HAL open science

Effet de la méthanisation sur l'usage des sols et les systèmes de production

Florent Levavasseur, Léa Boros, Marco Carozzi, Romain Girault, Lucie Martin, Philippe Martin, Sabine Houot

To cite this version:

Florent Levavasseur, Léa Boros, Marco Carozzi, Romain Girault, Lucie Martin, et al.. Effet de la méthanisation sur l'usage des sols et les systèmes de production. Webinaire CLIMAE " Quel impact de développement des énergies renouvelables sur l'usage des sols agricoles ", Métaprogramme CLIMAE, May 2023, En Ligne, France. hal-04262845

HAL Id: hal-04262845

https://hal.inrae.fr/hal-04262845

Submitted on 27 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Webinaire CLIMAE « Quel impact de développement des énergies renouvelables sur l'usage des sols agricoles »

En ligne, 30/05/2023

Effet de la méthanisation sur l'usage des sols et les systèmes de production

Florent Levavasseur[1], Léa Boros[1], Marco Carozzi[2], Romain Girault[3], Lucie Martin[1], Philippe Martin[2], Sabine Houot[1]

[1] INRAE, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR ECOSYS, Palaiseau

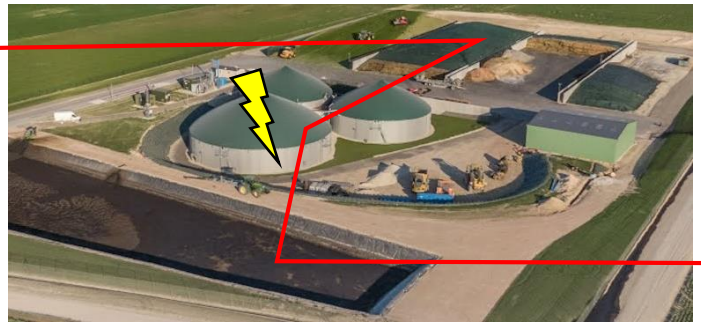
[2] INRAE, AgroParisTech , Université Paris-Saclay, UMR SAD-APT, Palaiseau

[3] UR OPAALE, INRAE, Rennes

Principe de la méthanisation

- Digestion anaérobie de matières organiques pour produire du biogaz (CO_2 + CH_4) et un fertilisant organique (digestat)
- Différentes valorisations possibles du biogaz : cogénération (électricité + chaleur), biométhane en injection…
- Diversité de substrats pour la méthanisation : effluents d'élevage, déchets ou coproduits industriels, (inter)cultures énergétiques…
- (inter)cultures énergétiques :
  - Fort pouvoir méthanogène *(Herrmann, 2013)*
  - Majoritairement maïs ou céréales d'hiver
  - CIVE = interculture conduite entre 2 cultures principales *(Launay et al., 2022)*
  - Culture dédiée = culture principale *(Herrmann, 2013)*

Ensilage



Digestion

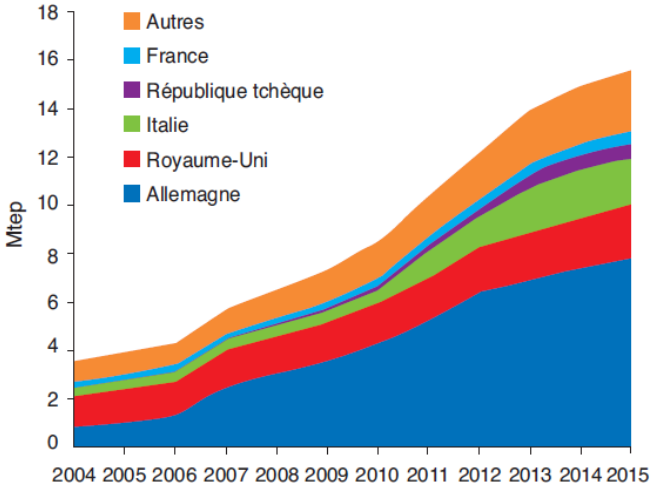
Epandage de digestat

Adapté de Agri91 (youtube)

Développement de la méthanisation

- Europe = principale zone de production de biogaz par méthanisation

- Développement en Europe d'abord en Allemagne et en Italie



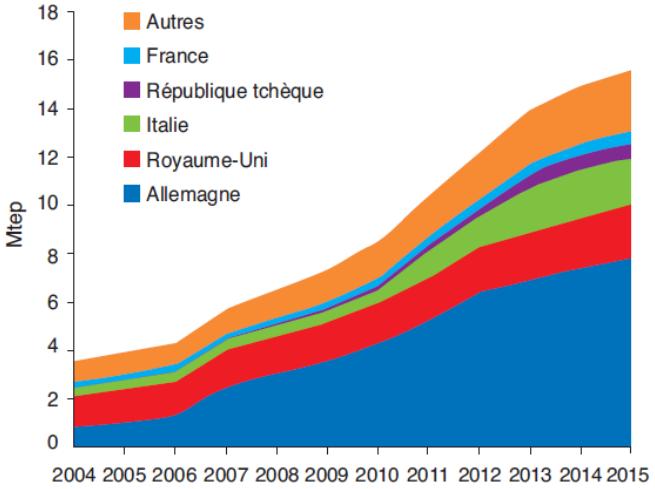
Production de biogaz par pays européen
(IFPEN d'après Eurostat)

Développement de la méthanisation

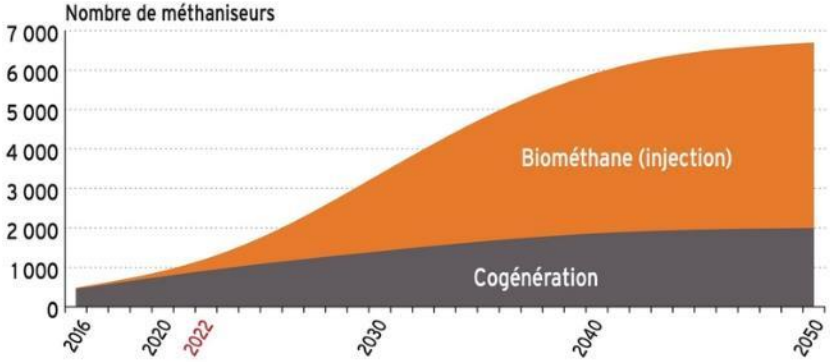
- Europe = principale zone de production de biogaz par méthanisation

- Développement en Europe d'abord en Allemagne et en Italie

- Développement en France :
  - plus récent mais rapide
  - des plans de développement ambitieux pour l'avenir
  - initialement plutôt basé sur les effluents d'élevage et la cogénération
  - plus récemment basé sur les (inter)cultures énergétiques, plutôt en injection



Production de biogaz par pays européen
(IFPEN d'après Eurostat)



Nombre de méthaniseurs en France jusqu'en 2022 et projections jusqu'en 2050
(Solagro)

Problématique du changement d'usage des terres et des systèmes de production

- Possibles changements d'usage des terres et/ou des systèmes de production pour assurer l'alimentation du méthaniseur :
  - Production de cultures dédiées sur des terres anciennement dédiées à la production alimentaire (terres arables ou prairies)
  - Modification des successions de culture pour maximiser l'insertion de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)
  - Autres modifications liées à la modification des systèmes de production

Problématique du changement d'usage des terres et des systèmes de production

- Possibles changements d'usage des terres et/ou des systèmes de production pour assurer l'alimentation du méthaniseur :
  - Production de cultures dédiées sur des terres anciennement dédiées à la production alimentaire (terres arables ou prairies)
  - Modification des successions de culture pour maximiser l'insertion de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)
  - Autres modifications liées à la modification des systèmes de production

- Problématiques potentiellement associées :
  - ↘ C sol *(Tang et al., 2019)* et biodiversité *(Lark et al., 2020)* si retournement de prairies
  - Possible compétition avec l'alimentation :
    - impacts sur les volumes et les prix *(Britz & Delzeit, 2013)*
    - limite voir annule l'intérêt climatique de la méthanisation en considérant le report de production *(Britz & Delzeit, 2013, Styles et al., 2015)*
  - Poids des intrants dans le bilan environnemental (phyto, fertilisant, irrigation…)

Problématique du changement d'usage des terres et des systèmes de production

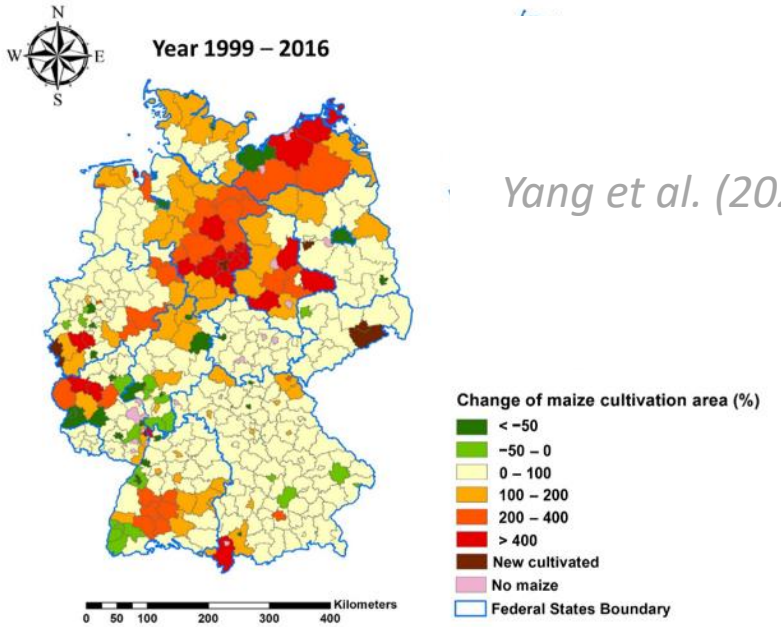
- Possibles changements d'usage des terres et/ou des systèmes de production pour assurer l'alimentation du méthaniseur :
  - Production de cultures dédiées sur des terres anciennement dédiées à la production alimentaire (terres arables ou prairies)
  - Modification des successions de culture pour maximiser l'insertion de cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE)
  - Autres modifications liées à la modification des systèmes de production

- Problématiques potentiellement associées :
  - ↘ C sol *(Tang et al., 2019)* et biodiversité *(Lark et al., 2020)* si retournement de prairies
  - Possible compétition avec l'alimentation :
    - impacts sur les volumes et les prix *(Britz & Delzeit, 2013)*
    - limite voir annule l'intérêt climatique de la méthanisation en considérant le report de production *(Britz & Delzeit, 2013, Styles et al., 2015)*
  - Poids des intrants dans le bilan environnemental (phyto, fertilisant, irrigation…)

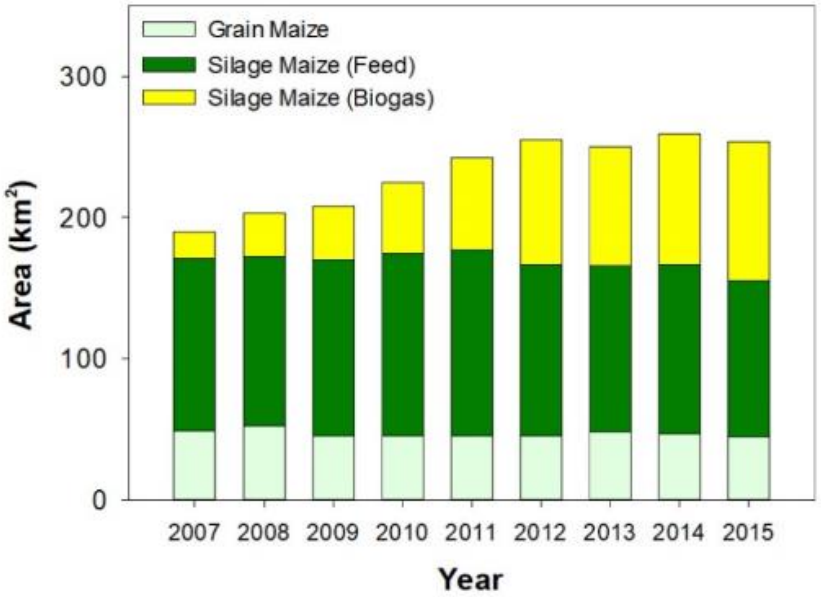
→ Intérêt de caractériser les changements d'usage et de systèmes de culture associés au développement de la méthanisation

L'exemple allemand

- Initialement un développement basé sur les effluents d'élevage
- Puis, changement d'échelle et politique publique qui a favorisé le fort développement des surfaces en maïs pour l'alimentation des méthaniseurs, en partie au détriment des surfaces en prairies *(Lüker-Jans et al., 2017; Vergara & Lakes, 2019; Yang et al., 2021)*

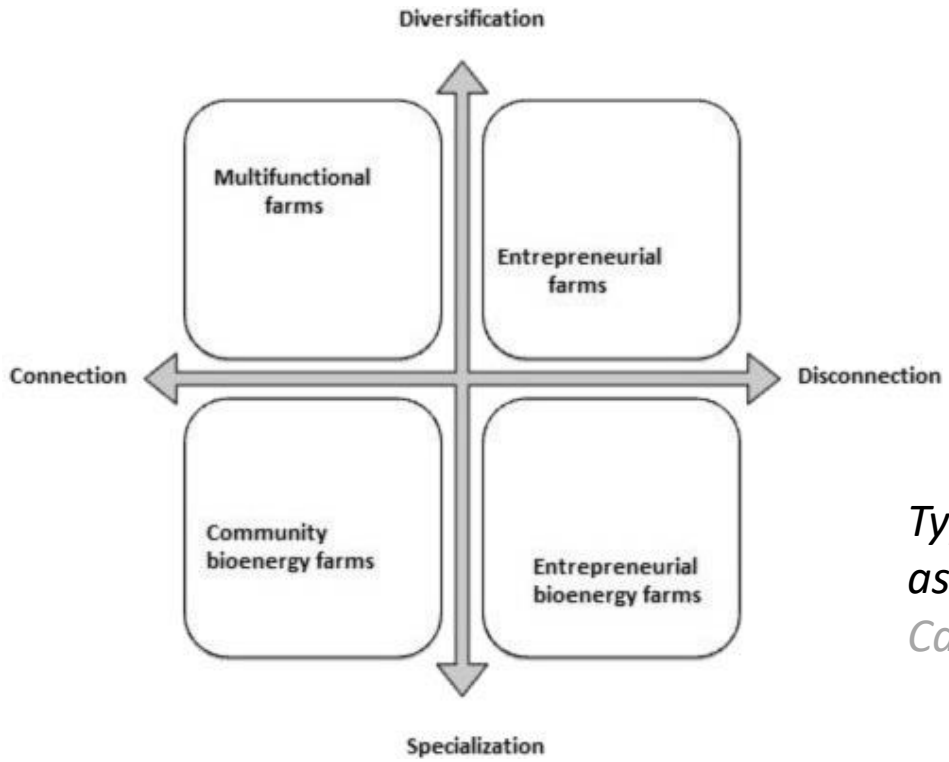


Yang et al. (2021)



L'exemple italien

- Développement de la méthanisation en partie sur le modèle allemand avec des fermes « industrielles » qui se spécialisent dans la production de cultures énergétiques
- Mais aussi une méthanisation plus petite associée à des fermes diversifiées



Typologie des fermes associées à un méthaniseur
Carrosio (2014)

Quelle situation en France ?

- Développement plus récent en France qu'en Allemagne et Italie
- Des spécificités dès le début du développement de la filière :
  - Prime pour la méthanisation des effluents d'élevage
  - Prime pour la méthanisation des CIVE (jusque fin 2020)
  - Pas de prime pour la méthanisation des cultures principales et introduction de cultures principales limitée à 15% de la masse brute entrante pour les méthaniseurs construits après 2017
- Peu de données exhaustives sur les substrats méthanisés et les changements de systèmes agricoles associés *(Salmon, 2021)*
- Etude Méthalae *(Solagro, 2018)* :
  - Diversité des modèles de méthanisation agricole et donc des changements de système potentiels
  - Données déjà anciennes (enquêtes 2015) et principalement des exploitations d'élevage

Quelle situation en France ?

- Développement plus récent en France qu'en Allemagne et Italie
- Des spécificités dès le début du développement de la filière :
  - Prime pour la méthanisation des effluents d'élevage
  - Prime pour la méthanisation des CIVE (jusque fin 2020)
  - Pas de prime pour la méthanisation des cultures principales et introduction de cultures principales limitée à 15% de la masse brute entrante pour les méthaniseurs construits après 2017
- Peu de données exhaustives sur les substrats méthanisés et les changements de systèmes agricoles associés *(Salmon, 2021)*
- Etude Méthalae *(Solagro, 2018)* :
  - Diversité des modèles de méthanisation agricole et donc des changements de système potentiels
  - Données déjà anciennes (enquêtes 2015) et principalement des exploitations d'élevage

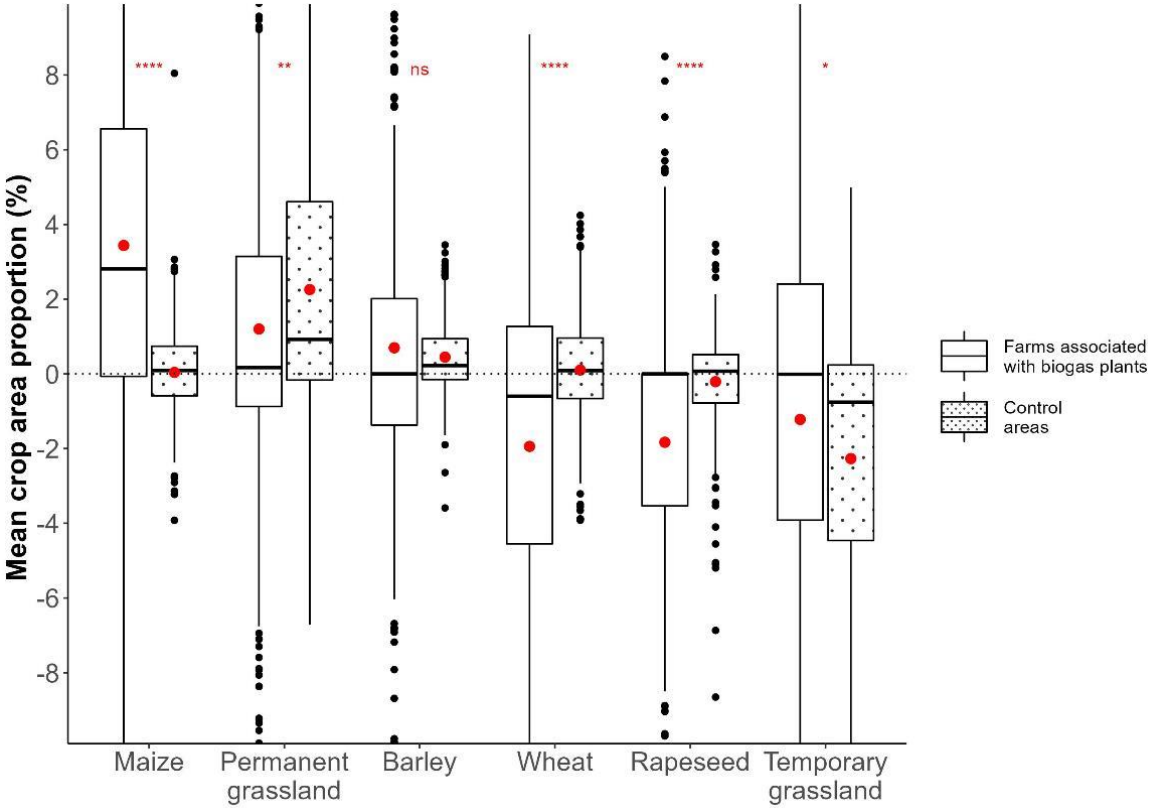
→ Des recherches récentes *(Carton et al., 2022, Levavasseur et al., 2023)* et en cours *(thèse Léa Boros 2022-2025)* pour documenter ces changements

Changement d’assolement chez les agriculteurs méthaniseurs « historiques » en France

- Etude des changements d’assolement pour 379 méthaniseurs mis en service avant 2018 (1 ferme par méthaniseur), par croisement de bases de données spatialisées (RPG + SINOE) :

Changement d'assolement chez les agriculteurs méthaniseurs « historiques » en France

- Etude des changements d'assolement pour 379 méthaniseurs mis en service avant 2018 (1 ferme par méthaniseur), par croisement de bases de données spatialisées (RPG + SINOE) :
  - Augmentation de la sole en maïs au détriment du colza et du blé
  - Maintien des prairies (permanentes + temporaires)
  - Assez forte variabilité des changements entre fermes

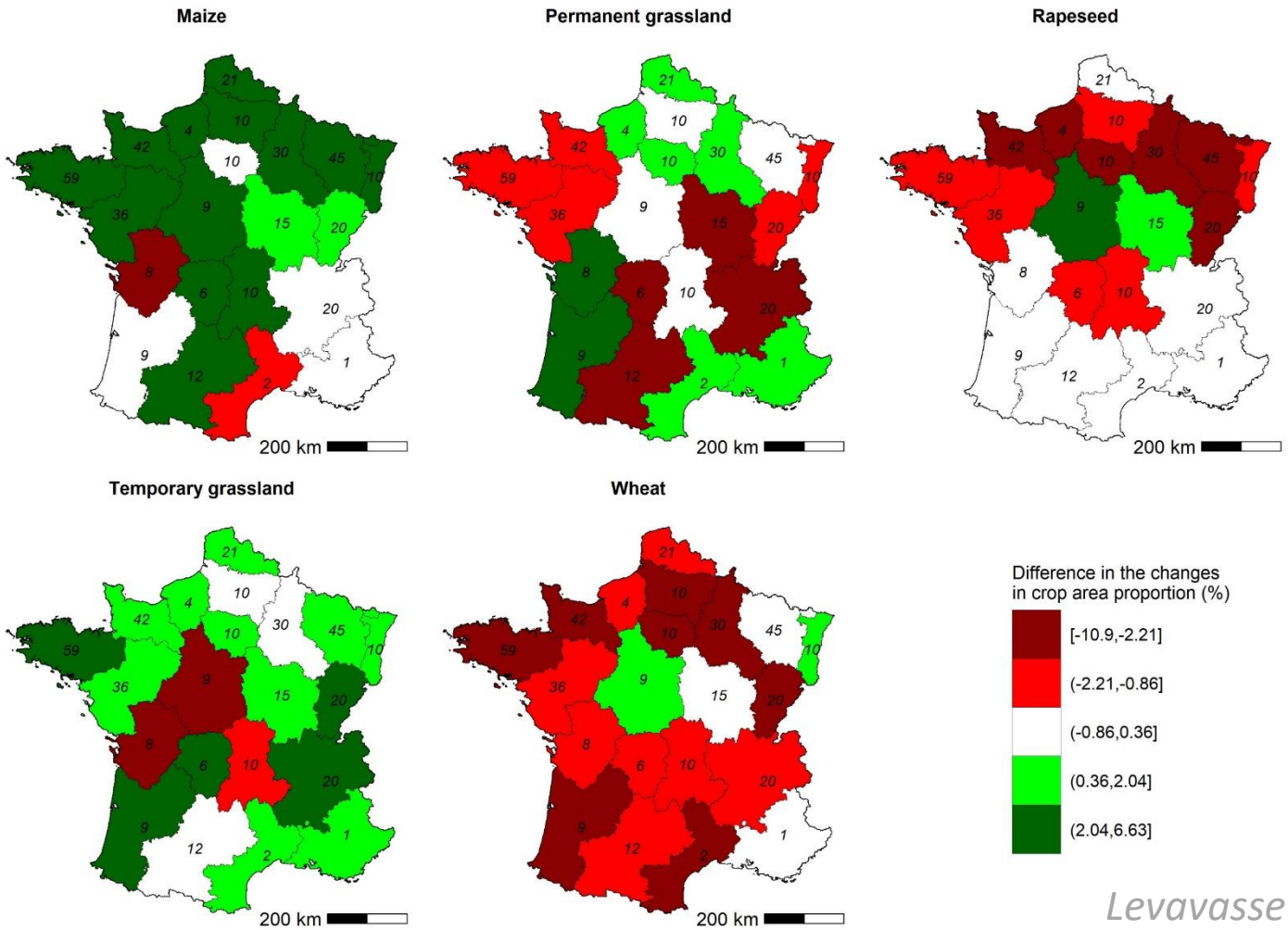


Levavasseur et al. (2023)

Différence d'assolement avant / après méthanisation sur les fermes associées à un méthaniseur et dans les zones de contrôle

Variabilité entre régions

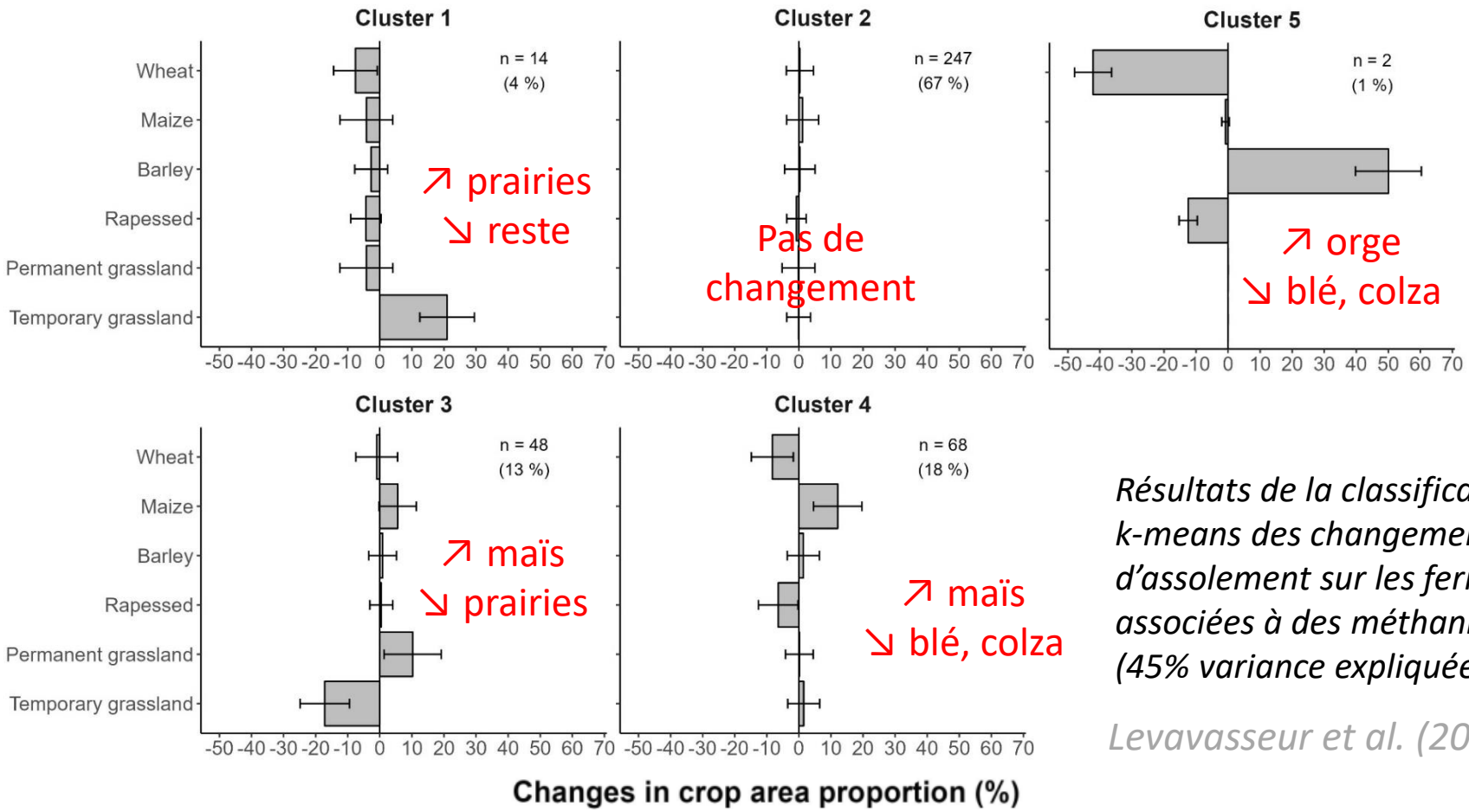
- Certains changements assez généralisés en France (+ maïs)
- D'autres changements plus localisés (+/- prairies permanentes selon les régions)



Levavasseur et al. (2023)

Typologie de changements

- Pas ou peu de changements sur 67% des fermes (cluster 2)
- Des changements variés sur les autres fermes, correspondant à certains changements observés en enquêtes d'exploitation



Résultats de la classification par k-means des changements d'assolement sur les fermes associées à des méthaniseurs (45% variance expliquée)

Levavasseur et al. (2023)

Changements de systèmes de culture chez les méthaniseurs sans élevage dans le bassin parisien

Carton et al. (2022), Thèse Léa Boros

- Enquête de + 40 fermes associées à 25 méthaniseurs sans élevage dans le bassin parisien, avec des mises en service récentes (méd = 4 ans)
- Changements d'assolement plus profonds qu'à l'échelle nationale
  - Forte ↘ du blé et du colza
  - ↗ de l'orge d'hiver pour insérer des CIVE d'été ensuite
  - ↗ du maïs et/ou du tournesol pour insérer des CIVE d'hiver avant
  - 11/25 cultivent +/- de cultures dédiées à la méthanisation

- 21/25 cultivent des CIVE d'été, 24/25 des CIVE d'hiver, sur 40% de la SAU en moyenne chaque année
- Diversité des CIVE limitée

→ Effet variable sur la diversité cultivée et les types de production

Changements de systèmes de culture chez les méthaniseurs sans élevage dans le bassin parisien

Carton et al. (2022), Thèse Léa Boros

- CIVE conduites de façon assez intensive :
  - Fertilisation minérale ou mixte (digestat), avec des doses de N inférieures à la culture grain correspondante (de -0 à -50% ≈)
  - Protection phyto quasi généralisée : herbicide (+/- fongi et/ou insecticide), mais généralement inférieure à la culture grain correspondante (1/2 IFT ≈ pour maïs, + variable sur orge)
  - Irrigation si besoin pour CIVE d'été (14/21) (et culture suivant CIVE d'hiver)
- Production de biomasse élevée des CIVE (> 10 t MS/ha en CIVE d'hiver, 7.7 t MS/ha en maïs CIVE d'été)
- Souvent une diminution du rendement de la culture suivant CIVE d'hiver (-20% souvent mentionné)

Récolte de CIVE
www.bioenergie-promotion.fr

Changements de systèmes de culture chez les méthaniseurs sans élevage dans le bassin parisien

Carton et al. (2022), Thèse Léa Boros

- Peu de changements de conduite des cultures principales hormis :
  - Décalage du semis de la culture suivant CIVE d'hiver et introduction des techniques de semis simplifiées (strip-till)
  - Fertilisation par du digestat
- Economies d'engrais minéraux :
  - 0 à 60% à l'échelle de l'exploitation pour N
  - ↗ avec les quantités de digestats produites mais diminue avec les surfaces en CIVE (fertilisées) : intérêt des substrats extérieurs
  - Peu de recul de la plupart des exploitants

Nathan Agri 22 (Youtube)

Conclusion

- A l'échelle nationale et avant 2018 :
  - Des changements d'assolement limités par rapport à l'Allemagne et l'Italie, malgré une hausse significative de la sole en maïs : culture dédiée, culture suivant les CIVE d'hiver, autre ?
  - Mais une diversité des changements d'assolement (entre fermes, régions…)
  - Des résultats rassurants sur la préservation des prairies

  → Développement plus durable de la méthanisation en France ?

- Chez les méthaniseurs récents sans élevage du bassin parisien :
  - Changements d'assolement plus importants
  - Des systèmes de production assez intensifs
  - Une concurrence possible avec les cultures alimentaires sur la ressource en eau

- Quels changements dans les fermes d'élevage et de polyculture-élevage ? Quelles synergies possibles avec le maintien/développement de systèmes d'élevage + durables ?

→ Quel bilan environnemental de la méthanisation en intégrant les changements d'assolement, les intrants et les possibles pertes de production alimentaire ?

Merci de votre attention

Britz, W., & Delzeit, R. (2013). The impact of German biogas production on European and global agricultural markets, land use and the environment. Energy Policy, 62, 1268–1275. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.123

Carrosio, G. (2014). Energy production from biogas in the Italian country-side: Modernization vs. repeasantization. Biomass and Bioenergy, 70, 141– 148. https://doi.org/10.1016/j.biomb ioe.2014.09.002

Carton, S., Levavasseur, F., & Hugonnet, M. (2022). Performances agronomiques et environnementales de la méthanisation agricole sans élevage—Analyse n° 177. Analyse du Centre d'études et de prospective, 177, 1–4. https://agriculture.gouv.fr/performances-agronomiques-et-environnementales-de-la-methanisation-agricole-sans-elevage-analyse

Herrmann, A. (2013). Biogas Production from Maize: Current State, Challenges and Prospects. 2. Agronomic and Environmental Aspects. BioEnergy Research, 6(1), 372–387. https://doi.org/10.1007/s12155-012-9227-x

Launay, C., Houot, S., Frédéric, S., Girault, R., Levavasseur, F., Marsac, S., & Constantin, J. (2022). Incorporating energy cover crops for biogas production into agricultural systems: Benefits and environmental impacts. A review. Agronomy for Sustainable Development, 42(4), 57. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00790-8

Levavasseur F., Martin L., Boros L., Cadiou J., Carozzi M., Martin P., Houot S., 2023. Land cover changes with the development of anaerobic digestion for biogas production in France. Global Change Biology – Bioenergy, 15, 630-641. https://doi.org/10.1111/gcbb.13042

Lüker-Jans, N., Simmering, D., & Otte, A. (2017). The impact of biogas plants on regional dynamics of permanent grassland and maize area—The example of Hesse, Germany (2005–2010). Agriculture, Ecosystems & Environment, 241, 24–38. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.023

Salmon, D. (2021). Rapport d'information fait au nom de la mission d'information sur « la méthanisation dans le mix énergétique: Enjeux et impacts ». Sénat.

Solagro (2018). MéthaLAE : la méthanisation, levier de la transition agroécologique. Rapport d'étude.

Styles, D., Gibbons, J., Williams, A. P., Dauber, J., Stichnothe, H., Urban, B., Chadwick, D. R., & Jones, D. L. (2015). Consequential life cycle assessment of biogas, biofuel and biomass energy options within an arable crop rotation. GCB Bioenergy, 7(6), 1305–1320. https://doi.org/10.1111/gcbb.12246

Tang, S., Guo, J., Li, S., Li, J., Xie, S., Zhai, X., Wang, C., Zhang, Y., & Wang, K. (2019). Synthesis of soil carbon losses in response to conversion of grassland to agriculture land. Soil and Tillage Research, 185, 29–35. https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.011

Vergara, F., & Lakes, T. (2019). Maizification of the Landscape for Biogas Production? [WorkingPaper]. Humboldt-Universität zu Berlin. https://doi.org/10.18452/20977

Yang, X., Liu, Y., Wang, M., Bezama, A., & Thrän, D. (2021). Identifying the Necessities of Regional-Based Analysis to Study Germany's Biogas Production Development under Energy Transition. Land, 10(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/land10020135

la-croix.com