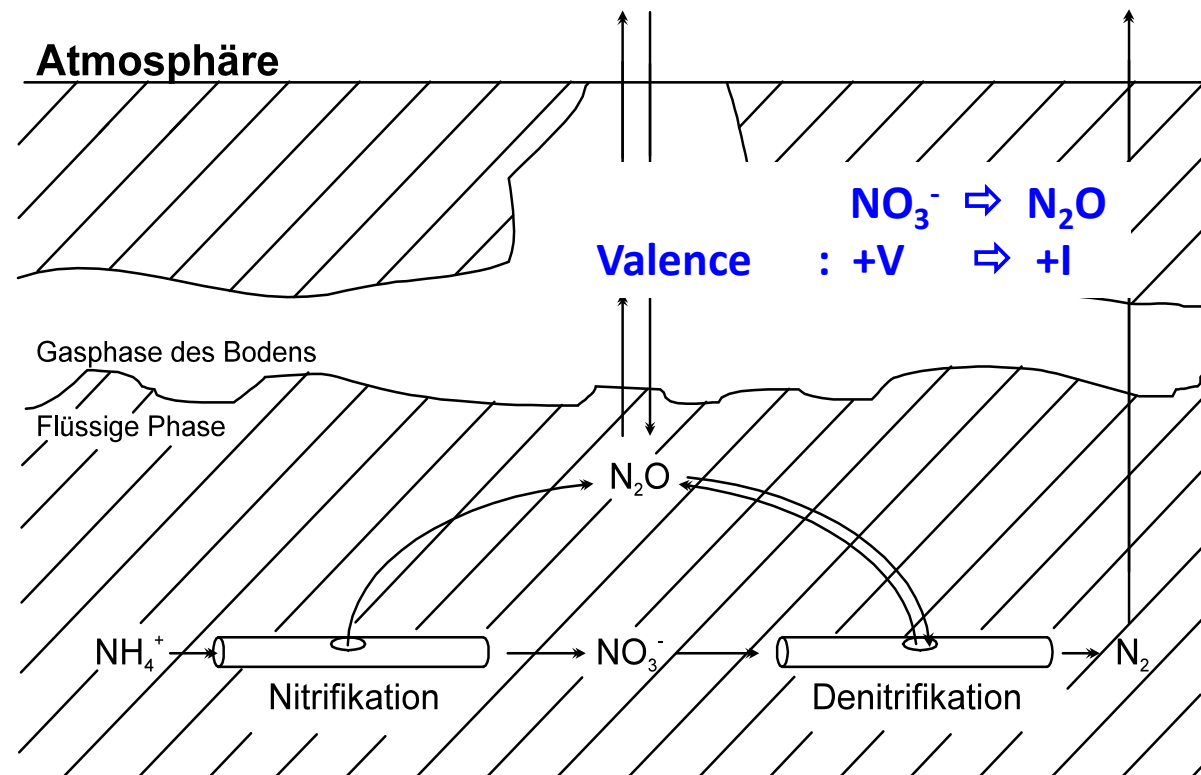
# Processus de production et de consommation de $N_2O$ dans les sols



# Effet de fumier liquide/digestats sur la fabrication de $N_2O$ dans les sols

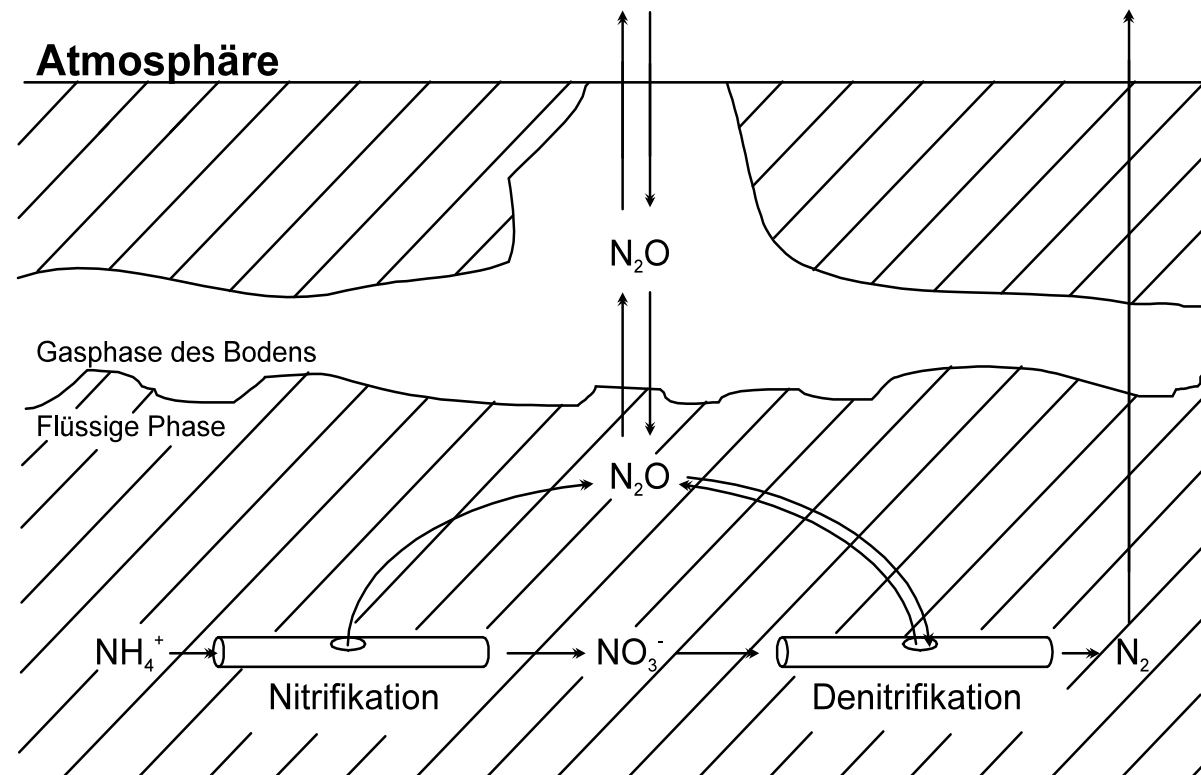


# Effet de fumier liquide/digestats sur la fabrication de N<sub>2</sub>O dans les sols



- 1) Substrat pour le processus de production de N<sub>2</sub>O
- 2) Particules donatrices d'électrons pour la dénitrification

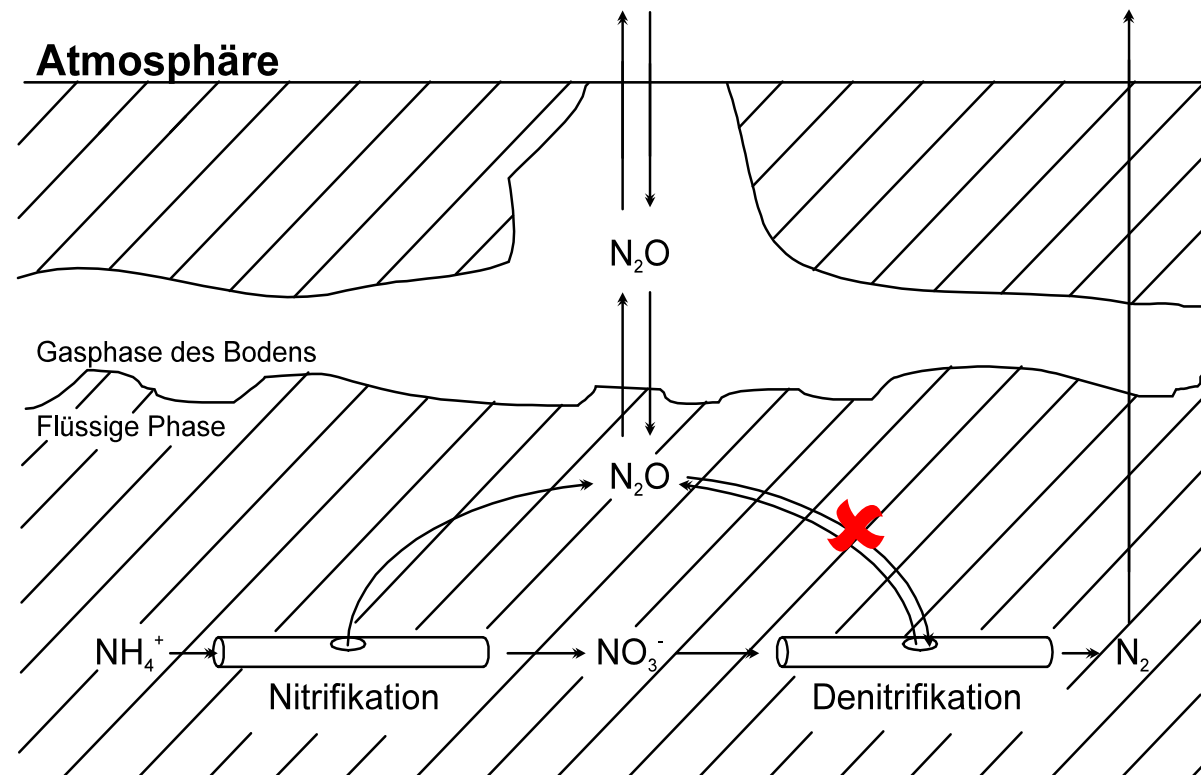
# Effet de fumier liquide/digestats sur la fabrication de $N_2O$ dans les sols



- 1) Substrat pour le processus de production de  $N_2O$
- 2) Particules donatrice d'électrons pour la dénitrification
- 3) Perte  $O_2$  par transformation ➡ Anaérobie renforcée

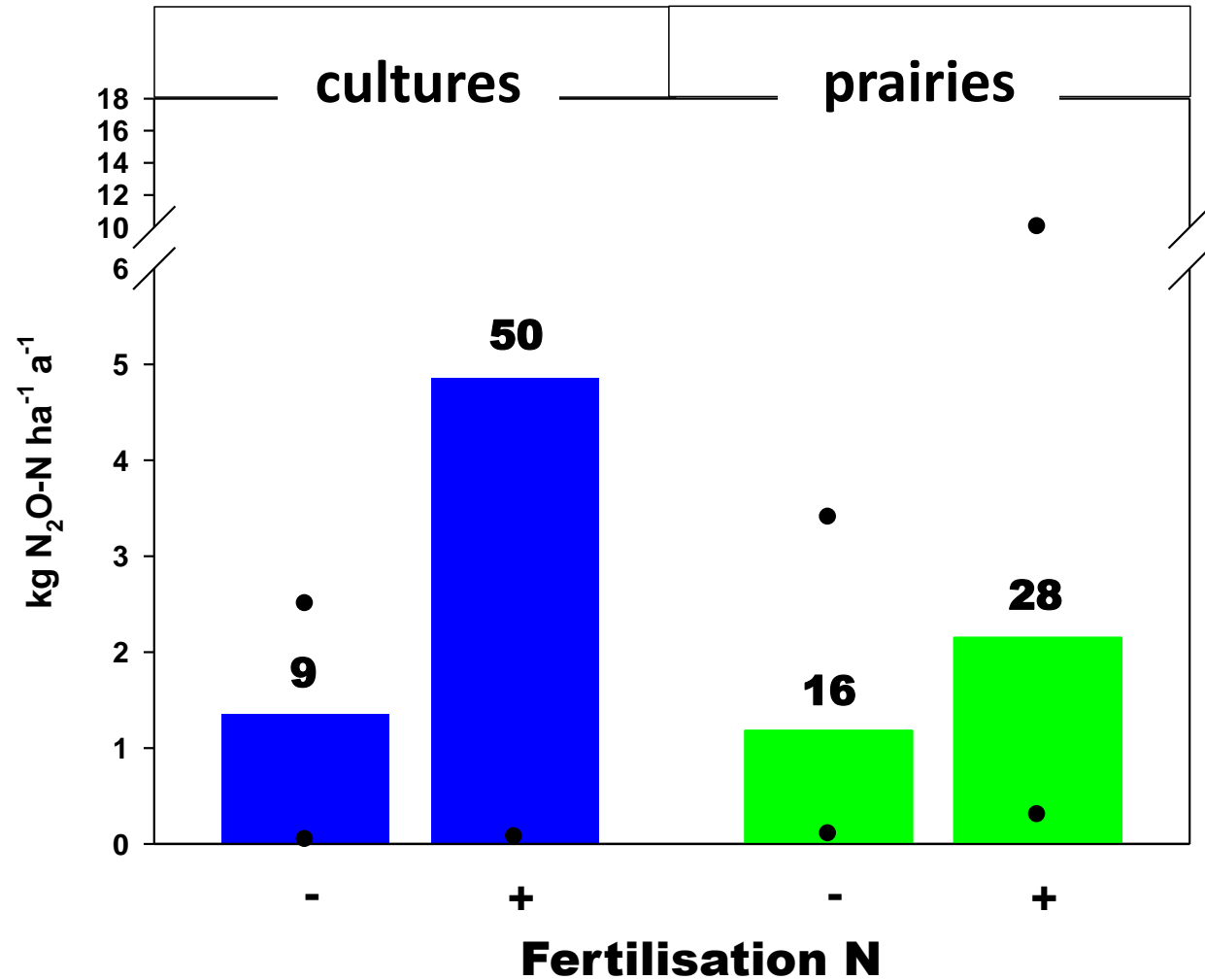


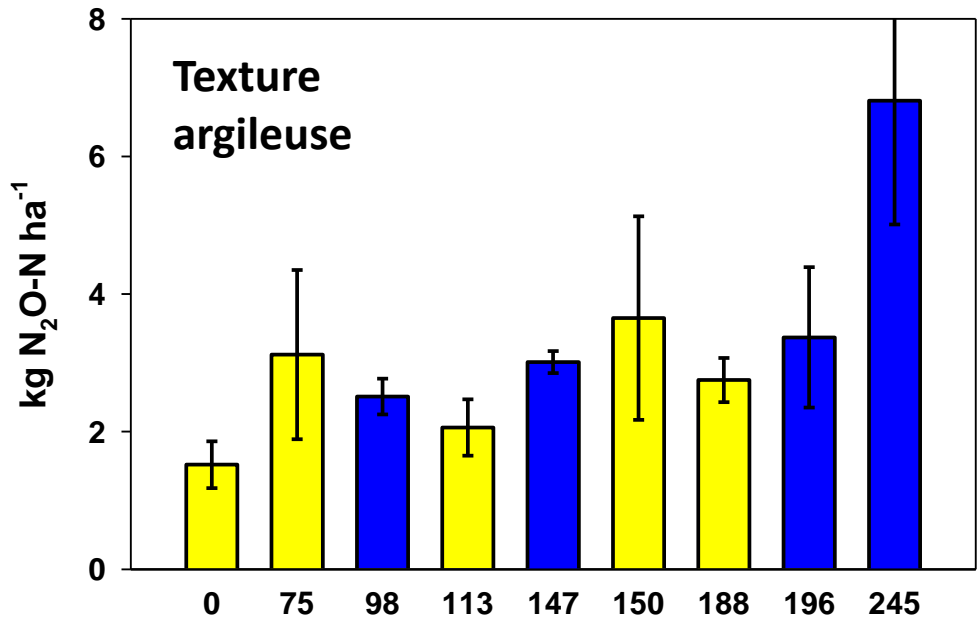
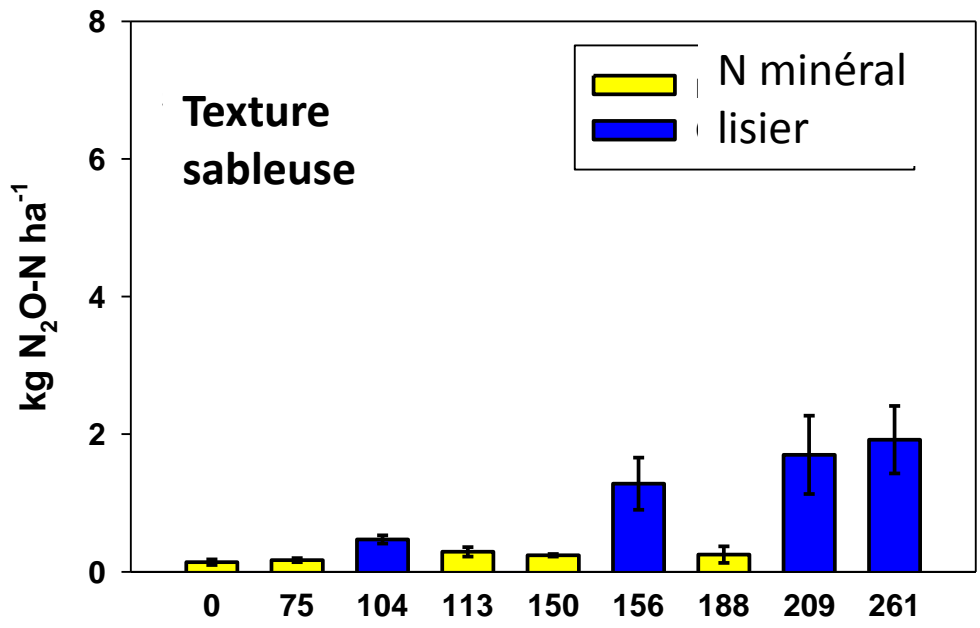
# Effet de fumier liquide/digestats sur la fabrication de $N_2O$ dans les sols



- 1) Substrat pour le processus de production de  $N_2O$
- 2) Particules donatrice d'électrons pour la dénitrification
- 3) Perte  $O_2$  par transformation  $\square$  Anaérobie renforcée
- 4) Frein de la  $N_2O$ -Reductase par concentrations renforcées de  $NO_3$

# Effet de la fertilisation N en lien avec la valorisation du sol sur les émissions de N<sub>2</sub>O en D



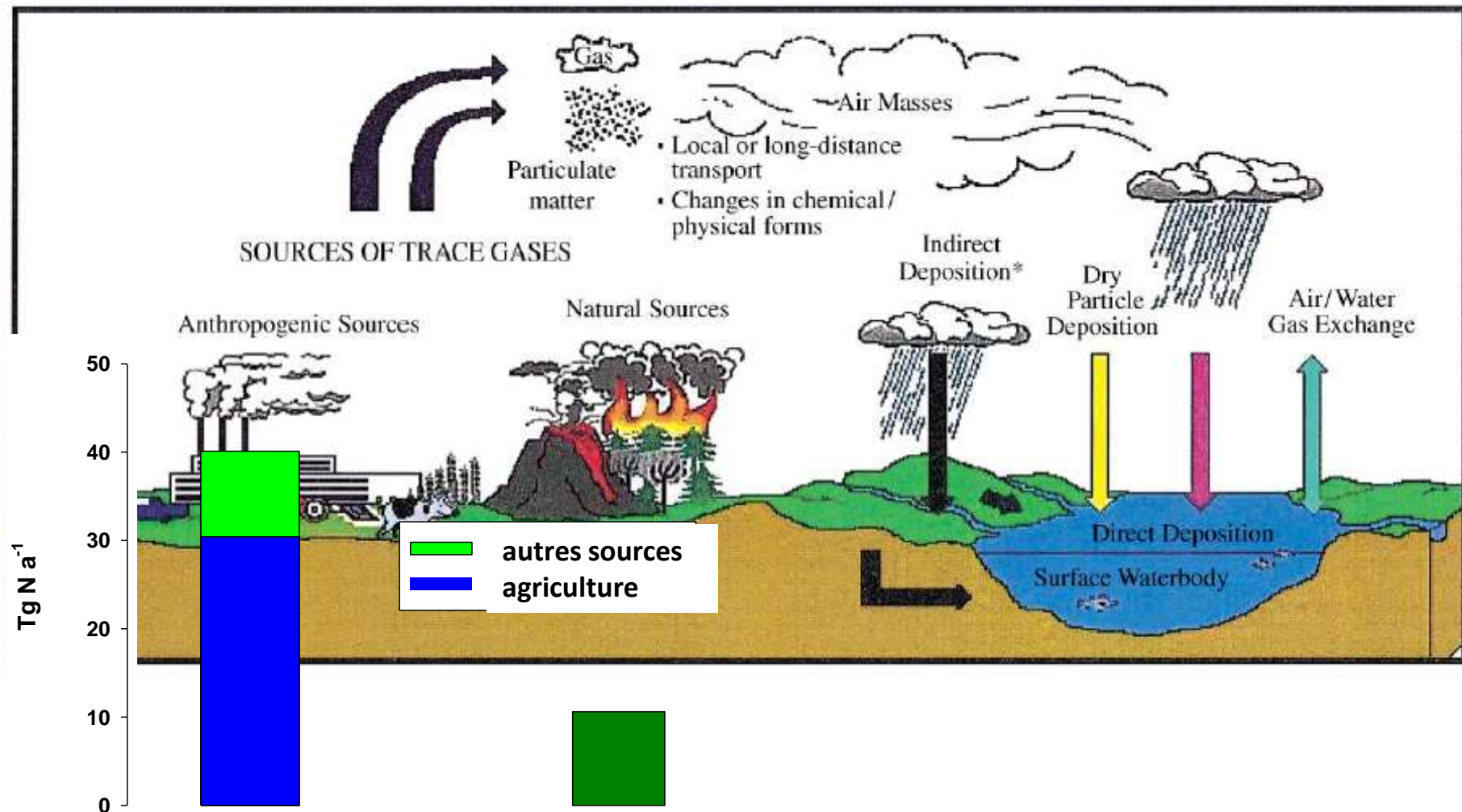


Fertilisation N [kg N ha<sup>-1</sup>]

**Effet engrais N organique et minéral sur la libération de N<sub>2</sub>O issue de surfaces de maïs ensilage**

(Van Groenigen et al., 2004)

# Emissions de $\text{NH}_3$ , Transport, et –dépositions (Aneja et al., 2001)

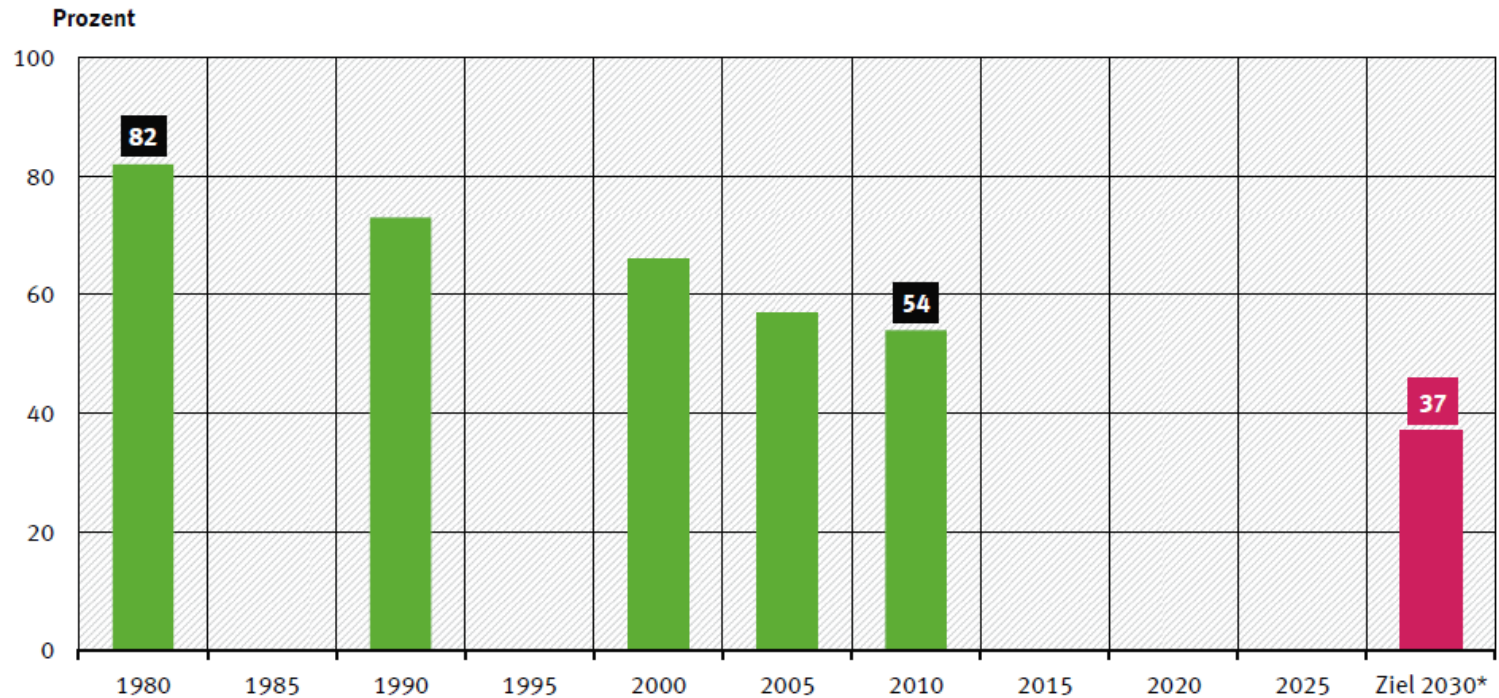




# Effets environnementaux de $\text{NH}_3$ (nach Aneja et al., 2001)

- Nombreux effets toxiques sur l'homme et l'environnement. Toutefois beaucoup pour des concentrations  $\text{NH}_3$  extrêmement élevées >1700 ppm
- Précurseur d'aérosols ☞ poussières fines
- Retombées dans les écosystèmes naturels ☞ augmentation de la pollution en nitrate des eaux souterraines
- Eutrophisation : surcharge de la tolérance en N des écosystèmes naturels (Critical Loads)

# Part de surface d'écosystèmes sensibles avec dépassement des seuils de tolérance pour l'eutrophisation



(EEA, 2014)





# Effets environnementaux du $\text{NH}_3$ (nach Aneja et al., 2001)

- Nombreux effets toxiques sur l'homme et l'environnement. Toutefois beaucoup pour des concentrations  $\text{NH}_3$  très élevées > 1700 ppm
- Précurseur d'aérosols ☐ poussières fines
- Retombées dans les écosystèmes naturels ☐ augmentation de la pollution en nitrate des eaux souterraines
- Eutrophisation : surcharge de la tolérance en N des écosystèmes naturels (Critical Loads)
- Dans les systèmes aquatiques : croissance des algues multipliée et qualité réduite des eaux de surface

# Multiplication des algues en mer caspienne 2003



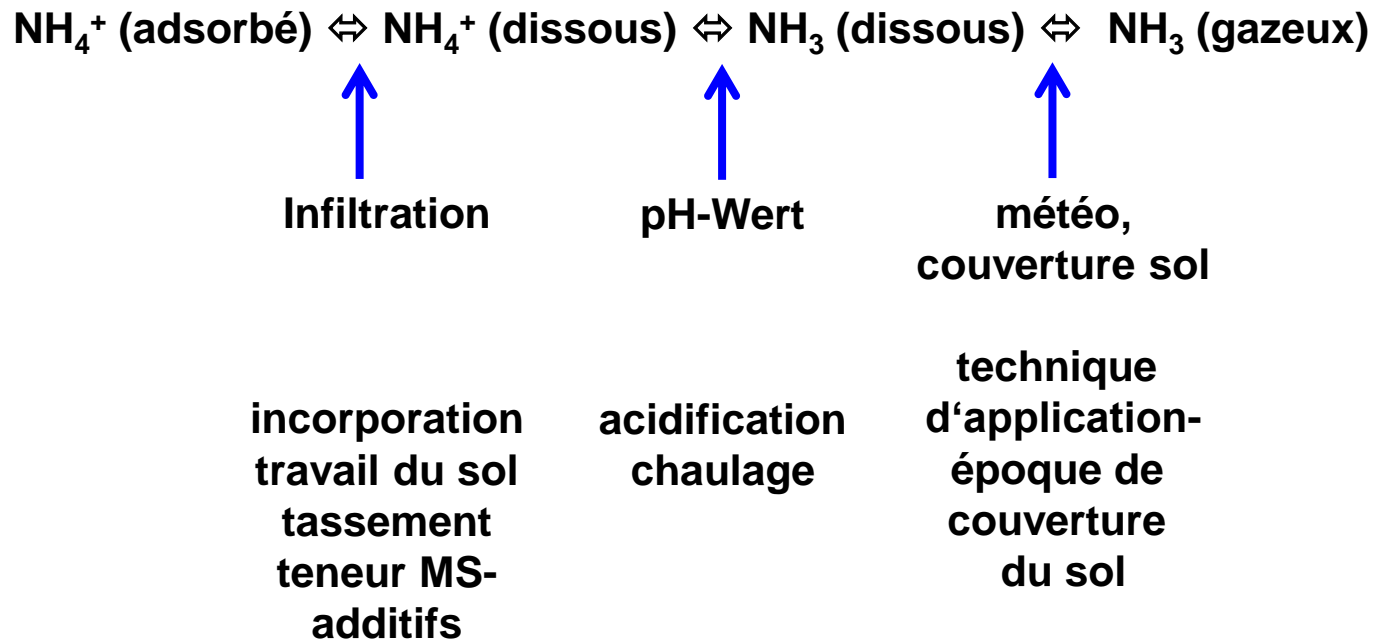
*(Bildquelle: Wikipedia)*



# Effet environnementaux du $\text{NH}_3$ (d'après Aneja et al., 2001)

- Nombreux effets toxiques sur l'homme et l'environnement. Toutefois beaucoup pour des concentrations  $\text{NH}_3$  très élevées >1700 ppm
- Précurseur d'aérosols ☞ poussières fines
- Retombées dans les écosystèmes naturels ☞ augmentation de la pollution en nitrate des eaux souterraines
- Eutrophisation : surcharge de la tolérance en N des écosystèmes naturels (Critical Loads)
- Dans les systèmes aquatiques : croissance des algues multipliée et qualité réduite des eaux de surface
- Gaz traces indirectement actifs ☞ augmentation de la libération de  $\text{N}_2\text{O}$  dans les écosystèmes non fertilisés

# Fabrication et libération de $\text{NH}_3$ à partir des sols ainsi que les pratiques pour les réduire pour fumier liquide/ digestats (Schulz, 2008)



# Pertes de $\text{NH}_3$ après application de digestats

**7 - 46% de l'azote total**

*z.B. Clemens et al., 2006; Gericke, 2009; Möller & Stinner, 2009; Nyord et al., 2012; Kesenheimer et al. 2017 in preparation*

# Influence de la fermentation anaérobie sur les propriétés chimiques et physiques de digestats (Möller, 2015)

	Lisier	Digestat	NH <sub>3</sub> -Volat.	N <sub>2</sub> O
MS		>	↓	↓
Viscosité		>	↓	-
Valeur pH		<	↑	↓/↑
Conc. NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		<	↑	↑





## LACHGAS

Treibhauseigenschaften  
Quellen & Senken  
Bildung in Böden  
Wirkung N-Düngung  
Wirkung org. Düngung

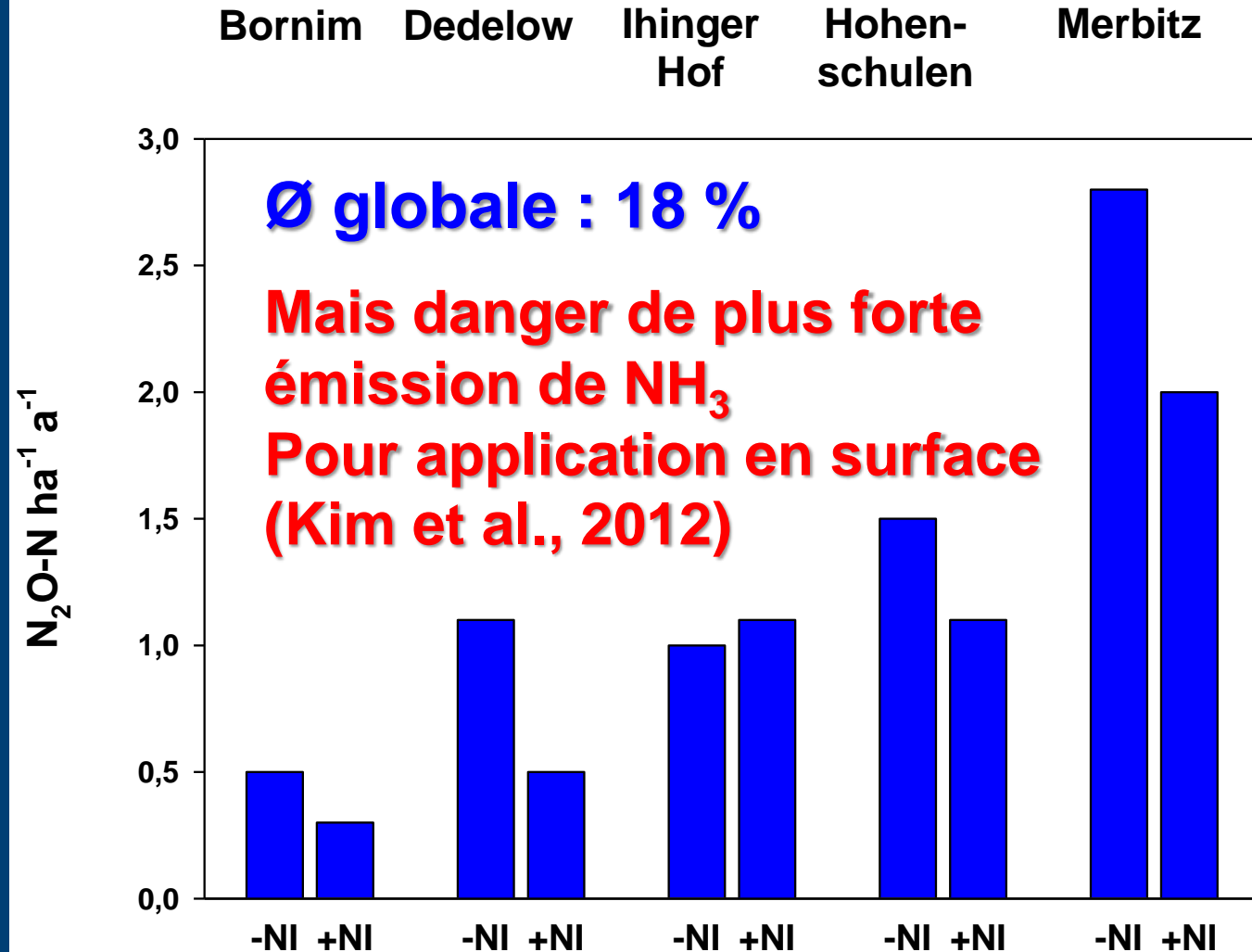
## AMMONIAK

Quellen & Transport  
Umweltwirkungen  
Freisetzung &  
Steuergrößen  
Größenordnung  
Emission

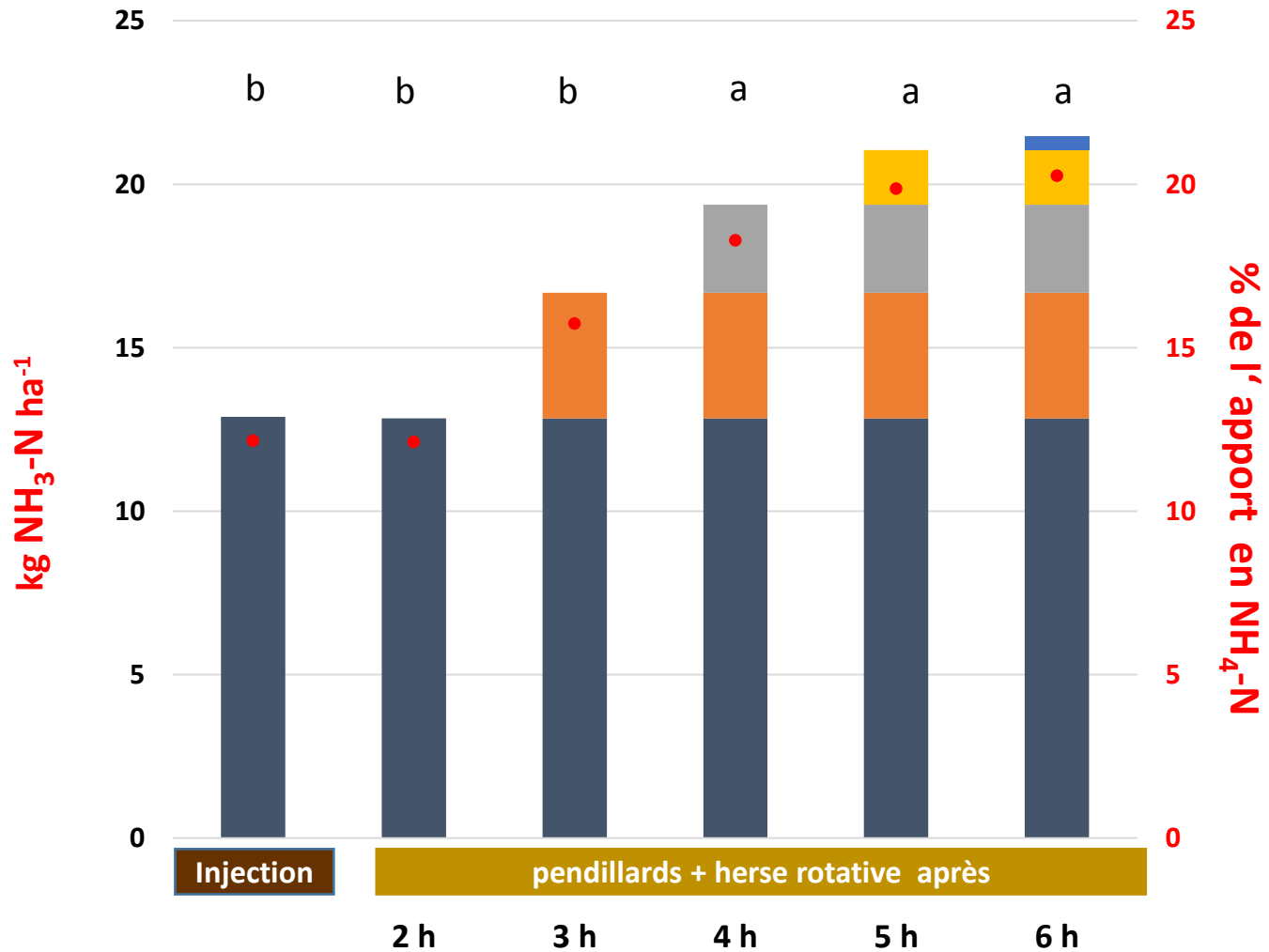
## EMISSIONSMINDERUNG

# Mesures pour la réduction des émissions

# Effet d'un inhibiteur de nitrification (NI) sur la libération de $N_2O$ après épandage de digestat (Ø 3 ans)

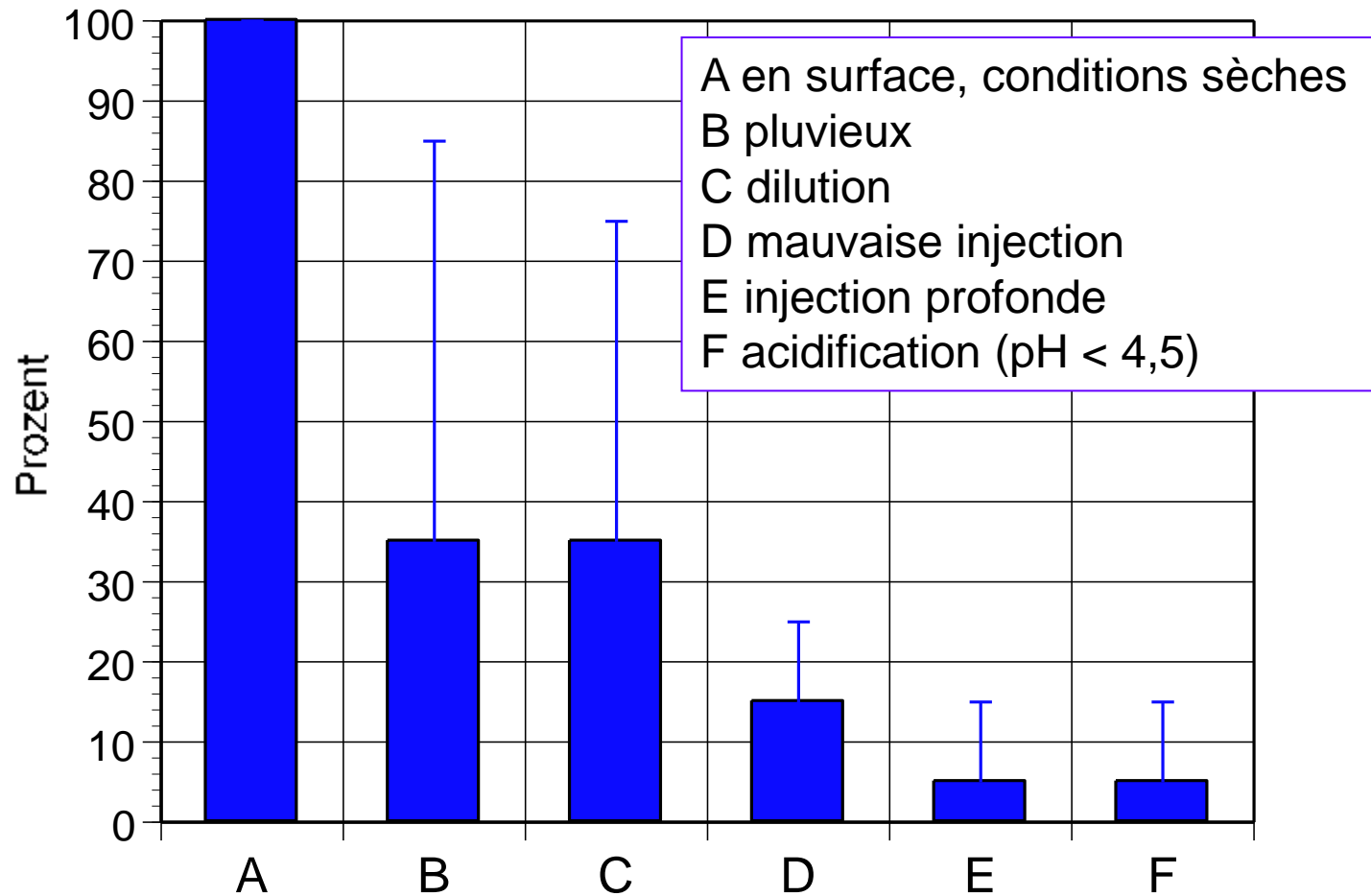


# Pertes de $\text{NH}_3$ - après application de lisier bovin en fonction du délai d'incorporation



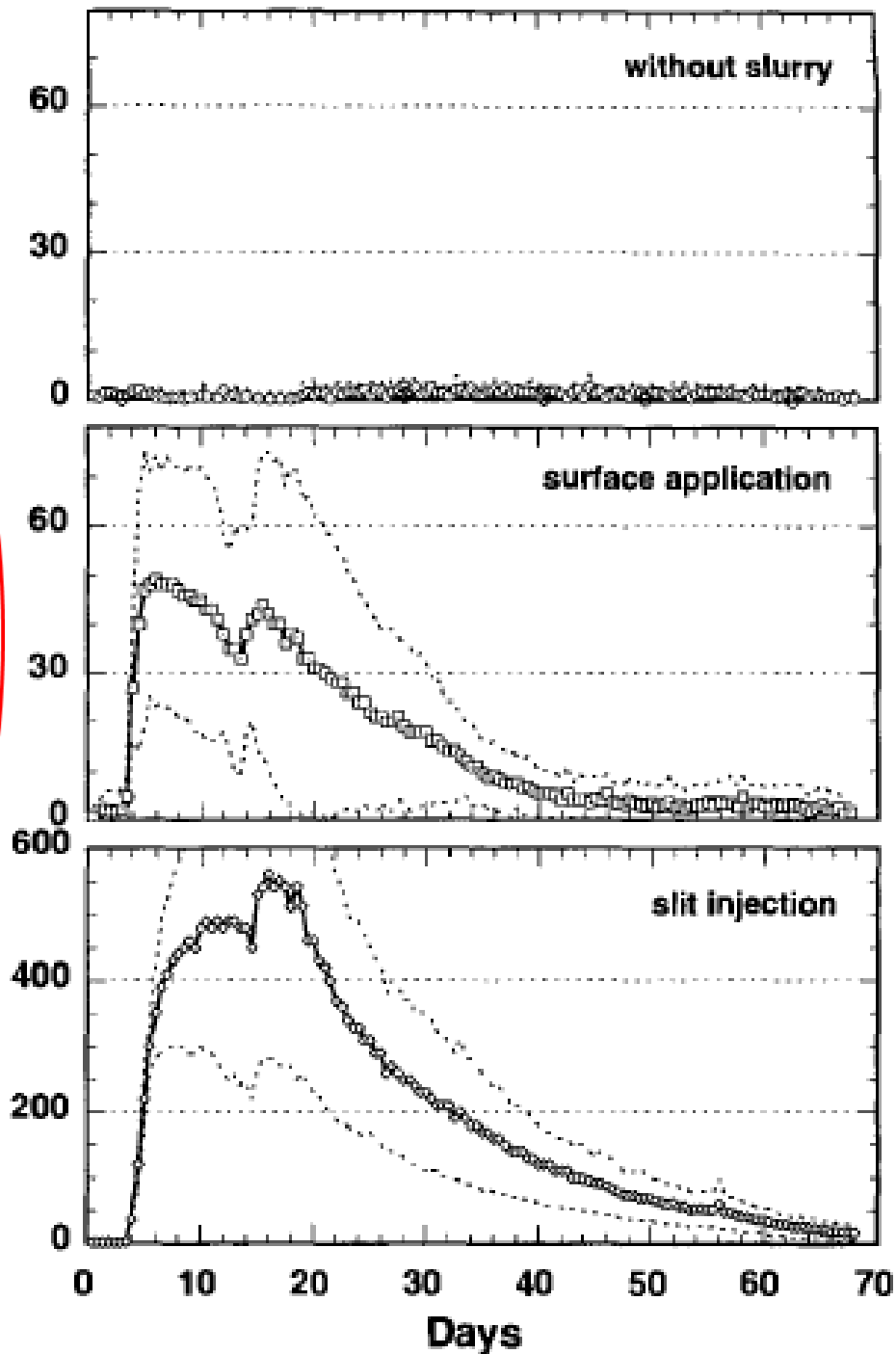
(Herr, 2017; unpublished)

# Pertes de $\text{NH}_3$ en fonction des conditions météorologiques, de la technique d'application et du traitement du lisier (Steffens, 1990)





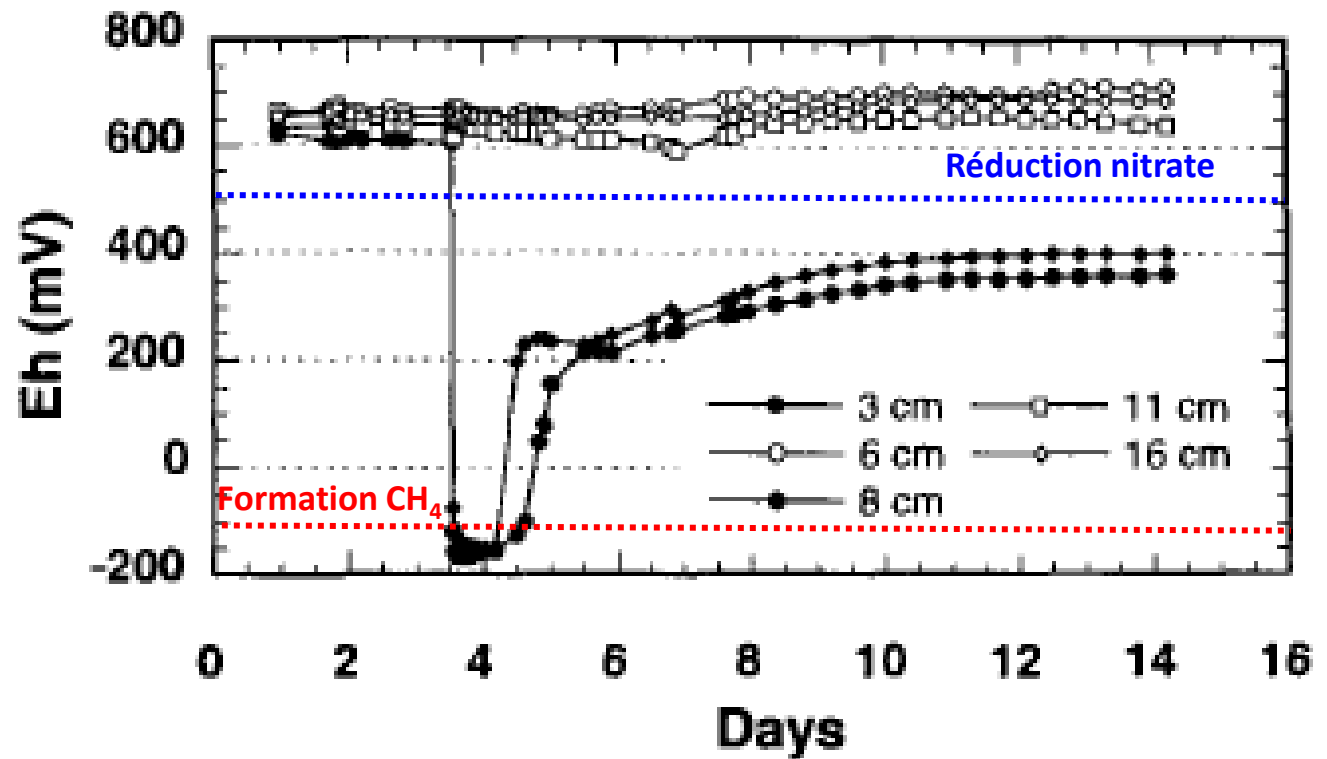
$\text{N}_2\text{O-N} (\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1})$



Emissions  
de  $\text{N}_2\text{O}$  après  
apport de  
lisier de  
bovin  
en fonction  
de la  
technique  
d'application

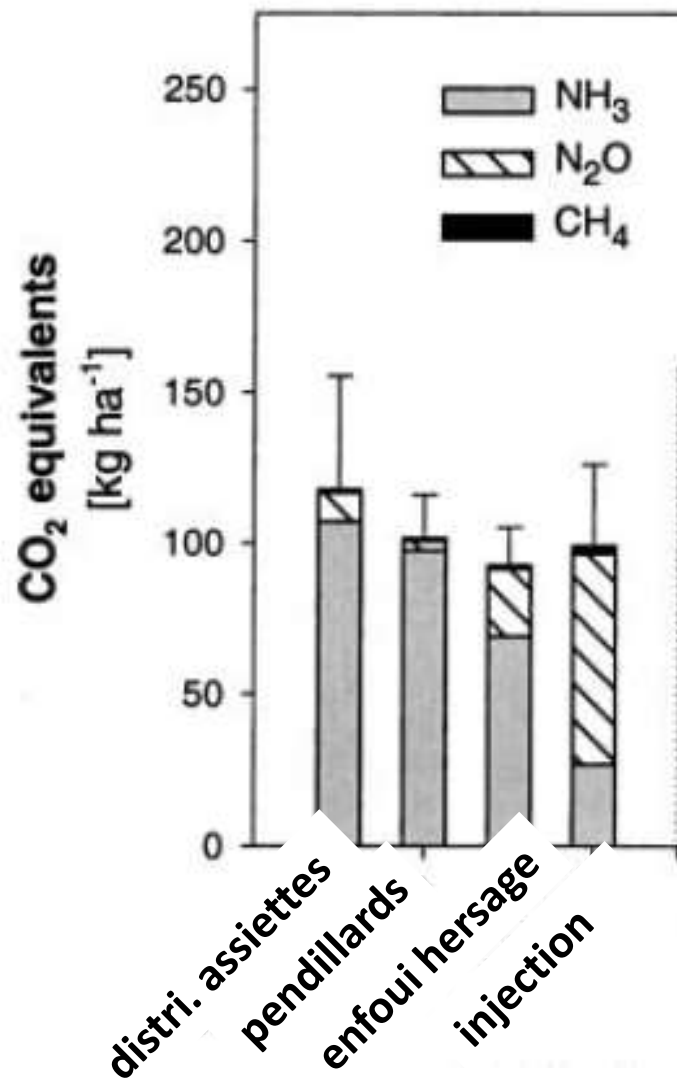
(Flessa &  
Beese, 2000)

# Potentiel Redox après application de lisier (Flessa & Beese, 2000)



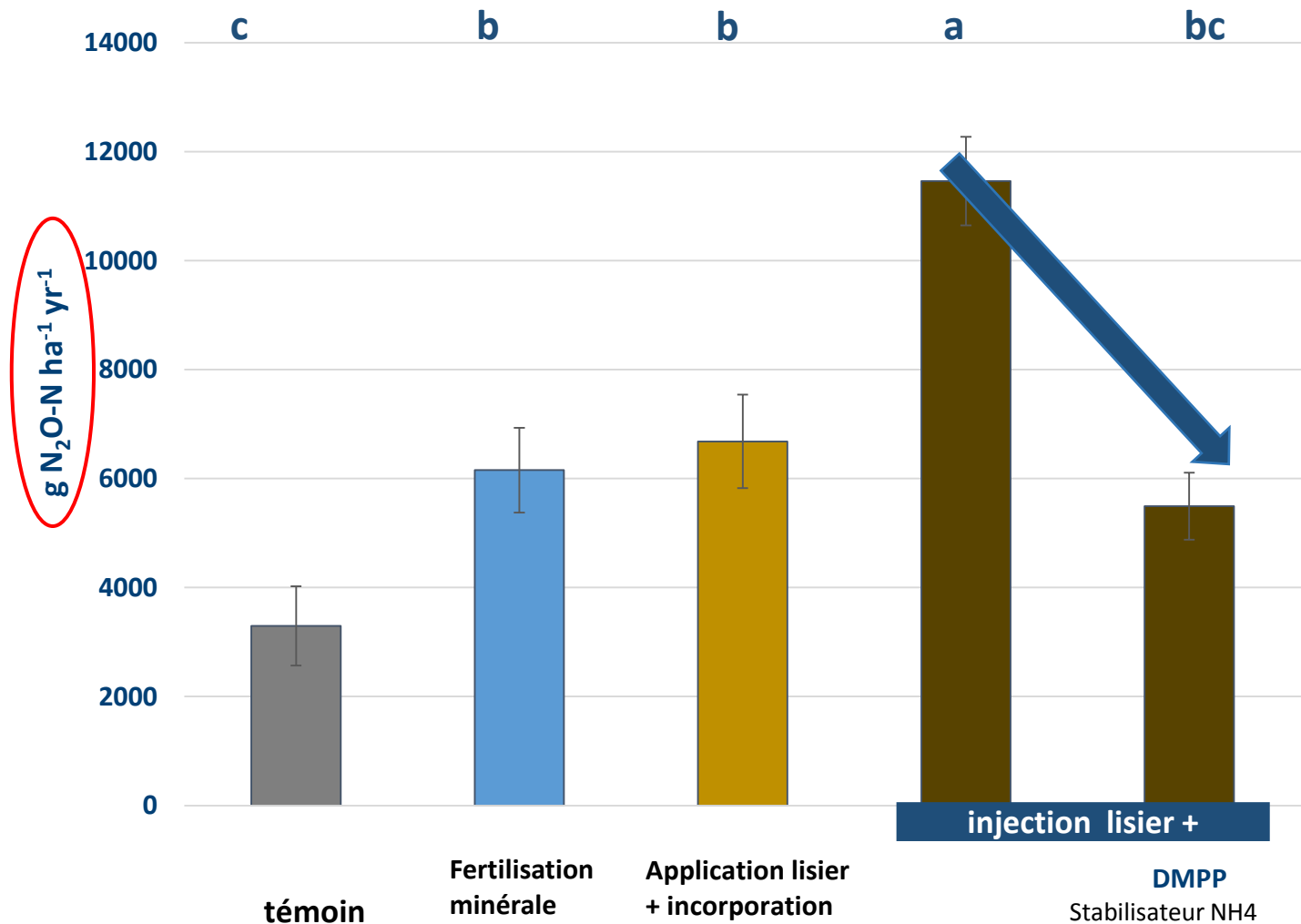


# Evaluation des émissions de $\text{NH}_3$ et $\text{N}_2\text{O}$ : Comparaison de différentes pratiques d'épandage



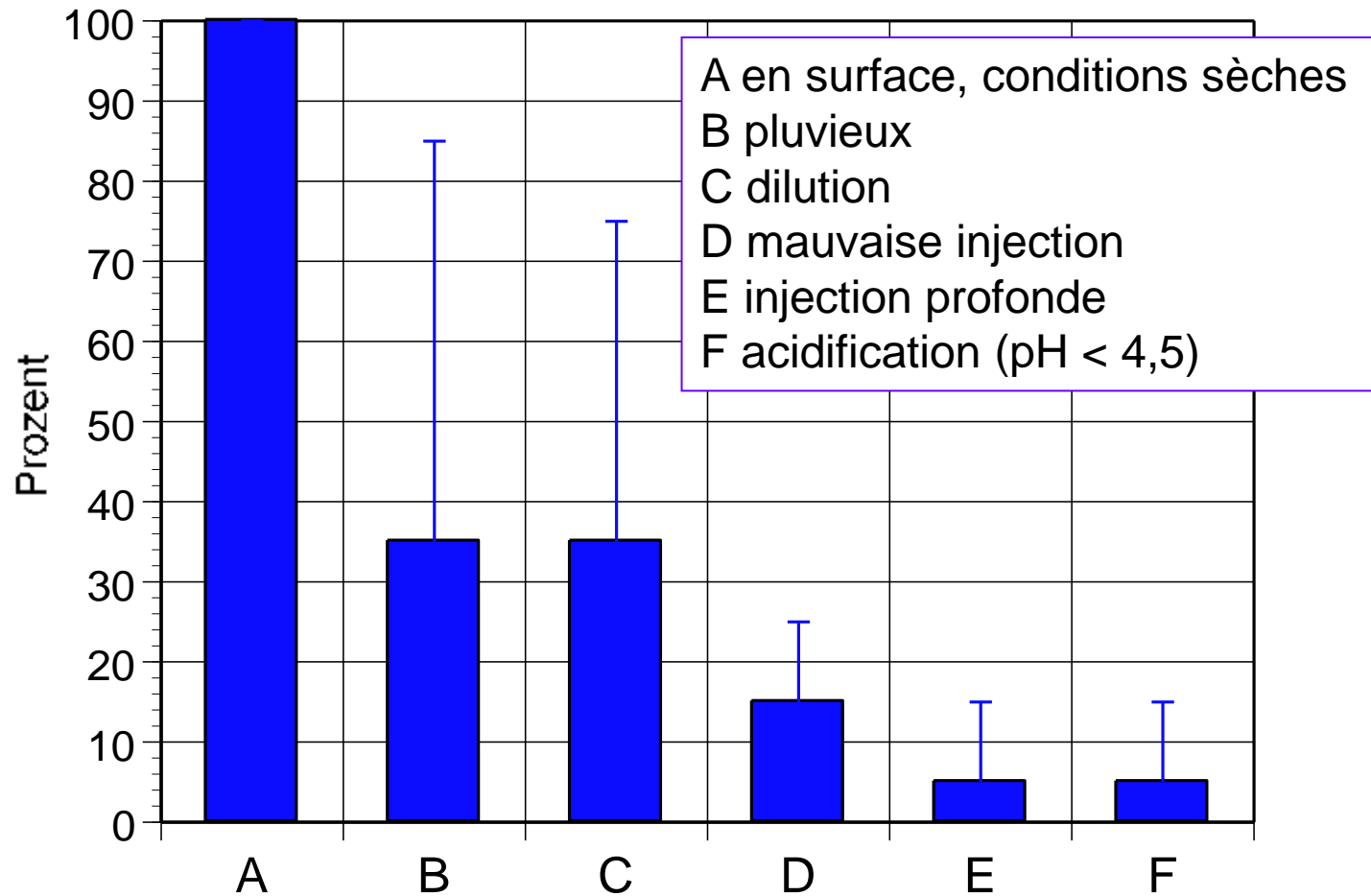
(Wulf *et al.*, 2002)

# Effet de la technique d'application et de l'Inhibiteur de Nitrification sur la libération de $N_2O$ après épandage de lisier bovin

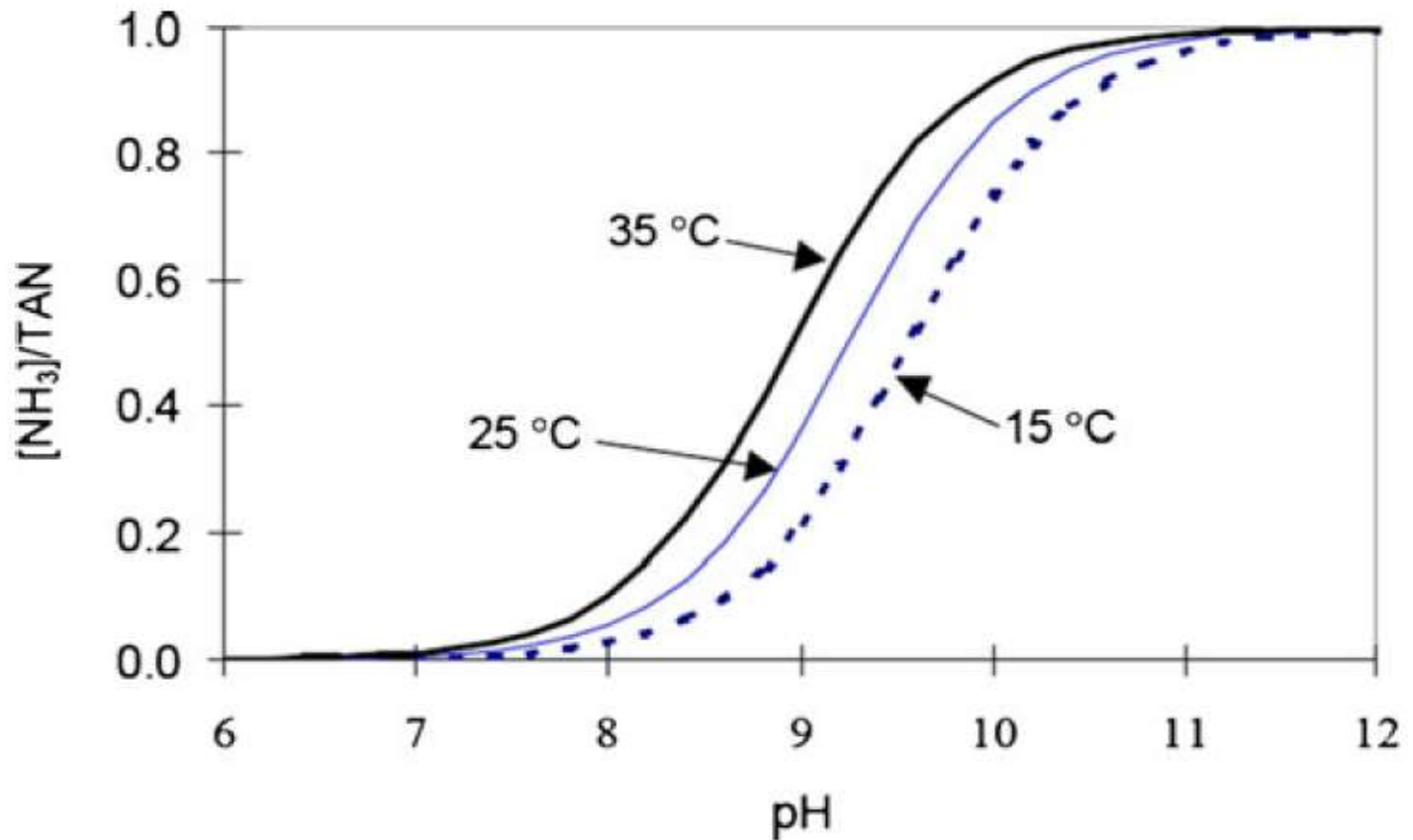


(Herr, 2017 en préparation)

# Pertes de $\text{NH}_3$ en fonction des conditions météorologiques, de la technique d'application et du traitement du lisier (Steffens, 1990)



# Effet du pH et de la température sur l'équilibre entre $\text{NH}_4^+$ et $\text{NH}_3$ en solutions




(Arogo, 2001)

# Mise en oeuvre de l'acidification de fumier liquide/digestats



Source photo: BioCover



Extrait de „appréciation sur acidification du comme mesure pour réduire les émissions en ammoniac en Suisse – état actuel“ (Kupper, 2017)

Il existe un large consensus sur le fait que l'acidification du lisier permet une réduction conséquente des émissions en ammoniac et des gaz à effet de serre (GES).

Quelques acteurs de la recherche se montrent sceptiques sur cette technique. Elle doit être testée plus en avant dans le cadre de projets pilotes dans les conditions de la pratique suisse avec des études sur les points suivants : application de la technologie , émissions d'ammoniac, de GES et d'odeur, effets de ces lisiers acidifiés sur le sol ainsi que la sécurité au travail.



# Fermentation lactique et utilisation de bactéries homofermentatives

## LACHGAS

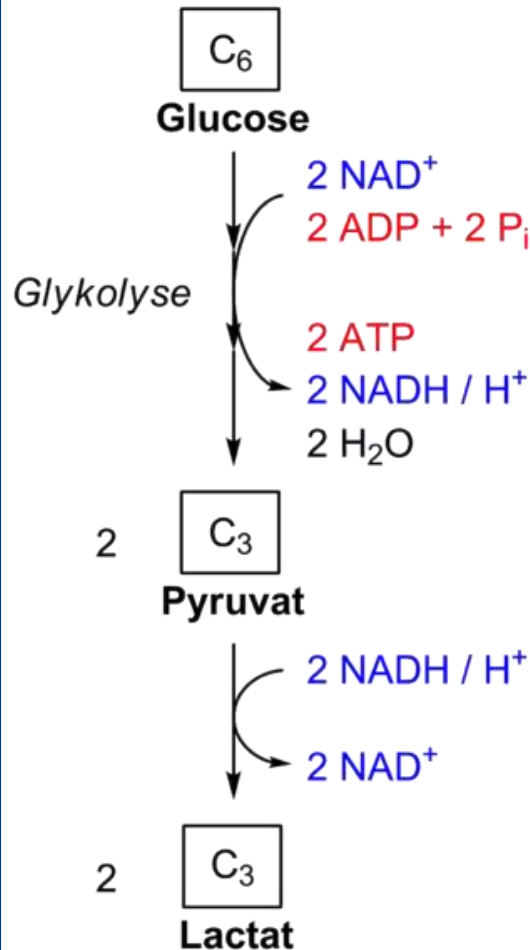
- Treibhauseigenschaften
- Quellen & Senken
- Bildung in Böden
- Wirkung N-Düngung
- Wirkung org. Düngung

## AMMONIAK

- Quellen & Transport
- Umweltwirkungen
- Freisetzung & Steuergrößen
- Größenordnung
- Emission

## EMISSIONSMINDERUNG

- Nitrifikationshemmstoff
- Injektion
  - Bewertung  $\text{NH}_3$  &  $\text{N}_2\text{O}$
- Injektion + NI
- Ansäuerung/ $\text{H}_2\text{SO}_4$
- **Ansäuerung/MOs**



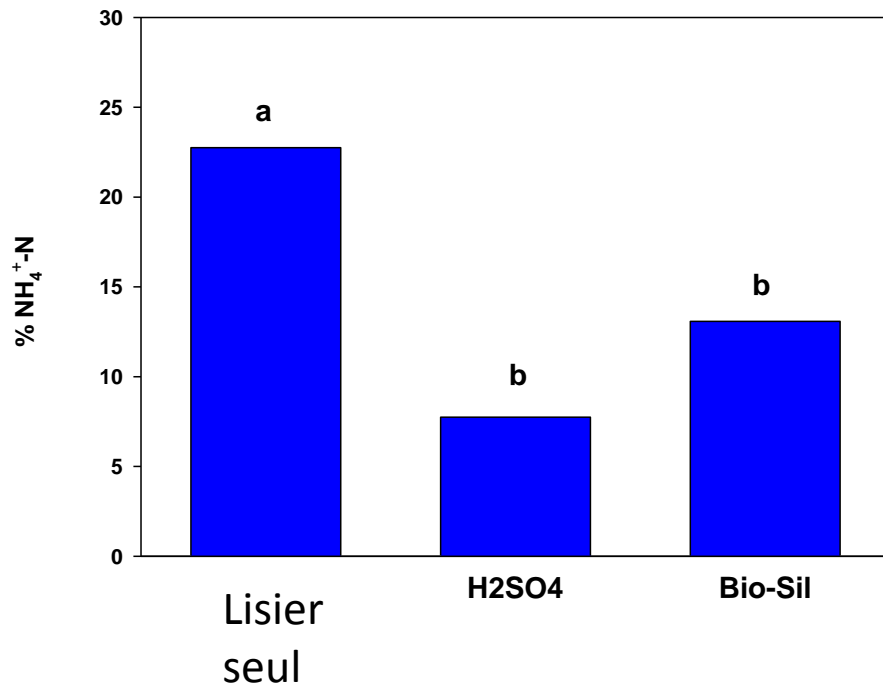
Stabilisateur d'ensilage

Valeur pH après 4 semaines d'incubation:

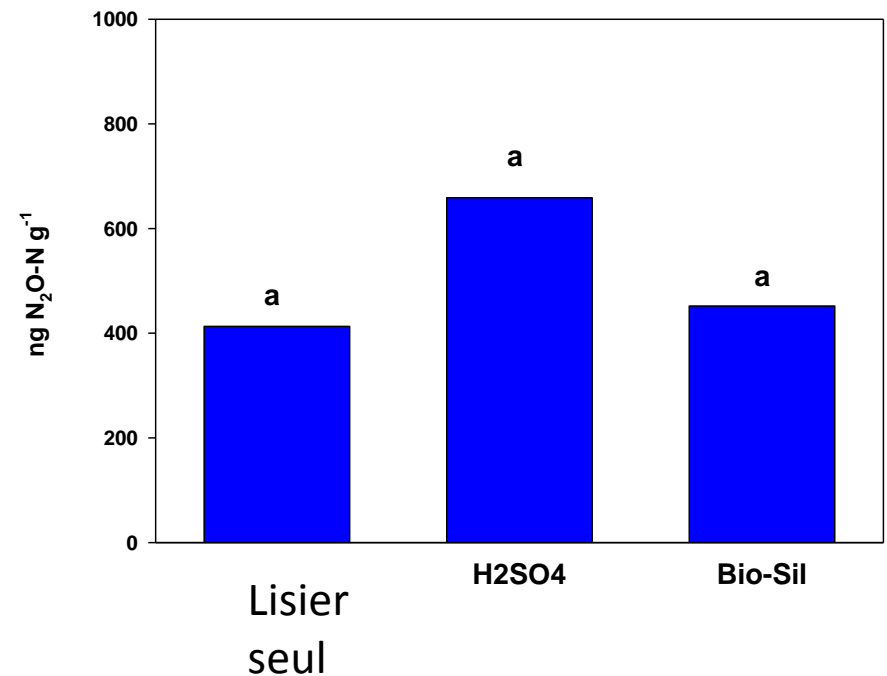
Lisier bovin (brut):	7,15
Lisier bovin + $\text{H}_2\text{SO}_4$ :	6,05
Lisier bovin + Bio-Sil:	5,98

# Emissions de $\text{NH}_3$ et $\text{N}_2\text{O}$ après application de lisier bovin en fonction du traitement du lisier

## Libération de $\text{NH}_3$



## Libération de $\text{N}_2\text{O}$



(Elsäßer et al., 2017)

# Effet de la séparation de fumier liquide et digestat sur les émissions de GES (Holly et al., 2017)

## LACHGAS

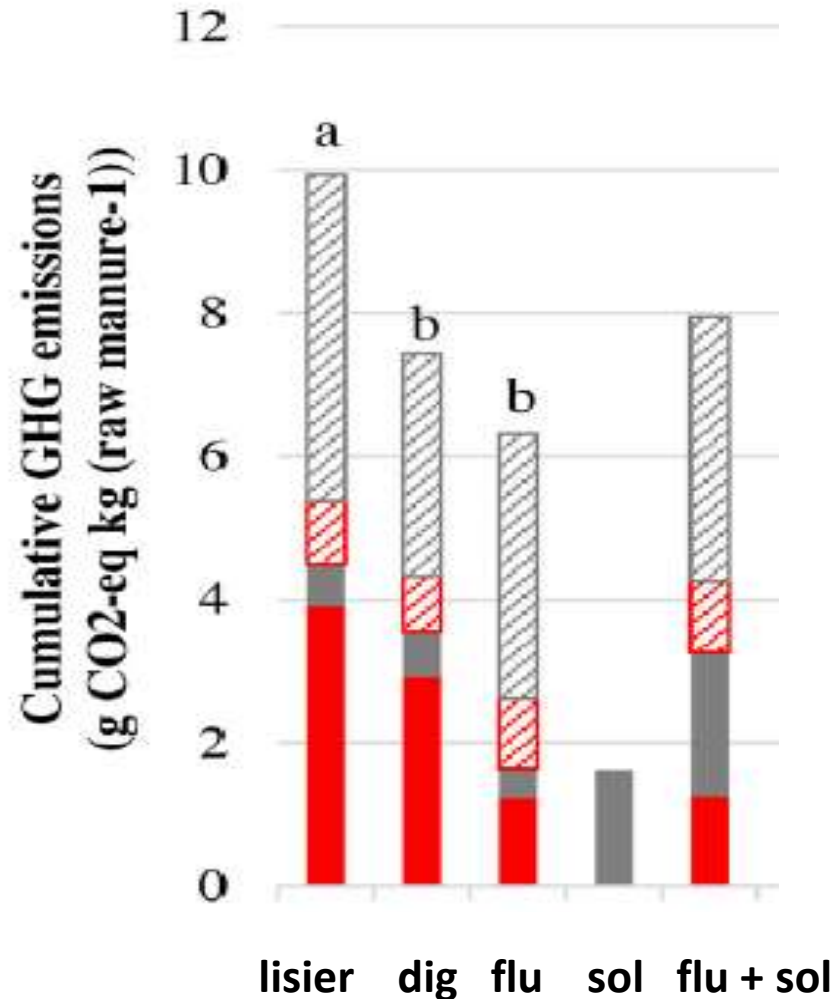
Treibhauseigenschaften  
Quellen & Senken  
Bildung in Böden  
Wirkung N-Düngung  
Wirkung org. Düngung

## AMMONIAK

Quellen & Transport  
Umweltwirkungen  
Freisetzung &  
Steuergrößen  
Größenordnung  
Emission

## EMISSIONSMINDERUNG

- Nitrifikationshemmstoff
- Injektion
  - Bewertung  $\text{NH}_3$  &  $\text{N}_2\text{O}$
- Injektion + NI
- Ansäuerung/ $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Ansäuerung/MOs
- **Separierung**



**MAIS:**

**Forte émission de  $\text{NH}_3$  lors de la préparation de la phase solide !**

# Résumé

Mesure	Ammoniac	Protoxyde d'azote
Inhibiteur de Nitrification	- / ↗	↘ -20 à -40%
Injection	↘ jusqu'à -90%	↗↗
Injection + Inhibiteur Nitrification	↘ jusqu'à -90%	↘ -50%
Acidification avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	↘ jusqu'à -67%	± 0
Acidification homofermentative MOs	↘ jusqu'à -50%	± 0
Séparation	↗ Préparation de la phase solide	± 0



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Merci beaucoup pour votre  
attention!





***Valorisation agronomique des digestats  
– Effets fertilisants en grandes cultures  
comment les optimiser ?***

**Forum transfrontalier**

**„valorisation des digestats dans les systèmes  
de culture du Rhin supérieur“**

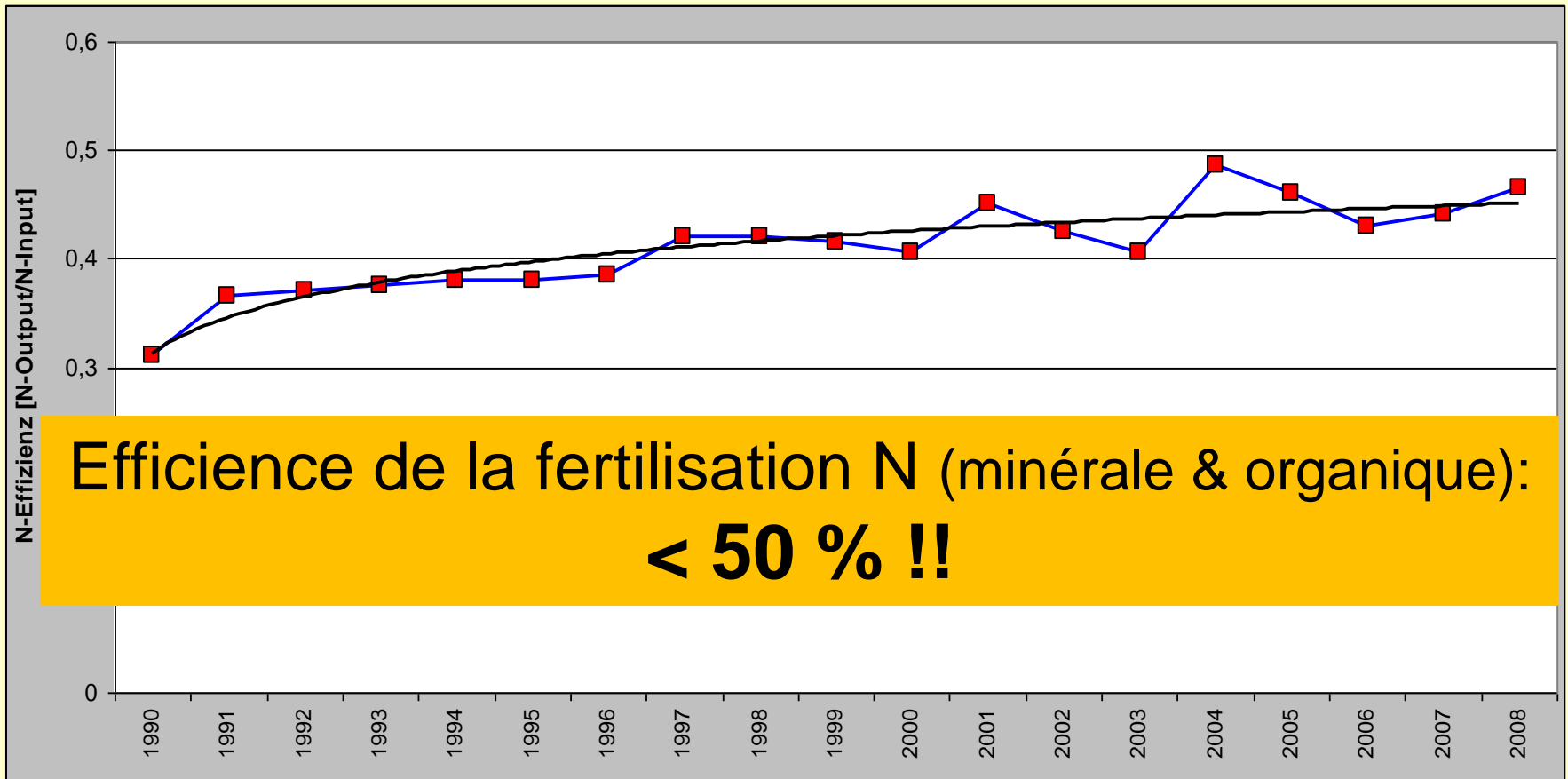
**LTZ (Aussenstelle Forchheim), 18. Mai 2107**

**Dr. M. Mokry, LTZ Augustenberg**

**ANNA, 2014**



# Evolution de l'efficacité en N en Allemagne



Frede & Bach, 2011 (veränd.)

Excédent en N (minéral & organique):  
env. **80 kg par ha et an !!**



# Emissions d'ammoniac en Allemagne



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr  
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2014 (Stand 03/2016)



# Plan de protection du climat 2050 - Agriculture

- Baisse des émissions d'ammoniac (NERC-Richtlinie)
- Baisse de l'excédent N : 70 kg N/ha (d'ici 2028)
- Baisse des émissions de protoxyde d'azote
- Technologies innovantes pour la fertilisation avec les engrais organiques
- Les effluents d'élevage devraient être plus fortement utilisés dans la production de biogaz.



# Valeurs moyennes – digestats liquide

Parameter	Dimension	Gärrest <sub>flüssig</sub>	
		Monitoring LTZ	Kenndaten 2015
pH		7,9	8,2
Matière sèche	<b>[% MF]</b>	6,8	6,1
Humus-C		6	9
N total	<b>[kg/m<sup>3</sup> ou t MF]</b>	5,1	7,5
NH <sub>4</sub> -N		3,2	4,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		1,6	1,8
K <sub>2</sub> O	<b>[kg/m<sup>3</sup> ou t MF]</b>	5,7	7,3
MgO		0,6	0,6
S		0,4	0,4

Offre en éléments nutritifs solubles (= disponibles) :

- Azote : 60 % à 70 % sous forme NH<sub>4</sub> de N total
- Phosphore : 60 % à 70 % phosphates solubles



# Apport de digestats<sub>liquides</sub> en culture de maïs

La valeur de l'offre en éléments nutritifs des digestats liquides - mais aussi solides – laisse présumer d'une bonne et régulière efficacité sur le rendement !

MAIS :

- Pertes N – en particulier d'ammoniac – peuvent être (très) élevées lors de l'application (pH!).
- La disponibilité en P peut ne pas être optimale notamment lors du stade juvénile du maïs.



# Apport de digestats<sub>liquides</sub> en culture de maïs

La valeur de l'offre en éléments nutritifs des digestats liquides - mais aussi solides – laisse présumer d'une bonne et régulière efficacité sur le

**Le test de systèmes de fertilisation alternatifs est donc nécessaire pour des aspects économiques comme environnementaux !**

La disponibilité en N peut ne pas être optimale notamment lors du stade juvénile du maïs.





**Réduction des pertes en N**  
( $\text{NH}_3\text{-N}$ ;  $\text{N}_2\text{O}$  et nitrates)  
**lors de l'épandage d'engrais**  
**organiques liquides**  
(DüV, § 11/ directive sur la fertilisation))



# Technique avec pendillards

En absence de végétation : incorporation dans les 4 heures (DüV, § 6)





# Techniques d'injection (> 10 cm)

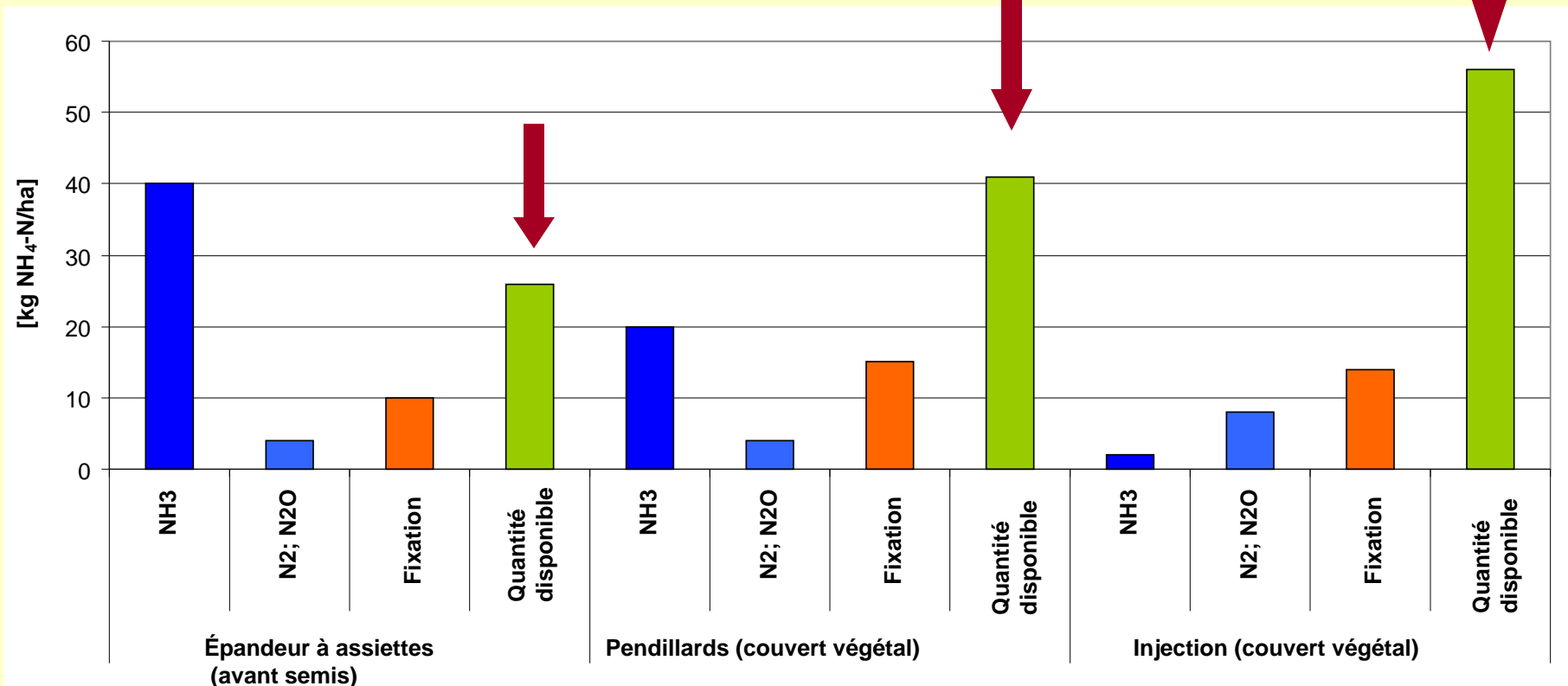


Wiech, 2012

Réduction significative des pertes en ammoniac  
sans ou avec couvert végétal !!

# Valorisation des formes d'N selon différentes techniques d'épandage

N (lisier) restant après différentes techniques d'application



n. Gutser, geändert



# Essais avec maïs ensilage

**digestat**<sub>liquide</sub> surface entière\*)

en comparaison à

**Lisier porcin** surface entière\*)

\*) = pendillards avec incorporation < 4 heures !



# Références – sites d'essais et digestats liquides

Versuchsstandort		Hohenlohe	Kraichgau	Oberrhein	Ostalb
Bodenart		tL	uL	tL	uL
Grundbodenbearbeitung		Sans labour	Sans labour	Sans labour	Sans labour
pH		6,5	6,6	7,0	5,8
Humus	[% TM]	3,6	2,4	2,7	2,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		27	16	27	11
K <sub>2</sub> O	[mg/100 g]	36	20	32	30
Mg		28	10	15	10

fertilisation N : env. 140 – 150 kg NH<sub>4</sub>-N/ha

(en moyenne des essais)

phosphore et potasse : ont été compensés sous forme minérale dans les parcelles témoins





# Efficacité N : Digestat<sub>liq</sub> comparé au lisier en épandage en surface

(7 essais) (LTZ Augustenberg)

Variante	Ferti . N	Rendement	Rdt relatif	Proteine brute
	[kg/ha]	[t MS/ha]	[% moyenne]	[% MS]
témoin sans N		14,7	88	6,0
N minéral	160	17,0	102	7,5
Digestat liq.	147	17,1	103	7,5
Digestat liq. + NI	147	17,2	104	7,3
Lisier porc	147	16,8	101	7,5
Lisier porc+ NI	147	16,9	102	7,7

- Pas de différences significatives entre lisier et digestat dans les essais de longue durée.
- Pas d'effet sur le rendement d'apport d'un stabilisateur d'ammonium (= N.I).



# Effacité N : Digestat liq comparé au lisier en épandage en surface (7 essais) (LTZ Augustenberg)

Versuchsglieder	Efficiency N	Efficiency N	N-Solde	N <sub>min</sub> (post récolte)
	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% v. N total]	[kg/ha]	
témoin sans N			-140	16
N minéral		91	-44	65
digestat liq.	91	51	-58	41
digestat liq. + NI	88	49	-54	47
Lisier porc	90	50	-56	47
Lisier + NI	92	51	-60	57

- Pas de résultats distincts au niveau dynamique de l'N
- Exception : valeur reliquat N<sub>min</sub> de variante „lisier + N.Inhib.“!



# Essais avec maïs ensilage

**digestat**<sub>liquide</sub> surface entière\*)

en comparaison de

**digestat**<sub>liquide</sub> avec injection  
= dépôt localisé en ligne (UFDepot)

\*) = pendillards avec incorporation < 4 heures





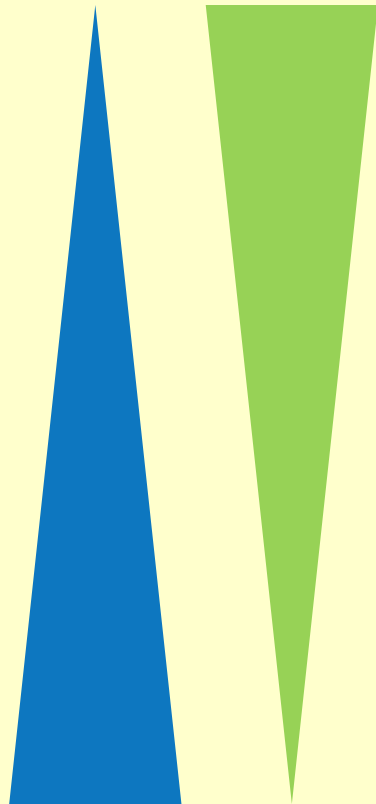
# Technique d'injection – LTZ 2017



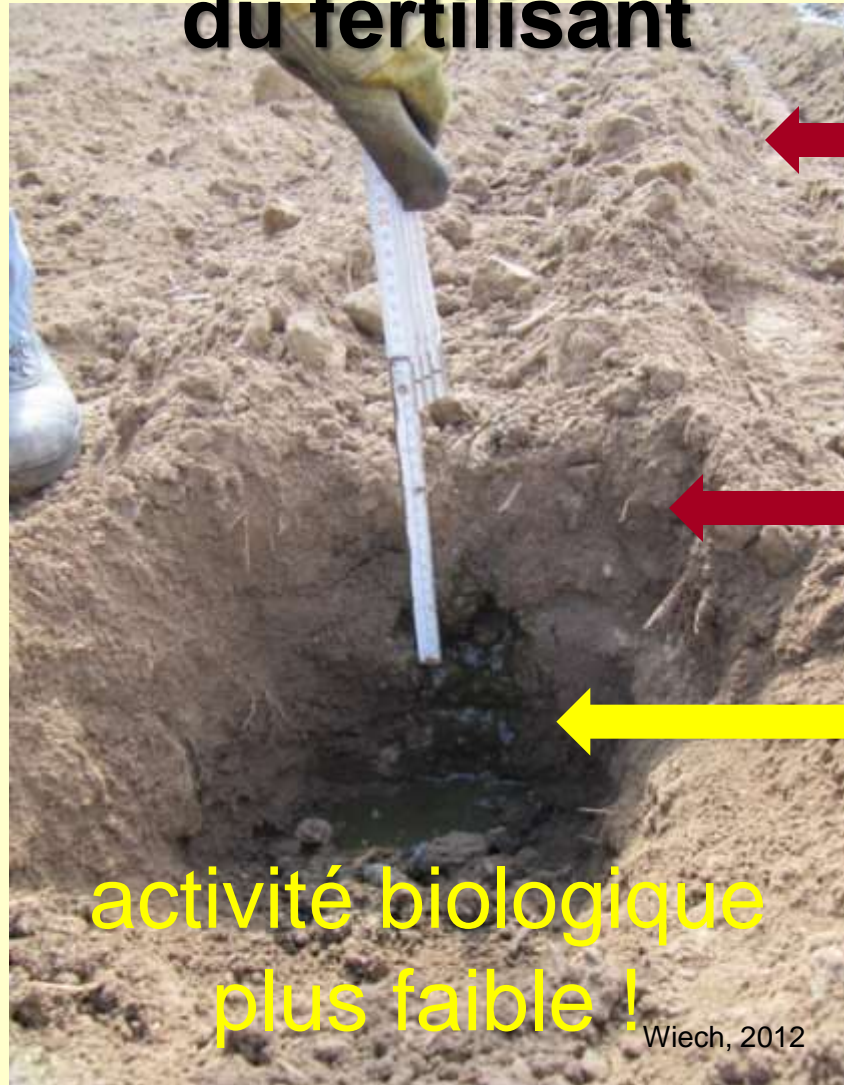


# Disponibilité des éléments nutritifs – dépôt du fertilisant

Pertes  $\text{NH}_3$



phosphate,  
N soluble...



activité biologique  
plus faible !

Wiech, 2012

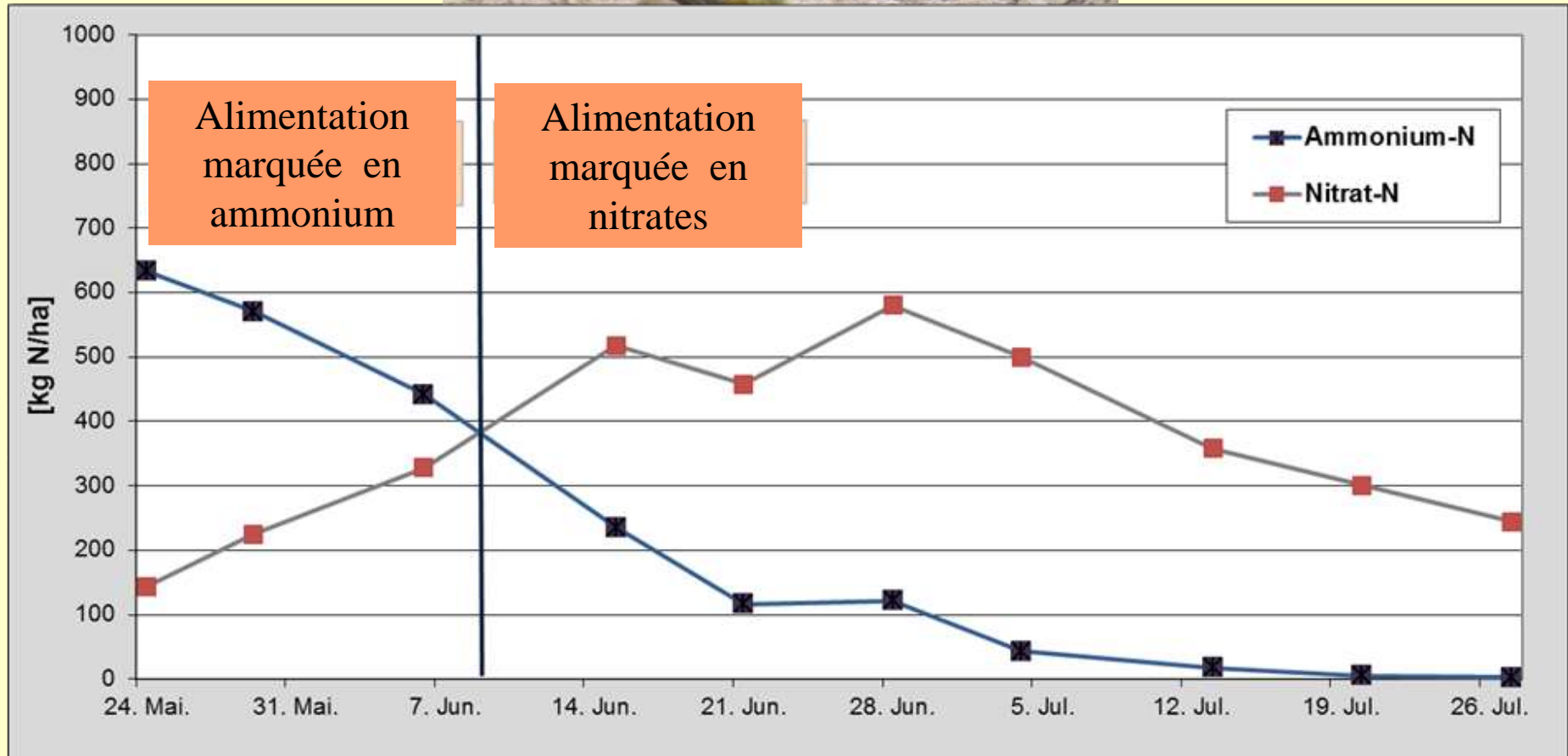
pendillards

dépôt/strip-till  
( $< 15$  cm)

Dépôt localisé  
( $> 15$  cm)

Mise en place d'un „dépôt“ (15 – 20 cm) avant ou après le semis

# Fourniture en N pendant la période de végétation (stabilité de l'ammonium en dépôt localisé)



# Comparaison efficacité N : en plein et dépôt

digestat<sub>liq</sub> sur maïs ensilage (3 essais) (LTZ Augustenberg)

**Apport N (N total) :**

**Pas de prise en compte pertes réduites en NH<sub>3</sub>-N**

Versuchsglied	rendement-plante ent. [t MS/ha]	rel. / moyenne
Témoin sans N	11,6	78
Ferti. N minéral Alzon 46	14,9	101
Digestat - surface/sans Inhib. Nit.	15,3	103
Digestat - surface/avec Inhib. Nit.	15,3	103
<b>Digestat - en dépôt/sans Inh. Nit.</b>	<b>16,6</b>	<b>112</b>
Moyenne essais	14,8	

**Rendement + 10 %**

**Efficience N + 5 % avec fertilisation en dépôt**

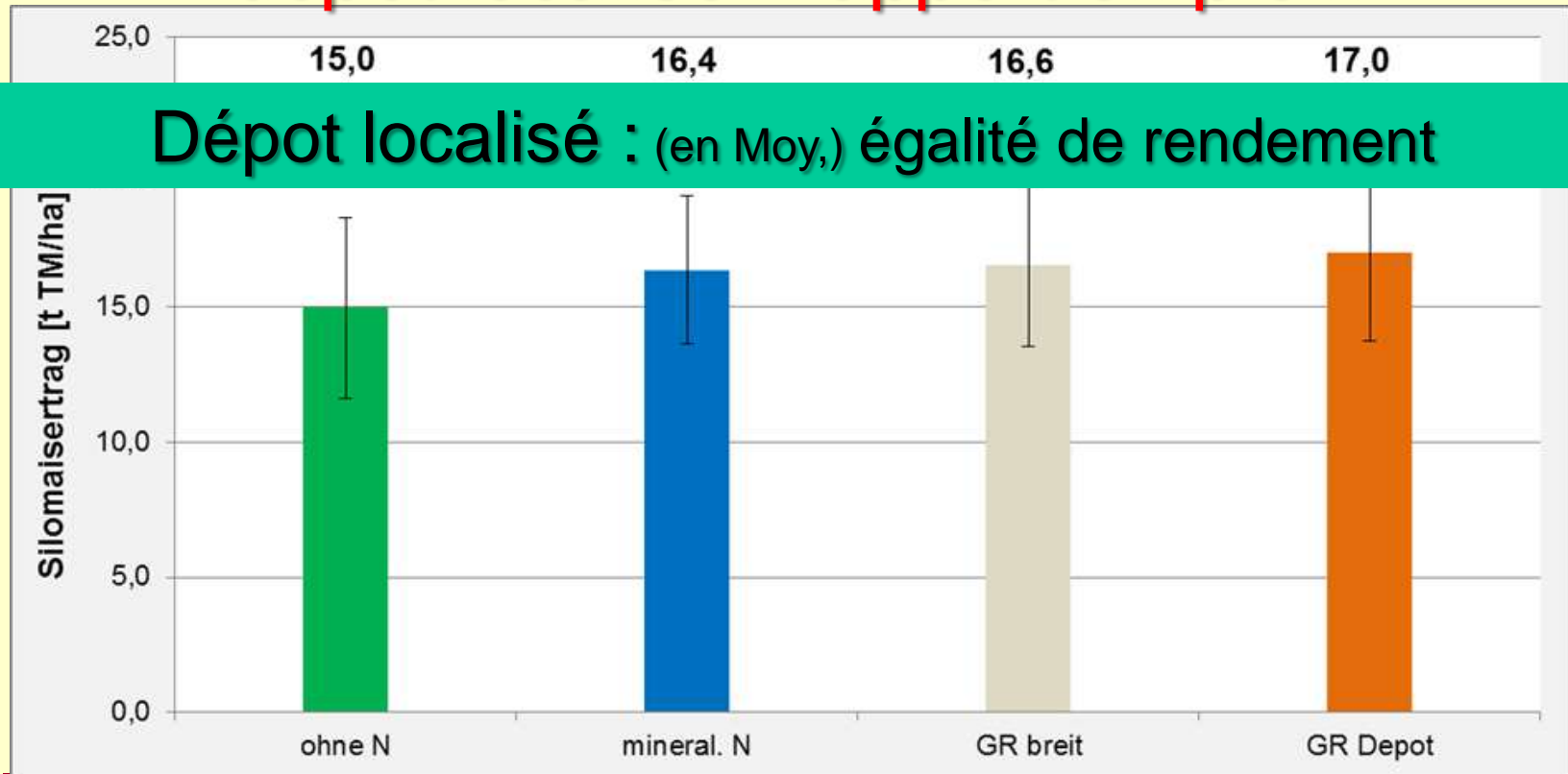


# Comparaison efficacité N : en plein et dépôt

digestat<sub>liq</sub> sur maïs ensilage (10 essais) (LTZ Augustenberg)

Prise en compte pertes réduites de NH<sub>3</sub>

Apport N (N total) :  
dépôt localisé < apport en plein



Dépôt localisé : (en Moy,) égalité de rendement



# Paramètres – dynamique N

Variante	Fertil. N	N-exporté	Solde N	Effizienz N	Effizienz N	N <sub>min</sub> (ap. récolte)
	[kg/ha]	[kg/ha]	[kg/ha]	[% NH <sub>4</sub> -N]	[% ges. N]	[kg/ha]
Témoin sans N	0	162	-162			13
N minéral	149	206	-58		98	45
Digestat surface	143	198	-49	94	56	30
Digestat. dépôt	141	205	-58	102	71	58

## Dépôt localisé :

Meilleure efficacité de l'ammonium, mais en particulier pour N total (10 % de moins en dose totale N dans le dépôt localisé)

Reliquats N<sub>min</sub> (ap. récolte) : sensiblement + élevés dans variante „dépôt localisé“! (origine: échantillons mélangés au prorata des prises sur surfaces dépôt et surfaces „sans fertilisation N“ !)



# Phosphate (indépendant des fournitures du sol)

§ 9, DüV Evaluation du bilan d'exploitation en éléments nutritifs

## Bilan en éléments nutritifs correct, si

- Solde P  $\leq$  20 kg  $P_2O_5$ /ha\*an en moy. de 6 années

**À partir de 2018** (2019, 2020, 2021, 2022, 2023):

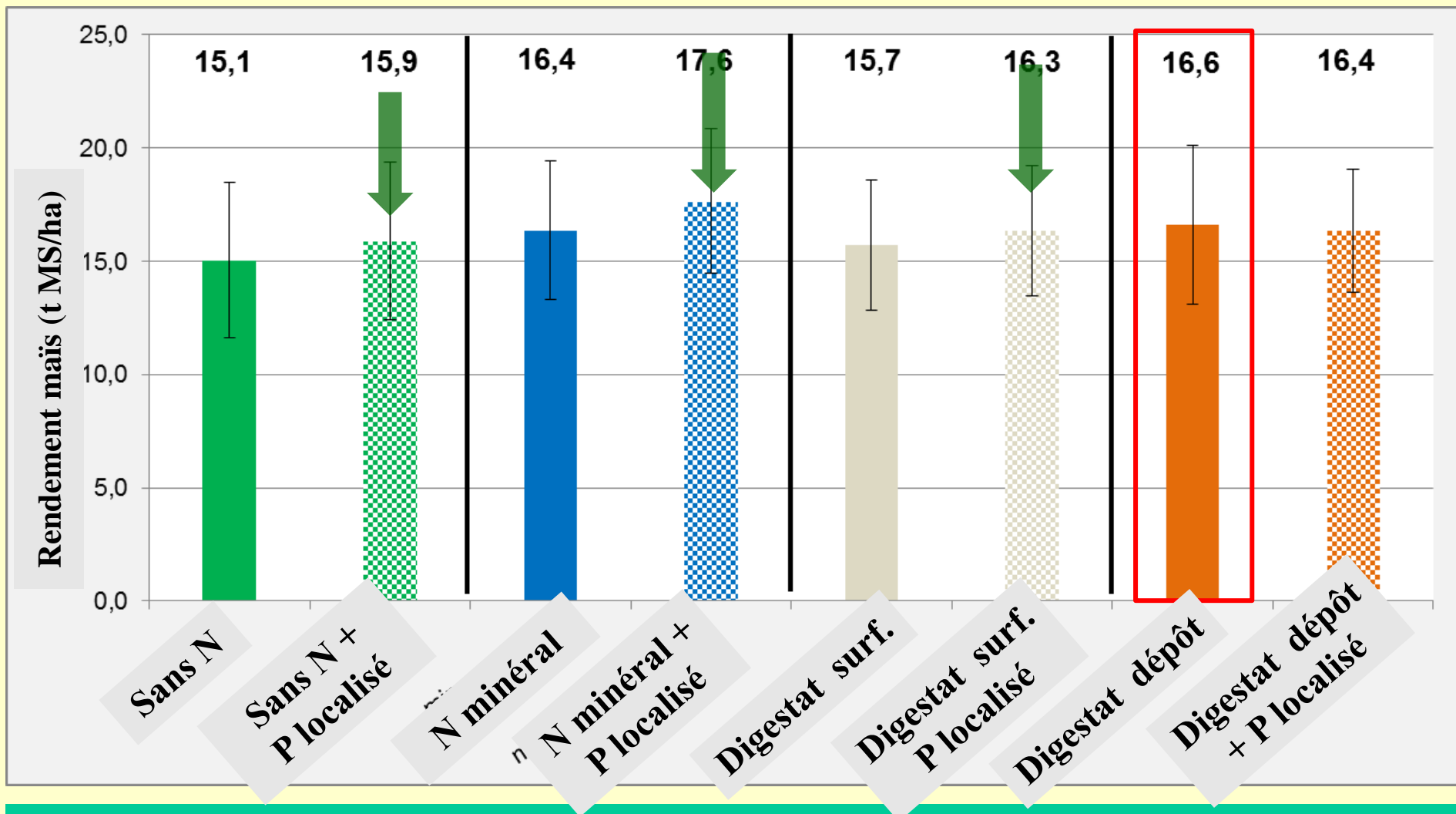
## Bilan en éléments nutritifs correct, si

- Solde P  $\leq$  10 kg  $P_2O_5$ /ha\*an en moy. de 6 années



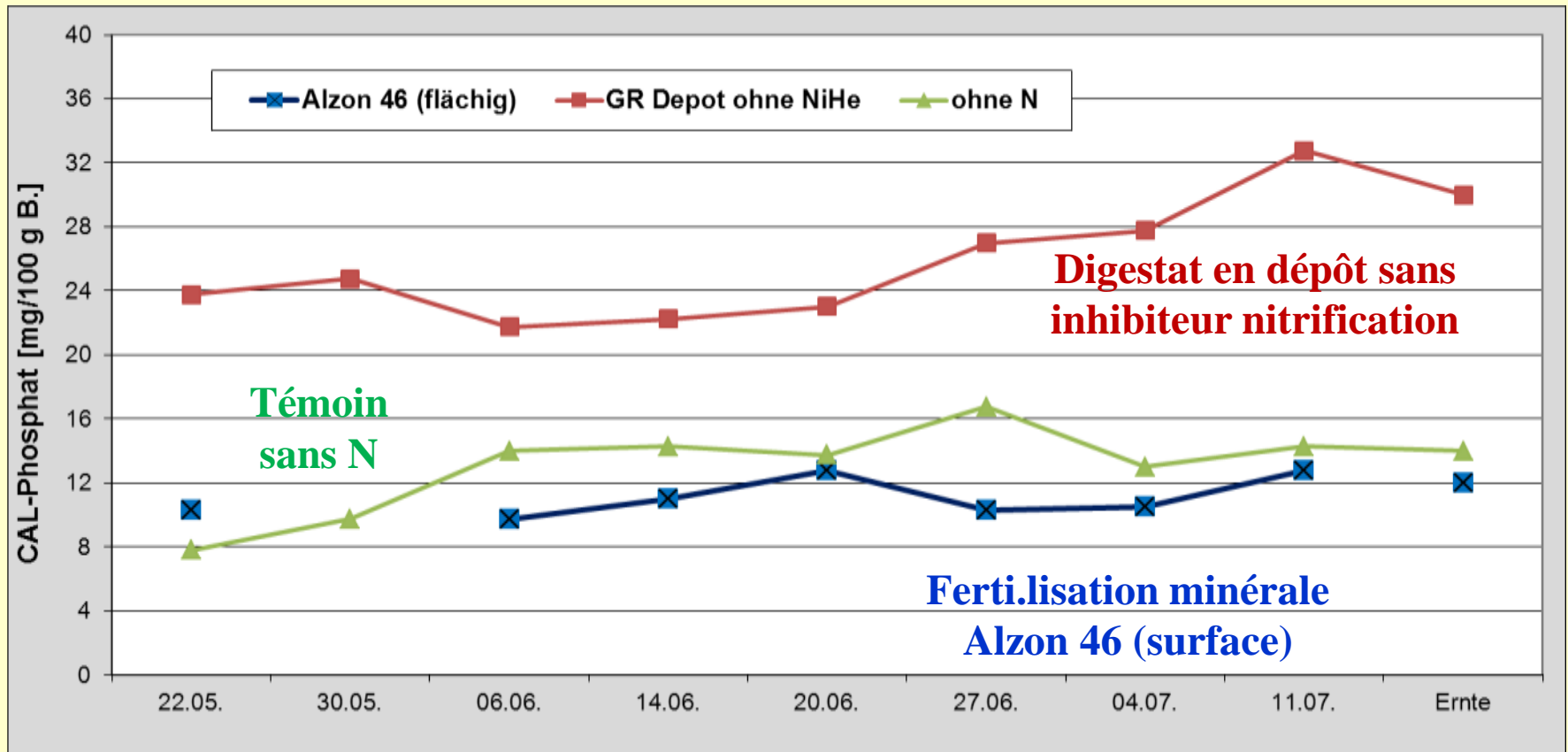
# Comparaison efficacité P : en plein et dépôt

digestat liq sur maïs ensilage (5 années d'essais) (LTZ Augustenberg)



Fertilisation en dépôt localisé : = réduction de l'apport en N !  
= réduction de l'apport en P !

# Disponibilité en P (teneurs $\text{CAL-P}_2\text{O}_5$ ) dans horizon (0 – 20 cm)



# Comparaison effet P: en surface et dépôt

digestat liq sur maïs ensilage (4 années d'essais) (LTZ Augustenberg)

Variante	System	P-Düngung	rendement
		[kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha]	[t TM/ha]
Témoin sans N	Sans P min s/s rang	0	15,1
	Avec P min s/s rang	50	15,7
r N minéral (Alzon 46)	Sans P min s/s rang	0	16,4
	Avec P min s/s rang	50	17,6
Digestat en surface (60 % anr. N)	Porg-breit	70	15,7
	P org surf.+ P min s/s rang	120	16,3
Digestat dépôt localisé (nS) <sup>*)</sup>	Porg-Depot	60	16,6
	P org depot+P min s/s rang	110	16,4

<sup>\*)</sup> 70 % anr. N

Fertilisation en dépôt localisé :  
 = réduction des apports en N !  
 = réduction des apports en P !





# Comparaison effet P: en surface et dépôt

## digestat liq sur maïs ensilage (4 années d'essais) (LTZ Augustenberg)

Variante	System	P-Abfuhr [kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha]	Efficienc P [% netto]	
Témoin sans N	Sans P min s/s rang	75	12	
	Avec P min s/s rang	82		
N minéral (Alzon 46)	Sans P min s/s rang	77		
	Avec P min s/s rang	85		
Digestat en surface (60 % anr. N)	Porg-breit	78		
	P org surf.+ P min s/s rang	83		
Digestat dépôt localisé (nS) <sup>*)</sup>	Porg-Depot	85		14
	P org depot+P min s/s rang	80		2

<sup>\*)</sup> 70 % anr. N

### Fertilisation en dépôt localisé :

- Efficience P env. 10 % plus élevée que digestat en plein
- Un apport supplémentaire en P sous le rang au semis n'augmente pas l'efficience en P !



# Résumé

- L'effet fertilisant en N et en P de digestats liquides est comparable au lisier de porcs.
- Dans tous les essais, les rendements en plante entière de maïs ont été identiques ou légèrement supérieurs pour le dépôt localisé avec apports réduits en N et P à une application en pleine surface avec des apports plus élevés !
- L'efficacité en N, mais aussi l'efficacité en P, a par conséquent été significativement plus élevée avec un dépôt localisé qu'avec épandage en pleine surface.
- Une économie potentielle en fertilisants minéraux N et P pour le maïs est possible et sensée, chemin le plus efficace pour une amélioration du solde du bilan en N - comme en P !
- Problème : excédents en éléments nutritifs (N et/ou P) doivent toutefois satisfaire au plafond „d'excédent d'exploitation“.



# Perspectives

- Pour l'optimisation de l'efficience en N et P il faut calculer le besoin en fertilisant en fonction du lieu avant toute application de fertilisants (= gfP/DüV).
- A l'avenir, une **fertilisation à la bonne date, exacte et respectueuse de l'environnement** est impérative pour une production végétale économique et écologique !
- Une fertilisation en dépôt localisé est aujourd'hui considérée vis à vis d'une application en surface
  - ✓ écologiquement plus performante et
  - ✓ économiquement (au minimum) équivalente !





# Merci bien pour votre attention !



# Que sait-on de la matière organique des digestats et de leur comportement dans le sol ?

Dr. Kurt Möller

Landwirtschaftliches Technologiezentrum  
Augustenberg, Rheinstetten-Forchheim

**Forum transfrontalier „Bien valoriser les digestats de  
méthanisation “ à Rheinstetten-Forchheim le 18. Mai 2017**

- Introduction
- Dégradation de la matière organique durant la méthanisation
- Transformation de la matière organique après application au sol
- Effets sur les propriétés biologiques et physiques du sol
- Conclusions



# Effets de la fermentation anaérobie sur le substrat

- Mineralisation de nombreux éléments nutritifs
- Dégradation d'une grande part de la matière organique (30 – 90 %)
- Celle-ci n'est plus disponible comme base pour le maintien de la fertilité du sol
- La fermentation anaérobie est-elle préjudiciable sur le long terme à la fertilité du sol ?

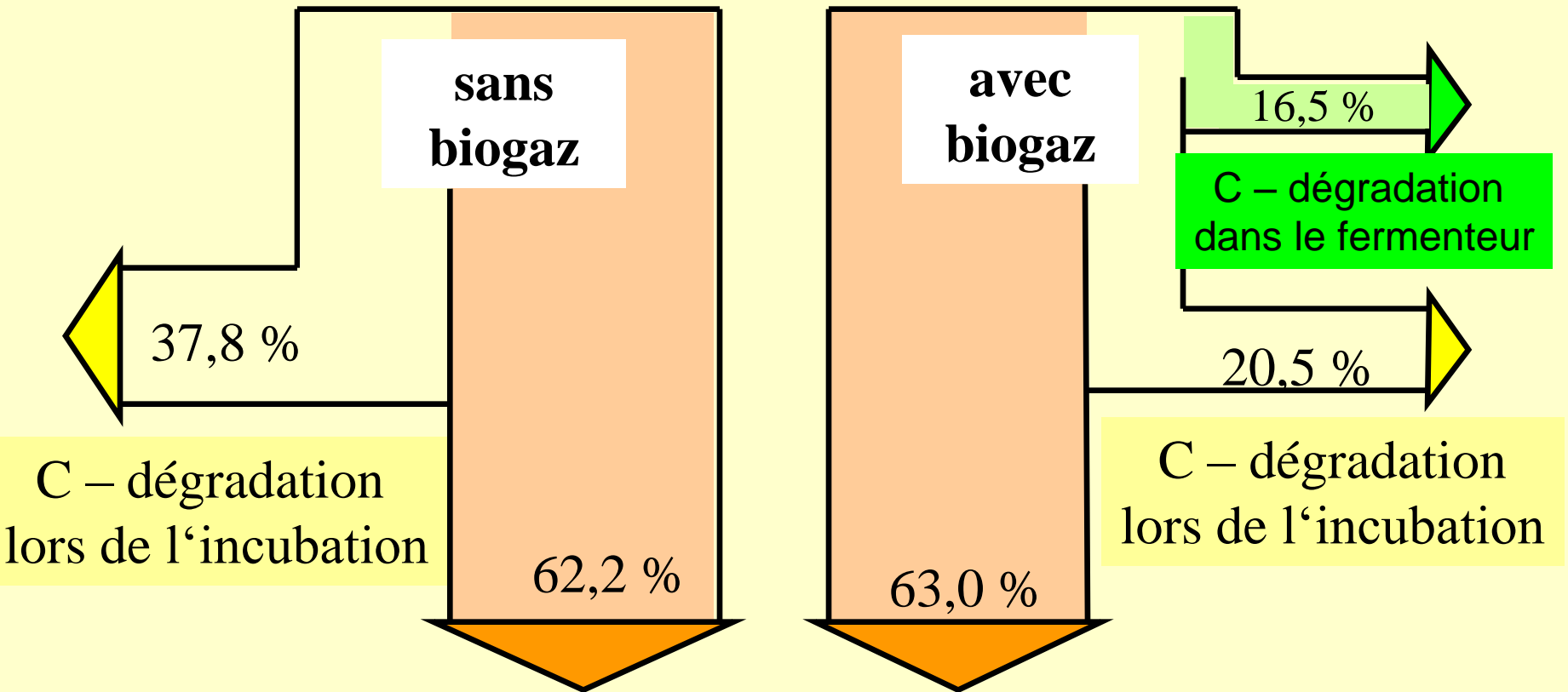
## Dégradation de la M.O. lors de la fermentation ex. du lisier de porcs (ASMUS et al. 1988)

<b>Groupes de composants</b>	<b>Lisier de porc non fermenté (% de MS)</b>	<b>Lisier de porc fermenté (% de MS)</b>	<b>Dégradation (%)</b>
Lignine	9,3	15,4	0
Cellulose	20,0	20,0	40
Hemicellulose	13,4	< 1,0	> 80
Acides gras volatils	4,7	< 1,0	> 90
Protéines	24,9	20,5	50
Teneur MS (g l <sup>-1</sup> )	55,1	33,1	40

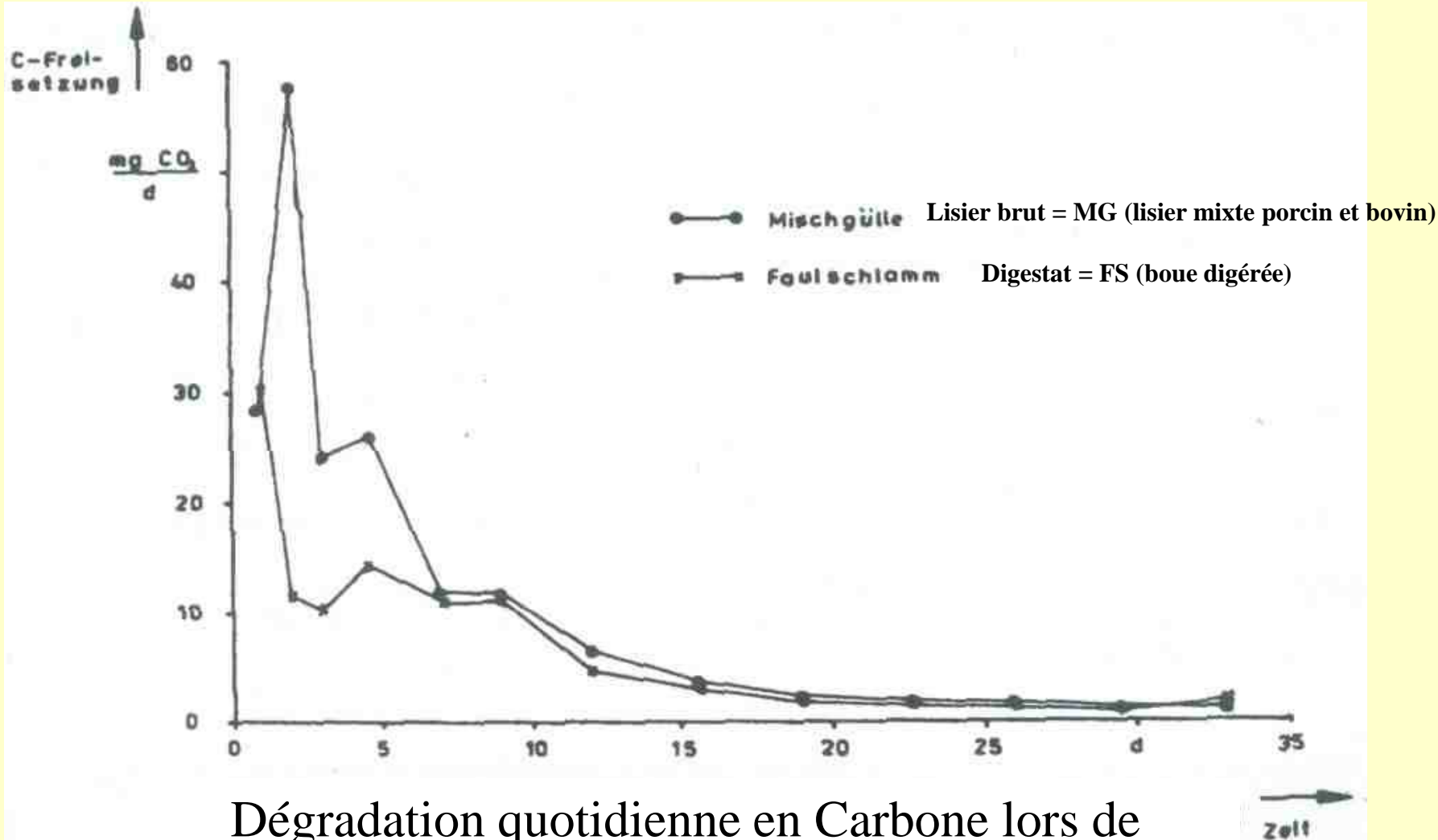
# Effets de la matière organique dans le sol

- Renouvellement et maintien de la teneur en humus
- Renforcement de long terme de la stabilité des agrégats et amélioration de la structure du sol par augmentation de la teneur en humus (stable)
- Augmentation de court terme de la stabilité en agrégats et amélioration de la structure du sol par stimulation des activités microbiennes dans le sol

# Dégradation du carbone pendant la fermentation anaérobie du lisier et après apport au sol (Reinhold et al., 1991)



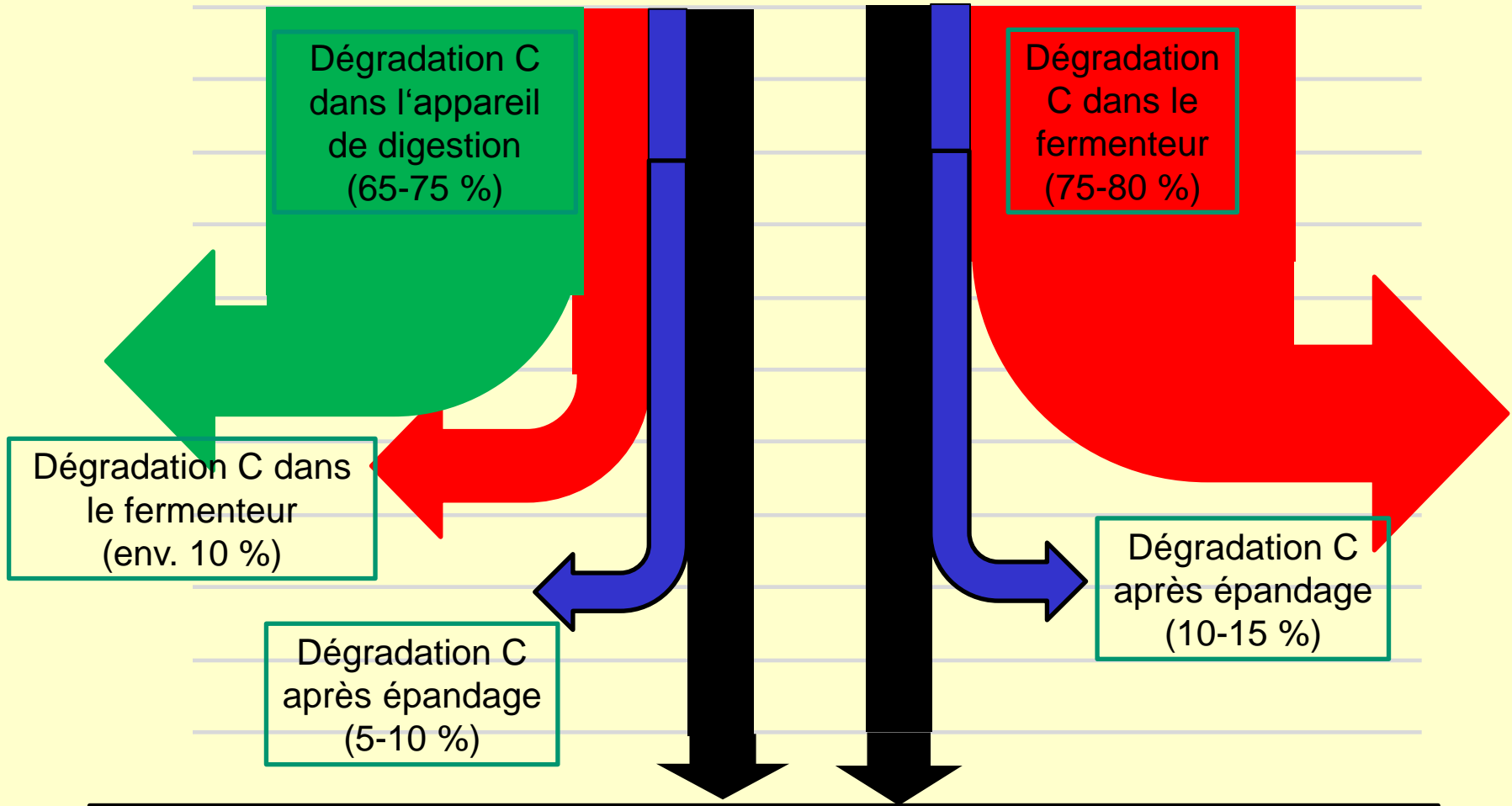
Carbone restant pour la reproduction de la fertilité dans le sol



Dégradation quotidienne en Carbone lors de l'incubation de lisier mixte et de boue digérée

# Dégradation du carbone lors de l'alimentation, digestion anaérobie et après épandage au sol (Thomsen et al. 2013)

Quantité de départ : 100 %

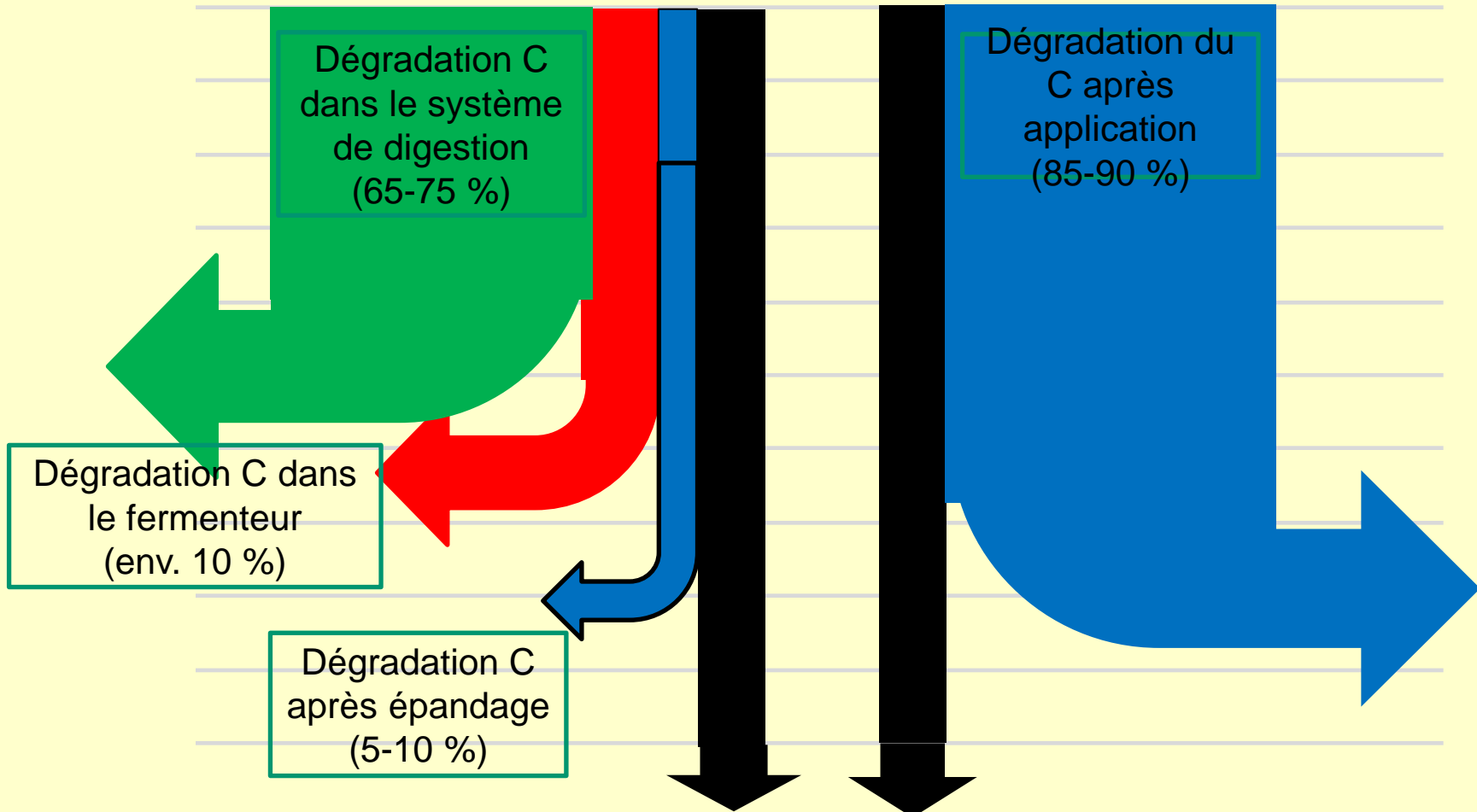


Carbone restant dans le sol pour la reproduction de la fertilité  
du sol : 10-12 %



# Dégradation du carbone lors de l'alimentation, digestion anaérobie et après épandage au sol en comparaison d'un apport direct (Thomsen et al. 2013)

Quantité de départ : 100 %



Carbone restant dans le sol pour la reproduction de la fertilité du sol : 10-12 %

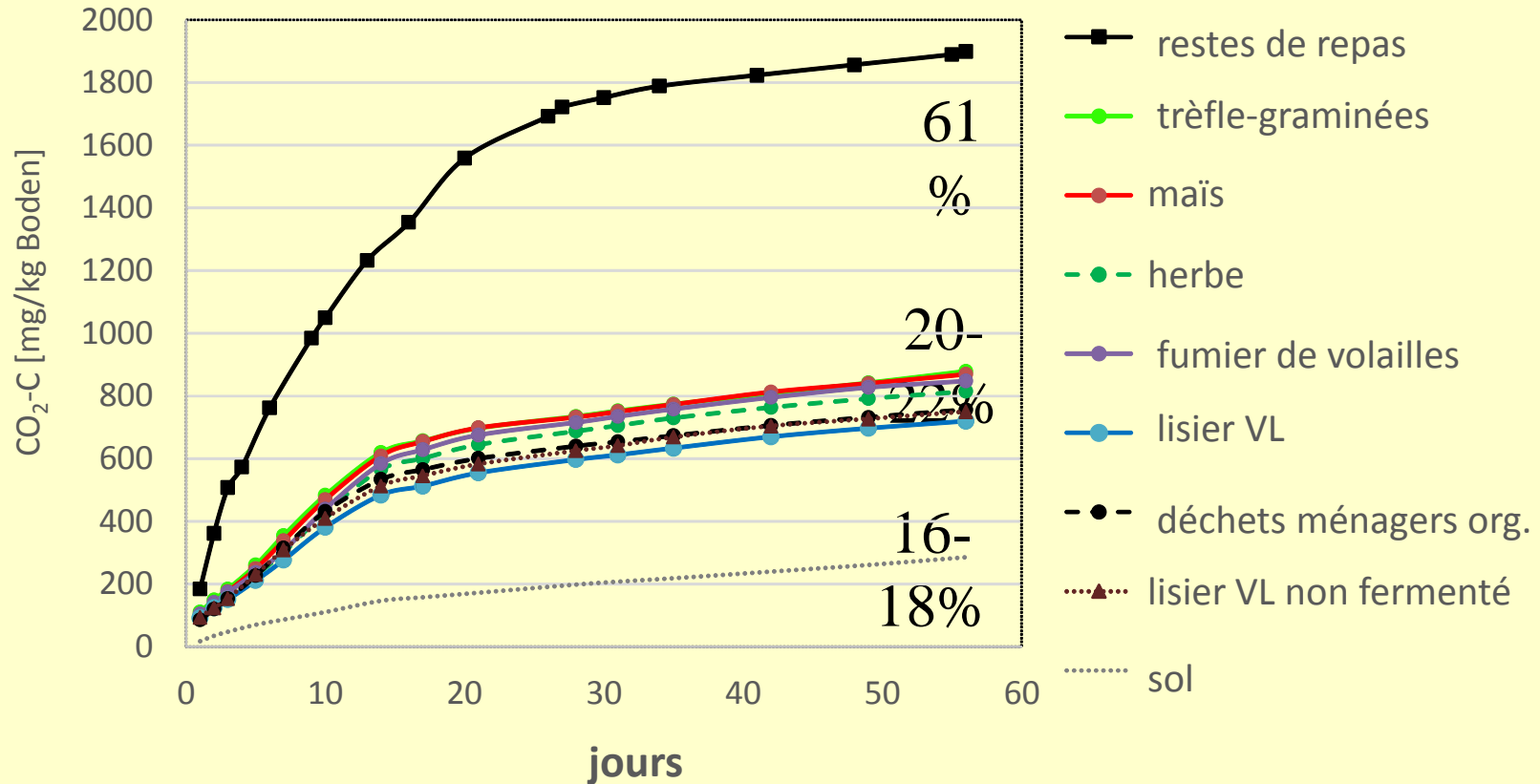


# Stabilité de la dégradation de digestats issus de différents substrats

(Häfner et al., non publié)

Quantité appliquée : 2650 mg C<sub>org</sub>/kg sols

Libération cumulée de CO<sub>2</sub> à 20 °C



# Diminution ou maintien de l'humus avec des digestats en culture de maïs

- „Consommation d'humus“ d'un maïs selon VDLUFA = 560 kg équivalent Humus (Häq) ha<sup>-1</sup>
- Valeur d'enrichissement en humus du digestat :
  - Quantité Max. épandable : 170 kg N ha<sup>-1</sup>
  - „digestat maïs“ type : env. 7,0 % MS et 0,5 % N
  - → quantité épandable maxi : 34 t ha<sup>-1</sup> = 2.380 kg MS
  - Valeur d'enrichissement du digestat selon VDLUFA: 142 kg Häq t<sup>-1</sup> TM
  - → enrichissement global : 338 Häq ha<sup>-1</sup>
- → la valeur humifiante des digestats ne suffit pas selon le calcul à compenser la consommation d'humus par le maïs ensilage !
- Cela vaut toutefois de la même façon pour une exploitation fourragère !
- Les quantités apportées par les engrais organiques sont limitées par le plafond en P !
- Equilibrer les bilans humiques par des systèmes de culture équilibrés = pas de monoculture de maïs !

# Effets sur les propriétés biologiques du sol

- **Les digestats augmentent l'activité microbienne dans le sol** (Alburquerque et al. 2012b; Bachmann et al. 2011, 2014; Galvez et al. 2012; Kautz and Rauber 2007; Lošák et al. 2011; Odlare et al. 2008, 2011; Ross et al. 1989; Schröder et al. 1996; Walsh et al. 2012a, b; Clements 2013)
- **Les digestats augmentent la population en vers de terre du sol** (Elste et al. 2010)
- Toutefois : augmentation de l'activité biologique du sol plus faible que pour des applications directes de substrats non fermentés (Merz 1988; Reinhold et al. 1991; Schröder et al. 1996; Möller 2015)
- Effets sur l'activité biologique du sol le plus souvent constatés seulement pour les surfaces en jachère, mais en règle générale non significatifs pour les surfaces cultivées (Möller 2015)

# Effets sur les caractéristiques physiques du sol

- L'apport de digestat augmente la fertilité du sol par une diminution de la **masse spécifique de sédimentation** et augmentation de la capacité de rétention en eau (Garg et al. 2005; Beni et al. 2012),
- Stabilité des agrégats renforcée (Beck and Brandhuber 2012; Beni et al. 2012; Erhart et al. 2014; Frøseth et al. 2014),



# Effets sur les caractéristiques chimiques : valeur pH

- Biomasse:
  - plus de cations ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , etc.) que d'anions ( $HPO_4^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ , etc.)
    - Comportement du sol : séparation des protons  $\rightarrow$  acidifiant !
    - Comportement du tissu végétal : acides organiques ( $R-CO-COO^-$ )
  - fermentation = dégradation des acides organiques :
    - $R-CO-COO^- + H_2O \rightarrow R-CHO + HCO_3^-$
    - $\rightarrow$  remplacement des acides organiques par du carbonate-C ( $HCO_3^-$ )
  - $\rightarrow$  dans le sol :  $HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow H_2O + CO_2 \rightarrow$  sol : protons tamponnent l'effet
  
- Minéralisation de l'azote organique, ex. urée :
  - $CO(NH_2)_2 + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$
  - $NH_3 + CO_2 + H_2O \leftrightarrow NH_4^+ + HCO_3^-$
  - Dans le sol :  $NH_4^+$  = acidifiant;  $HCO_3^-$  = fait tampon  $\rightarrow$  Somme : neutre !!!
  
- $\rightarrow$  au total : léger effet tampon des protons dans le sol !!!

- Une fermentation de produits organiques augmente entre autre la destruction de la partie du C facilement dégradable du substrat → enrichissement relatif de la matière organique stable
- La valorisation intermédiaire de la biomasse comme fourrage et/ou utilisation pour fermentation anaérobie n'a que peu d'effet sur la teneur en humus du sol → pas d'effet significatif sur les effets de longue durée
- Peu de différences entre digestats de différentes origines pour les effets sur la teneur en humus du sol
- Les digestats améliorent en règle générale les propriétés biologiques, physiques et chimiques d'un site
- Toutefois la fermentation des effluents d'élevage réduit la transformation de substances dans le sol immédiatement après l'apport de digestats → diminution des effets positifs de court terme sur la structure du sol ?
- Les effets potentiels de changements de systèmes de culture sont beaucoup plus significatifs que les effets directs d'apports de digestats (ex. augmentation de la part du maïs dans l'assolement)



Merci pour votre attention !

**EXPÉRIENCES  
PRATIQUES EN  
EPANDAGE DE  
DIGESTAT -  
APPROCHE  
ÉCONOMIQUE**

**Présentation  
par  
David Jäger**

**LTZ  
Augustenberg  
18.5.2017**




# SOMMAIRE

- Présentation du problème
- Présentation de l'entreprise
- Epanchage de digestat par entrepreneurs
- Calcul des coûts
- Succession culturelle
- Discussion



# PRÉSENTATION DU PROBLÈME

## 3 objectifs à atteindre

- **Ecologique**  **protection de l'eau**
- **Economique**  **perte d'éléments nutritifs**
- **Social**  **nuisance des odeurs**



# GROUPEMENT D'EXPLOITATIONS

Betriebsgemeinschaft; LandbauBruchsal GmbH & Co KG  
3 exploitations - 240 ha SAU (ø 2,04ha) – 750 kW puissance  
installation de méthanisation

Quantité digestats épandue par an env. 7.000m<sup>3</sup>

## **Collaboration avec entrepreneur agricole**

Prestation extérieure : épandeuse avec chauffeur, citerne d'alimentation et station de pompage

Intervention propre : tracteur avec conducteur pour citerne d'alimentation

# EPANDAGE DE LISIER/DIGESTAT



**Mike Stuber**  
**Häfnerstr. 35**  
**74343 Sachsenheim-Häfnerhaslach**

# PENDILLARDS





# OUTIL AVEC SABOTS



# INCORPORATION PAR OUTIL À DISQUES



# POURQUOI UN ENTREPRENEUR ?

Conduite de l'épandage par soi même trop cher

Tracteur + citerne très délicat dans les parcelles en pente

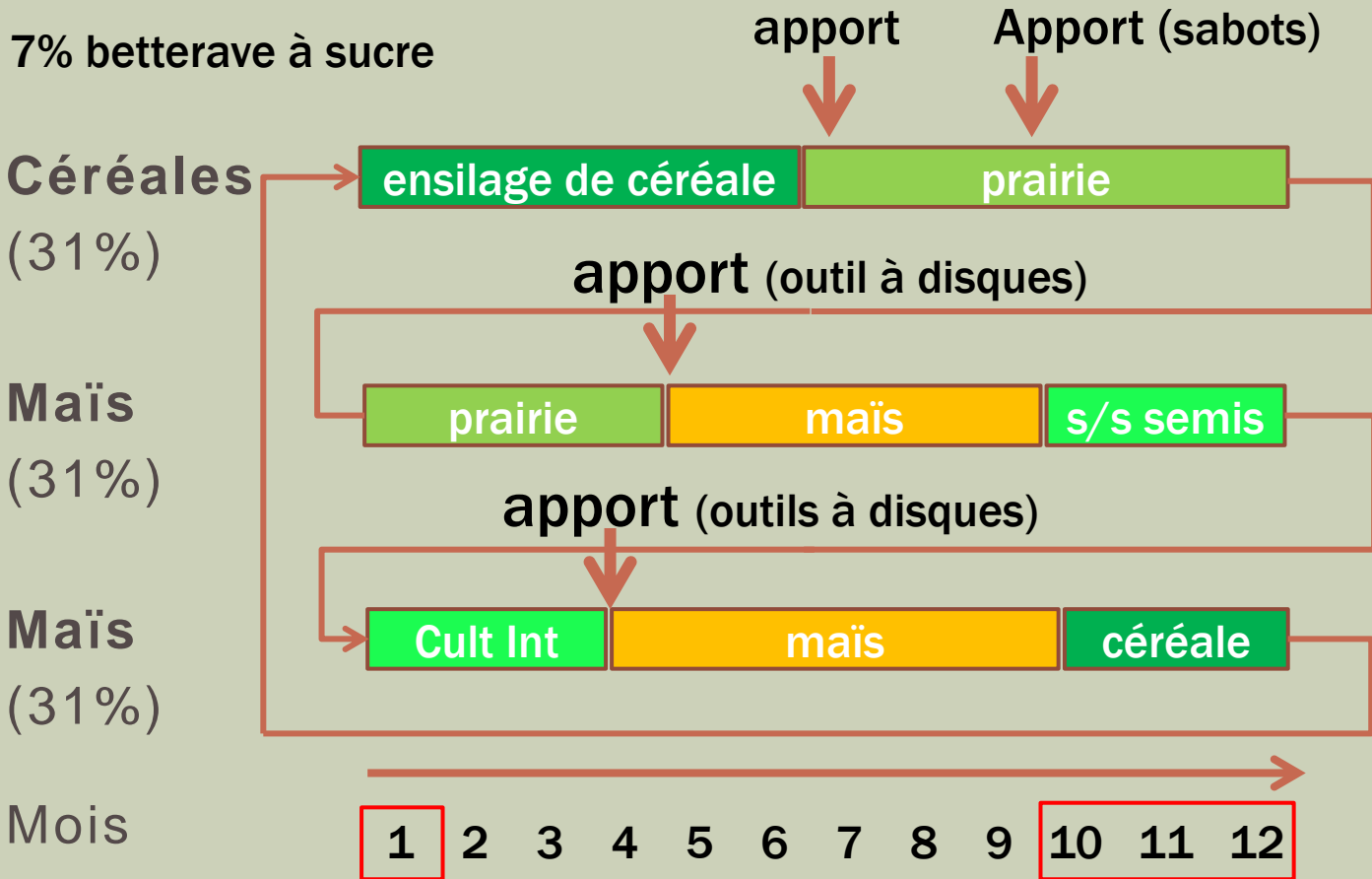
Quantité à épandre quotidiennement de  
 $600\text{m}^3 - 1.000\text{m}^3$



# CALCUL DES COÛTS

Technique [ABB]	Incorporation [6m]	Outil à sabots [12m]	Pendillards [15m]
€ / heure	110	110	110
€ / ha	17	17	-
€ / m <sup>3</sup>	0,8	0,8	0,8
Coût moyen entrepreneur	3,5 €/m <sup>3</sup>	3,0 €/m <sup>3</sup>	2,5 €/m <sup>3</sup>
Tracteur + conducteur	2 - 3 €/m <sup>3</sup> (fonction technique + transport + caractéristiques parcelle)		
diesel + organisation	1,2 €/m <sup>3</sup>	1,0 €/m <sup>3</sup>	0,8 €/m <sup>3</sup>
Somme $\Sigma$	5,3 €/m <sup>3</sup> - 7,7 €/m <sup>3</sup>		

# SUCCESSION CULTURALE



# DISCUSSION



# MERCI BEAUCOUP POUR VOTRE ATTENTION



# Forum Itada

18 mai 2017 – Rheinstetten (D)



Jean Frédéric FRITSCH  
Méthaniseur à Friesenheim (67)





## Mise en route en 2013

### EARL du Kirschweg

#### Caractéristiques de l'installation :

unité de 530 kW

2 cuves de 1500 m<sup>3</sup>

#### Substrats :

- lisier porcs (env. 8 000 m<sup>3</sup>/an)
- déchets de triage de silo
- rafles de maïs
- déchets maïs usine Tereos Syral
- marcs de raisins
- CIVE (sorgho, seigle)



**Environ 9 400 t digestats / an**



# Production de digestat solide

Digestat brut sortie fermenteur = 8-9 % MS

Digestat liquide = 3 % MS

Séparation par pressage puis

séchage à air chaud sur plaques  
Débit séchoir 1 à 2 t/jour



Digestat solide  
= 90 % MS





**Motivations du choix de la séparation :**

- Valorisation thermique (bonus)**
- Économie d'une fosse de stockage**

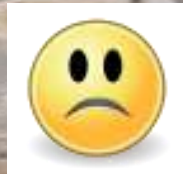
## Aperçu du séchage sur bandes avec la chaleur du digesteur



**épuration  
de l'air**



**NH<sub>4</sub>  
précipité  
rejoint le  
digestat  
liquide**



**Temps  
d'intervention  
maintenance**



# Production de digestat solide

**Caractéristiques** : analyse février 2015

Rapport C/N = 23

N total = 20,9 kg/t MS (seulement 2 %)

$\text{NH}_4^+$  = 0,7 kg/t MS (< 3 % N tot)

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20,4 kg/t MS

K<sub>2</sub>O = 21,6 kg/t

MgO = 4,4 kg/t

Proche  
d'un compost



# Avantages et inconvénients du digestat solide

**Stockage en tas (évite une fosse supplémentaire)**  
**Manipulation aisée mais beaucoup de poussière fine**





# Avantages et inconvénients du digestat solide

Pas de transport d'eau

Prestation  
entrepreneur

Calendrier épandage  
plus large (C/N élevé)





# Avantages et inconvénients du digestat solide

**produit pulvérulent ... beaucoup de poussières**



Épandage sur 460 ha

- 60 ha surfaces exploitation
- 400 ha chez des voisins

Coût moyen équivalent au digestat liquide



## Quelles perspectives ?

**Au total 200 à 300 tonnes /an**

Piste de valorisation comme engrais organique (NPK/2-2-2)

Mais procédure homologation du produit difficile – dissuasive

**Frais de maintenance élevés (encrassage séparateur de phase, usures... et nettoyage équipement de filtration air)**

**Investissement dans la valorisation thermique (eau chaude) pour chauffage porcherie**



**Décision d'abandon de la séparation**

**Projet d'agrandissement : 800 kW**

avec une nouvelle cuve de stockage du digestat brut

**Projet conversion en AB - Reconversion du séchoir**

**Merci de votre attention**







Pour plus d'informations / für weitere Informationen

Hervé Clinkspoor : t. : 0033 (0) 3 89 79 27 65  
[herve.clinkspoor@grandest.chambagri.fr](mailto:herve.clinkspoor@grandest.chambagri.fr)

Jürgen Recknagel: T. : 0049 (0) 7641 957890-10  
[juergen.recknagel@ltz.bwl.de](mailto:juergen.recknagel@ltz.bwl.de)

## Accès / Anfahrsplan

<http://www.ltz-bw.de>

Coordonnées GPS/ Koordinaten: N48° 57' 58.492», O8° 20'8.551

Von der A5 Abfahrt Karlsruhe-Süd der Beschilderung Messe/dm-arena folgen.  
Nach dem Tunnel rechts in den Kutschenweg einbiegen.

A partir de la sortie A5 Karlsruhe-Sud suivre la direction Messe/dm-arena.  
Tourner à droite après le tunnel dans l'allée Kutschenweg

*Une possibilité de voyage en bus est offerte pour les participants alsaciens  
(information sur [www.itada.org](http://www.itada.org) et inscription préalable à [itada@orange.fr](mailto:itada@orange.fr))*

Formulaire d'Inscription / Anmeldeformular online

<http://www.itada.org/francaise/inscription-seminaire.asp>

<http://www.itada.org/deutsch/seminaranmeldung.asp>

**Merci de vous inscrire d'ici le vendredi 12 mai 2017**

**Bitte Anmeldung bis spätestens Freitag, den 12. Mai 2017**

**Coût de la journée (repas inclus) / Teilnehmerbeitrag (mit Essen) = 25 €**  
Paiement le jour même / Bezahlung vor Ort

**Avec traduction simultanée / mit Simultanübersetzung**

**Avec le soutien financier / mit Unterstützung von**



Baden-Württemberg  
MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ

© LTZ et Chambre Agriculture Alsace



## FORUM TRANSFRONTALIER

**« Bien valoriser les digestats de méthanisation  
dans les systèmes de culture du Rhin supérieur »**

**JEUDI 18 MAI 2017**

**D-76287 Rheinstetten-Forchheim**

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

**Kustchenweg 20 (Karlsruhe Süd)**

## GRENZÜBERSCHREITENDES FORUM

**Verwertung von Gärresten in den Anbausystemen  
der Landwirtschaft am Oberrhein**

**DONNERSTAG, 18. MAI 2017**

## Jeudi 18 mai 2017 au LTZ à Rheinstetten (D)

« Bien valoriser les digestats de méthanisation  
dans les systèmes de culture du Rhin supérieur »



## Donnerstag, 18. Mai 2017, LTZ Rheinstetten-Forchheim

Verwertung von Gärresten in den Anbausystemen  
der Landwirtschaft am Oberrhein

### FORUM TRANSFRONTALIER

### GRENZÜBERSCHREITENDES FORUM

**9h30** Mot d'accueil et Introduction : Dr Norbert HABER, Dir. LTZ Augustenberg

**9h45** Réglementation et enjeux du recyclage des digestats de méthanisation

- en Bade Wurtemberg : Anja HECKELMANN (LTZ Augustenberg)
- en Région Grand Est : Aurélie VIGNOT, DREAL Grand Est

**10h30** Epandage des digestats et impacts sur l'environnement ( $N_2O$ ,  $NH_3$ ) :  
enjeux et technologies disponibles  
Dr Reiner RUSER, Université Hohenheim

**11h00-11h20** Pause-café

**11h20** Valorisation agronomique des digestats

- Effets fertilisants en grandes cultures et optimisation : Dr Markus MOKRY (LTZ)
- Que sait-on sur la matière organique des digestats et son comportement dans le sol : Kurt MÖLLER (LTZ)

**12h20** Organisation et coût d'une valorisation en agriculture

- Exemple de digestats bruts en Bade-Nord : Helmut JÄGER (Bruchsal)
- Exemple de digestats solides en Alsace : Jean-Frédéric FRITSCH (Friesenheim)

**12h50** Conclusion : Hubert GOD, syndicat des paysans du pays de Bade (BLHV)

**13h00** Déjeuner sur place (inscription obligatoire)

**14h15** Sur la station du LTZ : présentations commentées d'outils d'épandage :  
Roland METZGER, LTZ et Christophe GINTZ, Chambre Agriculture Alsace

**15h30** Chantier de démonstration d'injection de digestats (sous réserve de la météo)  
Roland METZGER, LTZ

**16h30** Fin de la journée

**09:30** Begrüßung und Einführung Dr. Norbert HABER, LTZ Augustenberg

**09:45** Rahmenbedingungen und Herausforderungen der Gärrestverwertung

- in Baden-Württemberg: Anja HECKELMANN (LTZ Augustenberg)
- in der Région Grand Est: Aurélie VIGNOT (DREAL Grand Est)

**10:30** Ausbringung von Gärresten – Auswirkungen auf die Umwelt ( $N_2O$ ,  $NH_3$ )  
Herausforderungen und verfügbare Lösungen  
Dr. Reiner RUSER (Uni Hohenheim)

**11:00-11:20** Kaffeepause

**11:20** Agronomischer Wert von Gärresten

- Düngewirkung im Ackerbau – Wie lässt sie sich optimieren? Dr. Markus MOKRY (LTZ)
- Was weiß man von der organischen Substanz in Gärresten und deren Verhalten im Boden? Dr. Kurt MÖLLER (LTZ)

**12:20** Organisation und Kosten der landwirtschaftlichen Gärrestverwertung

- Beispiel einer Anlage in Nordbaden: Helmut JÄGER (Bruchsal)
- Beispiel einer Anlage mit Feststoffen im Elsass: Jean-Frédéric FRITSCH (Friesenheim)

**12:50** Schlussfolgerungen Hubert GOD (BLHV)

**13:00** Mittagessen (nach Anmeldung vor Ort)

**14:15** Kommentierte Vorstellung von Ausbringungsgeräten:  
Roland METZGER (LTZ) und Christophe GINTZ (CA Alsace)

**15:30** Vorführung von Geräten zur Injektion von Gärresten in den Boden  
(sofern die Witterungsbedingungen es erlauben)  
Roland METZGER (LTZ)

**16:30** Veranstaltungsende





Digestats de méthanisation

## Bien les épandre pour bien les valoriser

La méthanisation produit des digestats qui constituent autant de matières fertilisantes stabilisées et inodorantes propices à une bonne valorisation dans les sols cultivés. Comment optimiser les effets fertilisants de ces digestats, réduire l'impact environnemental des épandages ? Autant de questions qui ont été abordées lors du dernier forum transfrontalier organisé par l'Institut transfrontalier d'application et de développement agricole.

« Bien valoriser les digestats de méthanisation dans les systèmes de culture du Rhin supérieur ». Tel était le thème du forum organisé par l'Institut transfrontalier d'application et de développement agricole (Iaad), en partenariat avec le Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), la Chambre d'agriculture d'Alsace et les régions Grand Est et Bade-Wurtemberg. Car s'il n'est plus guère à prouver que les digestats issus du processus de méthanisation présentent des propriétés fertilisantes intéressantes, des incertitudes demeurent sur les meilleures modalités d'apport de ces digestats au sol à la fois pour maximiser leurs effets agronomiques et réduire les effets connexes sur la qualité des eaux souterraines, l'atmosphère et les sols.

### En Allemagne : un décret pour inciter à l'injection

C'est pour limiter ces effets et inciter à l'injection des digestats dans le sol afin de réduire les émissions d'ammoniac dans l'atmosphère qu'un nouveau décret encadrant l'épandage des digestats issus de la méthanisation est entre en vigueur récemment dans le Bade-Wurtemberg. Il stipule notamment que les épandages de digestats liquides et solides ne devront pas représenter un apport d'azote de plus de 170 kg N/ha/an. Il est cependant possible de demander une dérogation pour l'épandage de digestats provenant de l'exploitation d'une installation de méthanisation sur des surfaces de cultures et prairies. Cette dérogation doit être renouvelée chaque année.

En outre, le décret comprend des interdictions générales d'apports, considérant que le sol n'est pas en capacité de recevoir un épandage, s'il est submergé, saturé d'eau, gelé ou couvert de neige. Le décret instaure en outre un nouveau calendrier d'interdiction d'épandage. Il est désormais interdit d'épandre des digestats à partir de la récolte de la dernière culture principale jusqu'au 31 janvier de l'année suivante. Et, pour les prairies permanentes et les prairies temporaires pluriannuelles du 1<sup>er</sup> novembre au 31 janvier de l'année suivante. Avec certaines exceptions. Le décret instaure aussi de nouvelles règles d'épandage, la principale étant l'obligation d'incorporation des digestats sur les parcelles sans couvert végétal, au plus tard dans les 4 heures après le début de l'épandage. Dès lors, une série de matériels d'épandage sont désormais interdits. Les agriculteurs doivent recourir à des systèmes de pendillards, d'injection ou de sabots. Pour des raisons de sécurité (terrains en pente), les Länder peuvent cependant autoriser d'autres techniques, à condition qu'elles conduisent à des émissions en ammoniac comparables à l'injection.

### En France : de déchet à matière fertilisante

En France, les méthaniseurs sont des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Elles sont différenciées en fonction de ce qui y est méthanisé, et en quelle quantité, les soumettant à des régimes administratifs plus ou moins contraignants. Le régime de l'autorisation comprend une étude d'impact, une enquête publique, la consultation d'organismes spécialisés. Le régime déclaratif

des sols, que l'engrais soit organique ou minéral. L'agriculture est également une activité humaine responsable d'une part importante des émissions de NH<sub>3</sub> dans l'atmosphère. L'ammoniac se transforme en ammonium, en sels d'ammonium sous forme de rosols qui peuvent circuler très loin, et provoquer des effets toxiques sur la peau, les yeux (à fortes doses), former des particules fines qui se redéposent entraînant une pollution des eaux de surface et souterraines... Selon les pratiques, les pertes de NH<sub>3</sub> après application de digestats peuvent représenter de 7 à 46% de l'azote total.

Il est donc possible - et souhaitable - de mettre en œuvre des mesures pour réduire ces émissions. Reiner Ruser en a développé certaines, comme l'utilisation d'un inhibiteur de nitrification, qui permet de réduire les émissions de N<sub>2</sub>O, de l'ordre de 18% pour l'instant, et certainement davantage à l'avenir. Autre levier d'action : l'incorporation rapide du digestat puisque les émissions augmentent fortement 4 h après l'application. En outre, l'acidification de l'urine liquide, digestats des digestats, permettrait de réduire les émissions d'ammoniac, non sans quelques contreparties olfactives et en matière de sécurité au travail puisque l'opération nécessite d'équiper



L'injection du digestat permet de réduire efficacement les émissions de NH<sub>3</sub>. Pour réduire également les émissions de N<sub>2</sub>O, il s'agit d'utiliser un inhibiteur de nitrification. © Bérengère de Butler

l'avant du tracteur d'une cuve d'acide sulfurique concentré.

Reiner Ruser a également cité une étude utilisant des bactéries homofermentatives (contenues dans un stabilisateur densilage) provoquant une fermentation lactique, donc une baisse du pH. À la clé, une réduction des émissions d'ammoniac, mais moins de celles de N<sub>2</sub>O. Une autre piste envisageable afin de réduire les émissions de GES consiste en une séparation des phases solide et liquide. « Ce n'est pas forcément recommandé car il y a de fortes émissions d'NH<sub>3</sub> lors de la phase de séchage du digestat solide », constate Reiner Ruser. En conclusion, l'utilisation d'un

inhibiteur de nitrification s'avère efficace surtout sur le N<sub>2</sub>O, l'injection est efficace sur NH<sub>3</sub> mais pas sur N<sub>2</sub>O. La combinaison de l'utilisation d'un inhibiteur de nitrification et de l'injection permet de réduire les émissions des deux GES. L'acidification est probante sur NH<sub>3</sub> mais pas sur N<sub>2</sub>O. L'acidification homofermentative est efficace sur NH<sub>3</sub> mais n'a pas d'effet sur N<sub>2</sub>O. Enfin, la séparation de phase n'appartient pas comme une solution permettant de réduire les émissions de NH<sub>3</sub>. Dans une prochaine partie, nous aborderons la valorisation agronomique des digestats.

Bérengère de Butler

Une étude préalable à l'épandage doit donc être effectuée, avec une carte au 1/25 000<sup>e</sup> des parcelles, les éléments qui démontrent le respect de la réglementation relative aux nitrates d'origine agricole, les quantités totales d'azote apportées par parcelle toutes origines confondues, l'analyse des éléments traces, l'intérêt agronomique des digestats grâce à leur analyse chimique, la caractérisation des sols, les doses de digestats à épandre selon les cultures, les modalités techniques de réalisation de l'épandage, l'adéquation entre les surfaces à épandre et la quantité de digestats produite, l'identité des prêteurs de terres, des contrats écrits entre le producteur et les prêteurs de terre précisant les engagements de chacun, un programme prévisionnel d'épandage, un cahier d'épandage... Une somme de données qui doit permettre d'éviter la superposition de plan d'épandage et une pollution liée à une surfertilisation. Actuellement, un projet d'arrêté ministériel est en cours de élaboration afin de définir un cahier des charges permettant la mise sur le marché et l'utilisation de digestats en tant que matières fertilisantes afin de faciliter leur valorisation. Cet arrêté ne concernera que les digestats agricoles. Il dispensera du plan d'épandage, mais pas du plan de fumure. La traçabilité des matières entrantes et sortantes sera exigée, tout comme un système de gestion de la qualité de la fabrication, l'analyse de l'innocuité des lots de digestats produits, l'étiquetage des produits. Leur usage sera limité, il sera notamment interdit en culture maraîchère. « Toute modification d'utilisation du méthaniseur devra être signifiée au préfet, au risque d'une mise en demeure ou d'une sanction. »

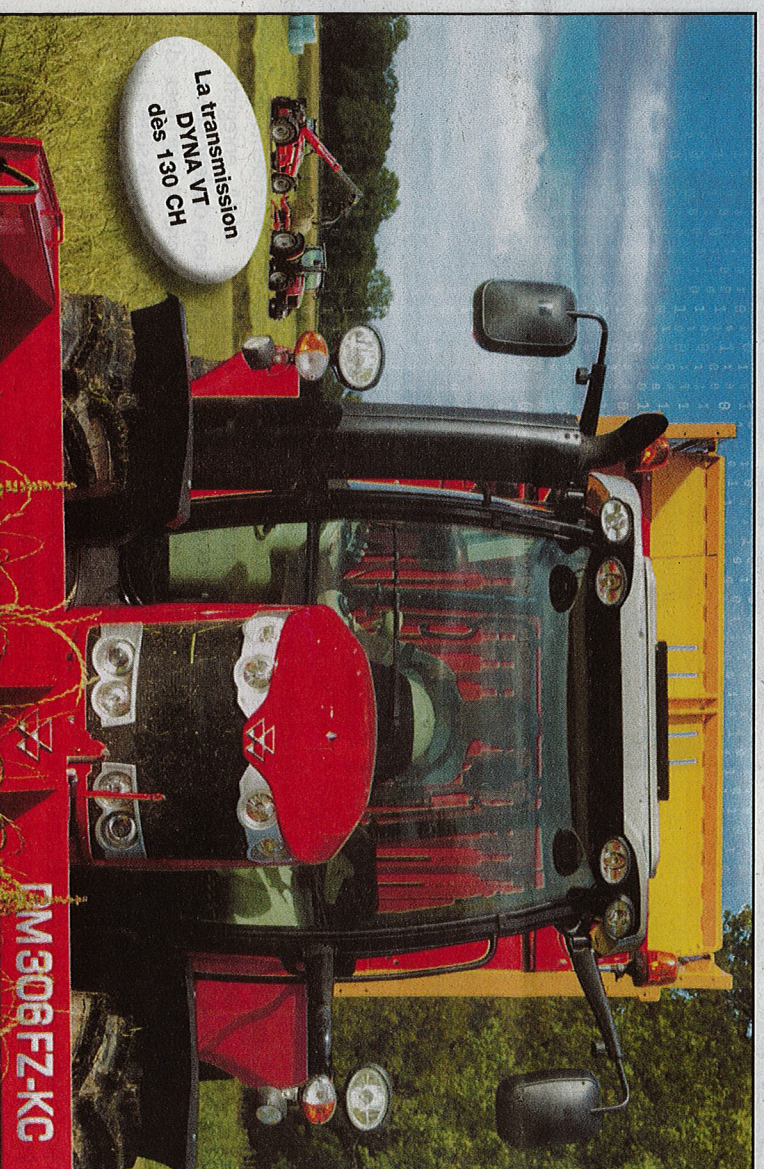
### Réduire les émissions de GES

Ces réglementations encadrant le devenir des digestats s'inscrivent dans le cadre d'une tentative de réduction de l'impact des pratiques agricoles sur le climat. Reiner Ruser, de l'Université Hohenheim, a rappelé que la teneur en protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) dans l'atmosphère a augmenté de manière exponentielle ces 150 dernières années. Les sources anthropogènes représentent un tiers des émissions, et 50% des sources anthropogènes sont issues des surfaces agricoles, notamment via le processus de nitrification et de dénitrification. Et la fertilisation azotée, par différents processus chimiques, augmente significativement l'émission de N<sub>2</sub>O par

## UNE MANOEVRABILITÉ ET DES PERFORMANCES INÉGALÉES.

W W W . M A S S E Y F E R G U S O N . C O M / M F 6 7 0 0 S

POUR UNE NOUVELLE GÉNÉRATION  
PAR MASSEY FERGUSON



Vos concessionnaires pour l'Alsace

### BAEHREL-AGRI

67520 Marlenheim  
67670 Mommenheim  
67250 Soultz/s/Forêts  
68127 Ste-Croix-en-Plaine  
68640 Muespach-le-Haut

Tél. 03 88 87 74 74  
Tél. 03 88 51 60 28  
Tél. 03 88 54 50 90  
Tél. 03 89 22 23 70  
Tél. 03 89 68 62 13

### FRUMHOLTZ-KEIME

57400 Sarrebourg  
Tél. 03 87 23 89 50  
57720 Epping  
Tél. 03 87 96 70 47

### Ets DICKELI

67810 Holtzheim  
Tél. 03 88 78 09 96

Demandez une démonstration chez Baehrel Agri



Digestats de méthanisation

# Bien les épandre pour bien les valoriser

La méthanisation produit des digestats qui constituent autant de matières fertilisantes stabilisées et inodorantes propices à une bonne valorisation dans les sols cultivés. Comment optimiser les effets fertilisants de ces digestats, réduire l'impact environnemental des épandages ? Autant de questions qui ont été abordées lors du dernier forum transfrontalier organisé par l'Institut transfrontalier d'application et de développement agronomique (Itada).

L'efficience de la fertilisation azotée est, en moyenne, inférieure à 50%. Et l'excédent d'azote apporté aux cultures est estimé à environ 80 kg/ha/an. C'est par ces deux constats percutants que le docteur Markus Mokry, du Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), a débuté son intervention sur la valorisation agromatique des digestats et l'optimisation de leurs effets fertilisants en grandes cultures, et notamment en maïs. La valeur moyenne des digestats en phase liquide laisse apparaître une offre en éléments nutritifs solubles de 51 kg N/m<sup>3</sup>, dont 60 à 70% sous forme NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et de 16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>, dont 60 à 70% de phosphates solubles. De quoi laisser présumer d'une bonne efficacité sur le rendement. Sauf que les pertes en azote peuvent être très élevées lors de l'application. Et que la disponibilité en phosphore n'est pas toujours optimale, notamment lors du stade juvénile du maïs. Douçoulin et de tester des systèmes de fertilisation alternatifs, afin d'améliorer l'efficience de ces apports.

## Des économies de fertilisants minéraux en perspective

Pour une application en surface, aucune différence notable n'a été mise en évidence entre le lisier et le digestat liquide. L'utilisation d'un stabilisateur d'ammonium n'a pas eu d'effet significatif et l'efficacité azotée plafonne à 50% pour toutes les modalités. Par contre, l'apport de digestat liquide avec injection sous forme d'un dépôt localisé avec un stabilisateur semble procurer à la plante davantage d'éléments car le rendement est amélioré et l'efficience azotée passe à 60-70%. L'injection sous forme d'un dépôt localisé apparaît donc clairement plus favorable à la valorisation de l'azote. Pour ce qui est du phosphore, le dépôt localisé semble également avoir un effet positif. « L'immobilisation du phosphore serait moins élevée et l'offre en phosphate soluble restait donc plus élevée jusqu'à la récolte », avance Markus Mokry.

En conclusion, l'effet fertilisant en azote et en phosphore de digestats liquides est comparable à celui du lisier de porc. Dans tous les essais, les rendements en plante entière de maïs ont été identiques ou légèrement supérieurs pour le dépôt localisé avec apports réduits en azote et en phosphore à une application en pleine surface avec des apports plus élevés. L'efficience en azote, mais aussi en phosphore a été significativement plus élevée avec un dépôt localisé qu'avec un épandage en pleine surface. Une économie en fertilisants minéraux est donc possible. Pour cela, il s'agit de calculer le besoin en fertilisant en fonction du lieu. Et d'effectuer les applications à la bonne date. « Une fertilisation en dépôt localisé est aujourd'hui considérée écologiquement plus performante et économiquement équivalente à une application en surface », affirme Markus Mokry.



Tant qu'on ne brûle pas la biomasse, la performance de production humrique reste à peu près la même, quelle soit fermentée ou pas. © Bérengère de Butler

## Méthanisation, matière organique et fertilité des sols

Que sait-on de la matière organique contenue dans les digestats et de leur comportement dans le sol ? C'est à cette question que Kurt Möller, du Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), a apporté quelques éléments de réponse. Durant le processus de méthanisation, la matière organique contenue dans le substrat se dégrade, avec la minéralisation de nombreux éléments nutritifs, notamment azote et phosphore. Le taux de dégradation de la matière organique serait de 30 à 90% en fonction des substrats, et la part dégradée ne serait donc plus disponible pour le maintien à long terme de la fertilité du sol. La fermentation anaérobie pourrait donc avoir, à long terme, un impact négatif sur la fertilité du sol. En effet, rappellons que la matière organique du sol joue un rôle important dans le renouvellement et le maintien de l'humus du sol, sa structure, la stabilité des agrégats, la stimulation de l'activité microbienne...

Pour vérifier cette hypothèse, Kurt Möller a détaillé comment la matière organique évolue au

cours du processus de méthanisation. La comparaison de la composition de lisier de porc, fermenté ou non, révèle qu'il n'y a pas de dégradation de la lignine pendant le processus. Les bactéries en jeu existaient avant le bois et ne disposent donc pas de matériel génétique nécessaire à la dégradation de la lignine, explique Kurt Möller. À l'inverse, 40% de la cellulose est dégradée. Ce qui reste est la part enrobée de lignine, donc protégée de l'action des bactéries. L'hémicellulose, les acides gras volatils sont presque totalement dégradés. Les protéines sont en partie dégradées et transformées de protéines végétales à protéines animales.

## 10 à 12% du carbone disponible pour former de l'humus

La comparaison entre du lisier épandu après une incubation seule ou après méthanisation et production de biogaz et incubation montre que la proportion de carbone restant pour entretenir la fertilité du sol est à peu près la même, de l'ordre de 60%. Une autre étude, réalisée au Danemark, visait à comparer le devenir du carbone contenu dans de la biomasse après passage dans le tube digestif des ruminants, puis dans un fermenteur puis après épandage, au devenir du carbone contenu dans de la biomasse après fermentation dans un digesteur et épandage. Dans les deux cas, 10 à 12% du carbone de départ restent disponibles pour former de l'humus. « Des résultats qui démontrent que, tant qu'on ne brûle pas la biomasse, la performance de production humrique reste à peu près la même », résume Kurt Möller.

Reste que Kurt Müller a mis en évidence que la valeur humifiante des digestats ne suffit pas à compenser la consommation d'humus par le maïs ensilage. « Le bilan humique doit donc être préservé par la rotation, en conduit-il. Car cela ne peut pas se faire qu'avec la fertilisation organique, quelle soit fermentée ou pas, parce que du fait de la teneur élevée en phosphore des digestats et des plats à respecter, il ne serait possible de couvrir que 20% des besoins en azote. »



L'injection sous forme d'un dépôt localisé apparaît plus favorable à la valorisation de l'azote et du phosphore. © Itada

**Des effets sur la fertilité biologique et physique**  
Au-delà des effets sur la fertilité chimique des sols, les digestats ont des effets sur leurs propriétés biologiques. « De nombreuses études montrent que leur application induit une augmentation de l'activité microbienne et des vers de terre », rapporte Kurt Müller. Toutefois, l'augmentation de l'activité biologique du sol suite à l'apport de digestat serait plus faible que suite à l'application de substrats non fermentés. Et cela serait plus vrai sous jachère que sous culture. D'autres études montrent que l'apport de digestat augmente la fertilité du sol par une diminution de la masse spécifique de sédimentation, une augmentation de la capacité de rétention en eau et de la stabilité des agrégats. Enfin, les digestats ne sauveront pas acidifiants en tant que tels, ils auraient même plutôt un effet tampon dans le sol, avance Kurt Müller.

En conclusion, il apparaît que la fermentation de produits organiques augmente la dégradation du carbone sous forme facilement dégradable du substrat, donc un enrichissement relatif en matière organique stable. La valorisation intermédiaire de la biomasse comme fourrage, ou son utilisation pour la fermentation anaérobie, n'a que peu d'effet sur la teneur en humus du sol donc. En outre, il y a peu de différences entre des digestats de différentes origines quant à leurs effets sur la teneur en humus du sol. Les digestats améliorent les propriétés biologiques, physiques et chimiques d'un site. Toutefois, la fermentation des effluents délégués réduirait la transformation de substances dans le sol immédiatement après l'apport de digestats, d'où une possible diminution des effets positifs de court terme sur la structure du sol. Quoi qu'il en soit, les effets des changements de systèmes de culture apparaissent beaucoup plus significatifs que les effets des apports de digestats.



# Das Dilemma mit Lachgas und Ammoniak

Die Verwertung von Gülle und Gärresten unter den Bedingungen der neuen Düngegesetzgebung stand im Mittelpunkt einer ITADA-Veranstaltung. Am 18. Mai trafen sich Experten aus Baden-Württemberg und dem Elsass beim Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ).

Die Düngeverordnung sieht vor, dass Biogas-Gärreste der Tierhaltungsgülle gleichgestellt werden, und setzt zulässige Obergrenzen herab. In der Veranstaltung wurden Wege zur Verminderung von Ammoniak und Lachgas aufgezeigt, den wichtigsten Schadstoffen in den Wirtschaftsdüngern. Das ist allerdings ziemlich teuer.

## Deckelung der Nährstoffmenge

Bedeutsam sind die Obergrenzen der Nährstoffsalden bei Phosphat (P) und Stickstoff (N). Die Stickstoffzufuhr darf ab 2018 die Abfuhr pro Jahr um nicht mehr als 50 kg/ha überschreiten, dieses Jahr sind es noch 60 kg/ha. Beim Phosphat ist nur noch ein Bilanzüberschuss von jährlich 10 kg/ha erlaubt, in diesem Jahr sind es noch 20 kg/ha.

Nach Einschätzung von Dr. Markus Mokry vom LTZ wird durch diese Absenkung das Phosphat wohl der begrenzende Faktor sein für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger und nicht mehr, wie bisher, der Stickstoff.

Unabhängig vom Nährstoffentzug gilt, dass die jährlich ausgebrachte N-Gesamtmenge aus organischen und organisch-mineralischen Düngern 170 kg/ha nicht überschreiten darf. Ausnahmen bis maximal 230 kg N/ha in jährlicher Absprache mit der Agrarverwaltung sind nicht ausgeschlossen, sobald mit der EU eine Regelung (Derogation) getroffen ist.

Auch bei der Ausbringung gibt es Veränderungen: Die Sperrfristen für Ackerflächen werden schon nach der Ernte der letzten Hauptfrucht beginnen. Als Ausnahme dürfen bis 15. September gesäter Wintererbsen, Feldfutter und Zwischenfrüchte und bis 1. Oktober gesäte Wintergerste bis 1. Oktober gedüngt werden. Auf blankem, unbewachsenem Boden müs-

sen die Wirtschaftsdünger unverzüglich, spätestens innerhalb von vier Stunden eingearbeitet sein.

## Drei Jahre Galgenfrist

Dazu merkte Mokry an, dass die Düngeverordnung in absehbarer Zeit auch bei der Ausbringungstechnik erhebliche Einschränkungen vorsieht: Ab 2020 wird die breitflächige Ausbringung von Gülle und Gärresten auf Äckern nicht mehr erlaubt sein, auf denen Kulturpflanzen stehen, sondern nur noch die streifenförmige Ausbringung durch Schleppschuh, Injektion oder auch Schleppschlauch.

Ab dem 1. Februar 2025 wird das auch für Grünland- und Feldfutterflächen gelten. Allerdings kann nach Einschätzung von Mokry auch der Schleppschlauch wegen seiner hohen Verlustrate beim Stickstoff als überholt gelten. Somit zählen nur noch der Schleppschuh und die Injektion zu den zukunftssicheren Ausbringinstrumenten in stehenden Beständen.

## Lachgas

Dr. Reiner Ruser von der Universität Hohenheim befasste sich mit den Umweltauswirkungen von Gülle und Gärresten, wobei er sich auf Emissionen von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) konzentrierte.

Lachgas ist ein Nebenprodukt der Nitrifikation und entsteht, wenn Nitrosomas-Bodenbakterien das Ammonium ( $\text{NH}_4$ ) der Wirtschaftsdünger in Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) umwandeln. Einerseits steigt die Lachgasproduktion vor allem dort an, wo Böden zu nass und sauerstoffarm sind. Daher neigen schwere, tonige Böden stärker zur Lachgasbildung als Sandböden. Sind andererseits die Böden zu trocken,



Bilder: von Kobylinski

Dr. Markus Mokry (Mi.), Experte für Pflanzenernährung am LTZ Augustenberg, bei den Feldvorführungen. Links: Roland Metzger, beim LTZ zuständig für Gerätetechnik; rechts: eine Dolmetscherin.

fördert das die Bildung von Ammoniak, das direkt aus dem Ammonium vergast. Das gilt vor allem bei hohen Temperaturen, hohem pH-Wert und insbesondere bei fehlender Einarbeitung.

## Ammoniak

Auch die Ausgasung von Ammoniak in die Luft bleibt nicht folgenlos: Die Substanz verbindet sich mit Schwefelsäure oder Salpeter (das aus den Stickoxiden der Verbrennungsmotoren stammt) und bildet daraus Feinstaubteilchen (Aerosole). Bis zu 90 Prozent des Ammonium-Stickstoffes können vier Tage nach Ausbringung der Wirtschaftsdünger über die Ammoniak-Freisetzung verloren gehen.

Das Dilemma beim Schutz der Atmosphäre vor stickstoffhaltigen Schadgasen aus der Düngung besteht darin, dass die Verringerung von Ammoniakemissionen die Ausgasung von Lachgas wenig positiv beeinflussen oder sogar erhöhen kann und umgekehrt.

Ein Lösungsansatz, der noch wenig praxistauglich ist, ist die Zugabe von Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) zur Gülle. Sie führt zu Korrosion an den Ausbringgeräten und ist im Umgang sehr gefährlich, da extrem ätzend. Die Absenkung des pH-Wertes mit Schwefelsäure vermindert die Ammoniakfreisetzung, lässt dafür aber die Lachgasentwicklung unbeeinflusst. Ähnliche Ergebnisse erbrachte bisher auch der

Versuchs-Einsatz des Silierhilfsmittels Bio-Sil: Die Untermischung des Bakterienpräparats gemeinsam mit Melasse (Zucker) erscheint in der Praxis realisierbar. Auch diese Ansäuerung der Gülle mit Milchsäure reduziert den Ammoniakausstoß deutlich.

Die Milchsäure beeinträchtigt jedoch die Wachsfreudigkeit von Pflanzen, wie Fachleute aus Baden-Württemberg in Laborversuchen mit Kresseansaat herausgefunden haben. Ob sich dieser bedenkliche Befund auch auf Praxisbedingungen übertragen lässt, wollen mehrere Forscher noch in Versuchen mit praxisüblicher Grünlandvegetation überprüfen.

Auch die Kosten des BioSil- und Zuckerzusatzes werfen noch Fragen auf. Rund 30 kg BioSil plus eine entsprechende Zuckermenge (Melasse) werden für einen Kubikmeter Gülle benötigt.

## Nitrifikationshemmer und Depot-Injektion

Die widersprüchliche Reaktion von Ammoniak und Lachgas auf Maßnahmen zur Emissionsminderung waren Anlass für zahlreiche Versuchsreihen, die Mokry und Ruser bei der LTZ-Veranstaltung vorstellten. Es konnte nachgewiesen werden, dass Emissionen von  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$  mittels einer Kombination von Chemie und Ausbringmechanik in den Griff zu bekommen sind. Der erste Schritt ist dabei der Einsatz von Nitrifikati-

onshemmern (Nitrifikations-Inhibitoren = NI), die die Umsetzung des Ammonium-Stickstoffs in Nitrat abbremsen. NI-Mittel wie DMPP unterbinden die Vermehrung von Nitrosomas-Bakterien, die für die Umwandlung des stabilen Ammonium-Stickstoffs in den bodenbeweglichen und verlustanfälligen Nitrat-Stickstoff sorgen. Zusätzlich wird mit deren Hemmung auch die Lachgasbildung abgedämpft. Bisher allerdings fielen die Effekte durch NI-Mittel von Jahr zu Jahr unterschiedlich aus, auch in der Ertragswirkung. Die eigentliche Wirksamkeit stellte sich laut Mokry erst über die Depot-Ausbringung mit dem Zinkeninjektor ein. Diese Methode bedeutet gleichzeitig eine Abkehr von der bisher üblichen, flächendeckenden Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Der feststehende Injektionszinken hinterlässt in 15 bis 20 cm Bodentiefe ein strangförmiges Depot aus Gülle oder Gärrest, das zwischen zwei Pflanzenreihen platziert wird, entweder vor oder (kurz) nach der Saat. Versuche, bei denen bei Mais nur in jeden

zweiten Reihenzwischenraum injiziert wurde, zeigten ebenso Erfolg.

Deutlich wurde, dass bei der strangförmigen Injektion die Emission von Lachgas durch Zugabe von NI auf den halben Wert gesenkt werden konnte und mit der Einarbeitung in den Boden die Emission von Ammoniakgas nahezu unterbunden werden konnte. Bodenschnittbilder zeigten, dass die Pflanzenwurzeln in Richtung des Depots wachsen und den Nährstoffstrang dicht umgeben, ohne in ihn hineinzuwachsen. Eine Auswaschung findet nicht statt.

Mokry stellte bei dieser Ausbringung von Gülle/Gärresten auch fest, dass damit neben den Stickstoff- auch Phosphat-Effekte erzielt werden. Vergleichsversuche der Unterflur-Depotbildung (Uf-Depot) per Injektion mit der bisherigen, flächigen Ausbringung zeigten, dass mit einem Depot die Phosphateffizienz und die Erträge stiegen. Mokry folgert daraus, dass mithilfe der Uf-Depots auch Einsparungen bei der Düngermenge möglich sind. Ebenso sind auch Einsparungen bei den Gaben von Gülle/Gärrest möglich – aus Sicht des LTZ-Experten ein erheblicher Beitrag zur Umweltentlastung.

### Kosten kritisiert

Hubert God vom BLHV Freiburg erläuterte, dass die neuen Anforderungen an die Ausbringtechnik für Gülle und Gärreste bei den Landwirten erhebliche zusätzliche Kosten verursachen



Ein Unterfuß-Gärrestdepot in 15 cm Bodentiefe

Ammoniak und Lachgas reagieren unterschiedlich		
Maßnahme	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Lachgas (N <sub>2</sub> O)
Nitrifikationshemmstoff	- / ↗	↓ -20 bis -40 %
Injektion	↓ bis -90 %	↑ ↑
Injektion + NI	↓ bis -90 %	↓ -50 %
Ansäuerung mit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	↓ bis -67 %	±0 %
Ansäuern mit homofermentativen MOs	↓ bis -50 %	±0 %
Separierung	↑ Feststoffbehandlung	±0 %

Quelle: ITADA, 18.5.2017

werden. In seiner Stellungnahme bei der LTZ-Veranstaltung machte er darauf aufmerksam, dass die Stickstoff-Belastungssituation in Deutschland regional unterschiedlich hoch ist, die aktuellen gesetzlichen Beschränkungen aber grundsätzlich flächendeckend wirksam werden. In Frankreich hingegen finde eine Umsetzung nur in nitratsensiblen Gebieten statt.

God stellte klar, dass durch die effektive Reduzierung der ausgebrachten Wirtschaftsdüngermenge je Hektar einige Biogasbetriebe und intensive Viehhaltungsbetriebe mehr Fläche für das gleiche Gärrest- oder Gülleaufkommen benötigten. Er monierte die generelle Dokumentationsverpflichtung in der geplanten Stoffstrombilanz für diejenigen, die Wirtschaftsdünger überbetrieblich beziehen. Die Regelung könnte sich zu einem echten Hindernis entwickeln, weil damit auch solchen Betrieben ein hoher bürokratischer Aufwand aberlangt wird, die unter der 20-Hektar-Freigrenze liegen und weniger als 2,5 GV/ha halten. Außerdem hätten die Mechanisierungsbei-

spiele bei der Veranstaltung gezeigt, dass die Investition in die vorgestellte Ausbringtechnik selbst für größere Betriebe wirtschaftlich nicht tragbar sei.

Als Beispiel für eine überbetriebliche Gülleausbringung diente die Betriebsgemeinschaft Landbau Bruchsal, die auf der Veranstaltung von Landwirt David Jäger vorgestellt wurde. Der Betrieb hat eine 750-kW-Biogasanlage; es werden 240 ha Acker bewirtschaftet. Ein Selbstfahrer zur Gärrestausrückführung erwies sich als zu teuer. Andererseits aber ist der Einsatz mit einem großen Güllefass und einem Traktor in den Hanglagen problematisch. Jetzt erledigt ein Lohnunternehmer die Arbeiten, der über die erforderliche Selbstfahrertechnik mit Bodenschonung verfügt. Je nach Verfahren – mit Schleppschlauch, Scheibenegge oder Schlitzgerät – stehen so für den Großbetrieb Ausbringkosten zwischen 5,30 und 7,70 Euro je Kubikmeter an.

Hubert God befürchtet für die Tierhaltung einen Strukturbruch, weil die Ausbringtechnik für viele Betriebe zu teuer sei.

von Kobyliniski

### Kurz notiert

#### Ist der Betrieb fit für den Klimawandel?

Die Bodensee-Stiftung hat ein EU-weites Projekt zur nachhaltigen Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel gestartet.

Dafür werden interessierte Leiter von Ackerbaubetrieben mit Schwerpunkt Marktfrüchte (Getreide) gesucht, unter anderem in den Landkreisen Karlsruhe, Ortenaukreis und Rastatt. Sie sollen in den kommenden zweieinhalb Jahren gemeinsam

mit der Bodensee-Stiftung einen Klimawandel-Check absolvieren. Der Check umfasst die einzelbetriebliche Betrachtung des Klimas und der Ertragslage in den vergangenen 15 Jahren. Weitere Themen sind die Einstufung von klimabedingten Chancen und Risiken bis 2030 und die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Europa-weit wird der Check auf mindestens 120 Pilotbetrieben stattfinden mit Ackerbau, Milchvieh, Schweinemast, Obst und Wein.

Teilnehmende Landwirte erwarten folgende Maßnahmen:

- Durchführung des Klimawandel-Checks – zwei halbtägige Betriebsbesuche pro Jahr.
- Interview und Datenaufnahme im Betrieb ab Sommer 2017.
- Erarbeitung von Chancen und Risiken für den Betrieb.
- Gemeinsame Entwicklung und Anpassung eines individuellen Maßnahmenplans zur Anpassung an den Klimawandel.
- Begleitung und Beratung bei der Umsetzung der nachhaltigen Anpassungsmaßnahmen.
- Fachlicher Austausch mit anderen Pilotbetrieben.
- Gegebenenfalls Durchfüh-

rung von Fachveranstaltungen auf dem Pilotbetrieb.

Wer mitmacht, erhält eine langfristige Beratung zur Anpassung an den Klimawandel. Er wird außerdem Teil eines Netzwerks von Fachleuten, die sich während des Projekts intensiv mit den verschiedenen Möglichkeiten der Anpassung auseinandersetzen werden. Interessenten wenden sich an Carolina Wackerhagen, Bodensee-Stiftung, Telefon 07732/999540, E-Mail carolina.wackerhagen@bodensee-stiftung.org - [www.agriadapt.eu](http://www.agriadapt.eu) □