

Dynamiques de diffusion des mélanges et impacts sur l'utilisation d'intrants chimiques

Elodie Yan – elodie.yan@inrae.fr



Les mélanges de cultures : définitions



- **Mélanges de variétés**

- 2 variétés (ou plus) d'une même espèce, sur une même parcelle

◀ *Mélange de variétés de blé tendre (photo : Baptiste Coupery)*



- **Mélange d'espèces**

- 2 espèces (ou plus) sur une même parcelle
 - Toutes récoltées : **cultures principales** ou intermédiaires
 - Certaines espèces récoltées et d'autres pas : culture + plante de service
 - Couverts végétaux

◀ *Association blé-féverole (photo : Elodie Yan)*

Bénéfices des mélanges de cultures

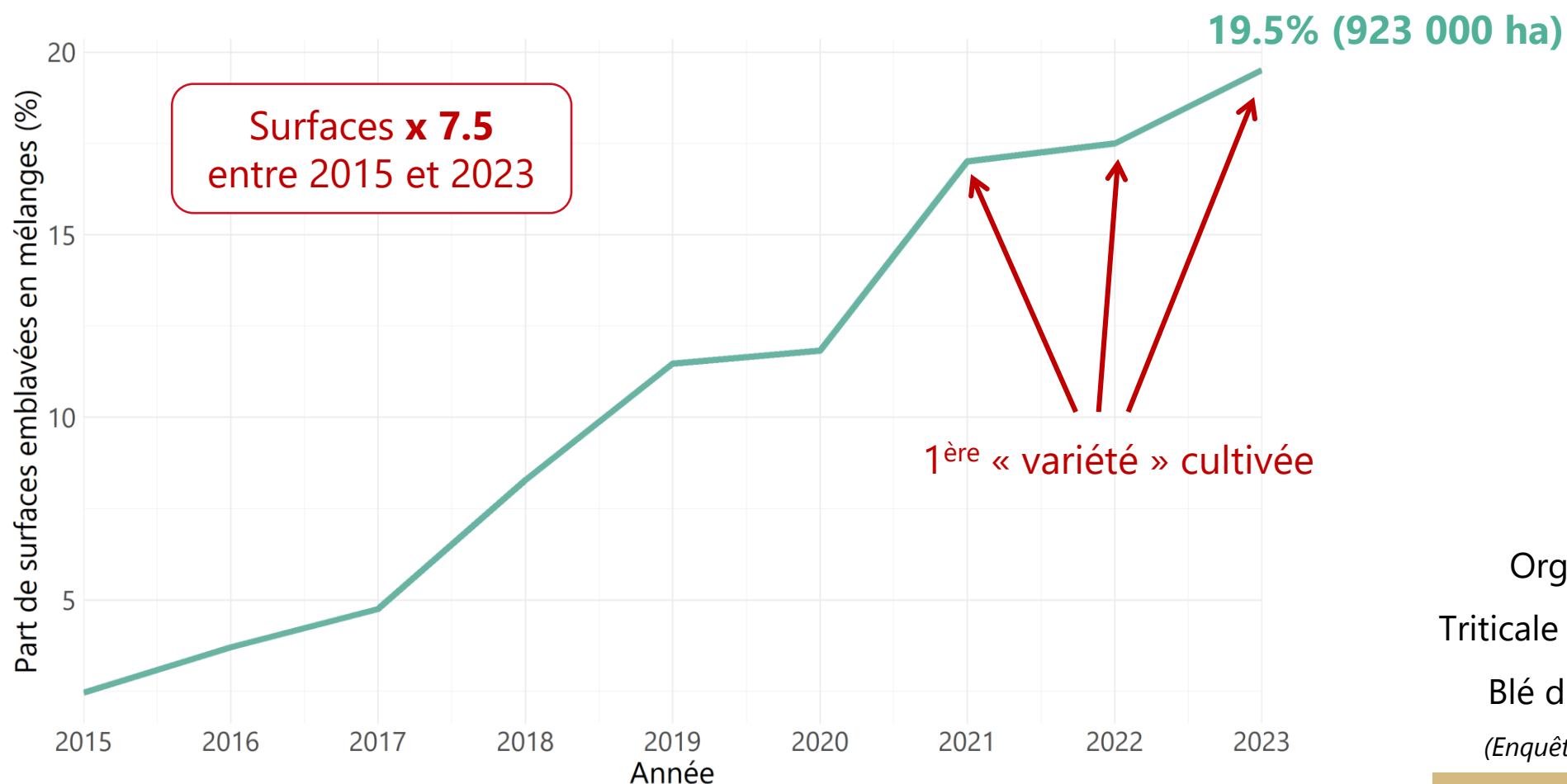
- **Meilleure utilisation des ressources** (e.g. Brooker et al., 2015)
 - Stabilité des rendements, voire meilleurs rendements (e.g. Malézieux et al., 2009 ; Lithourgidis et al., 2011 ; Bedoussac et al., 2015 ; Borg et al., 2018)
 - Meilleure qualité des productions (e.g. Malézieux et al., 2009 ; Lithourgidis et al., 2011 ; Bedoussac et al., 2015 ; Li et al., 2023)

➔ **Moins de fertilisation nécessaire pour assurer la production ?**
- **Contrôle des ravageurs et maladies** (e.g. Finckh et al., 2000 ; Ratnadass et al., 2012 ; Beillouin et al., 2021)

➔ **Moins d'insecticides et de fongicides ?**
- **Compétition avec les adventices** (e.g. Corre-Hellou et al., 2011)

➔ **Moins d'herbicides ou de désherbage mécanique ?**

Augmentation généralisée des surfaces de mélanges variétaux

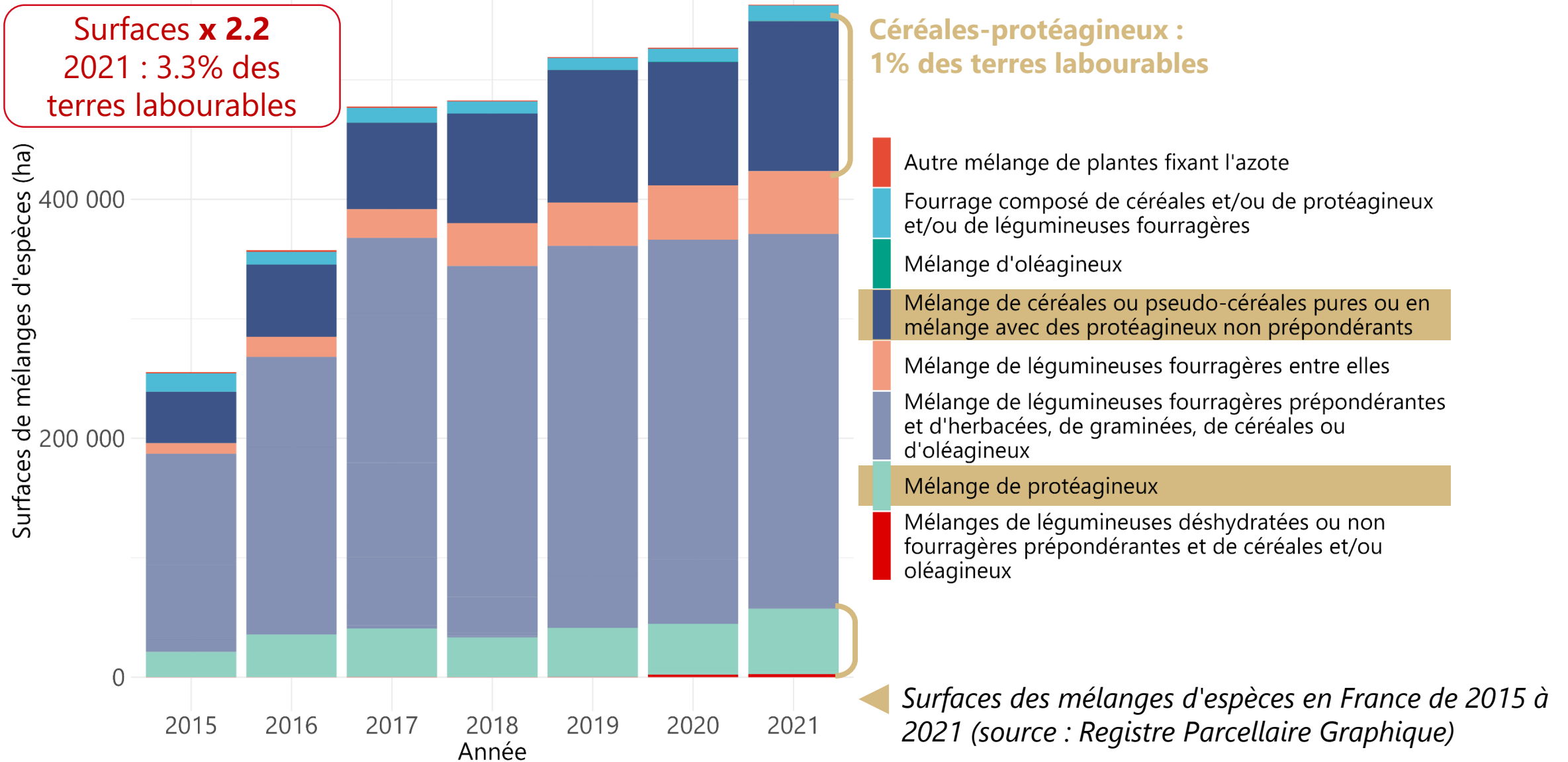


Autres céréales

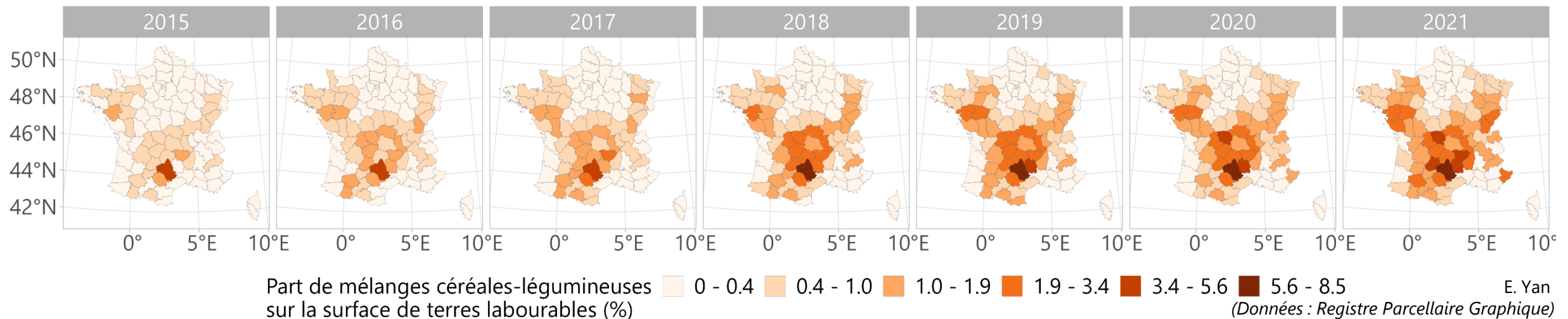
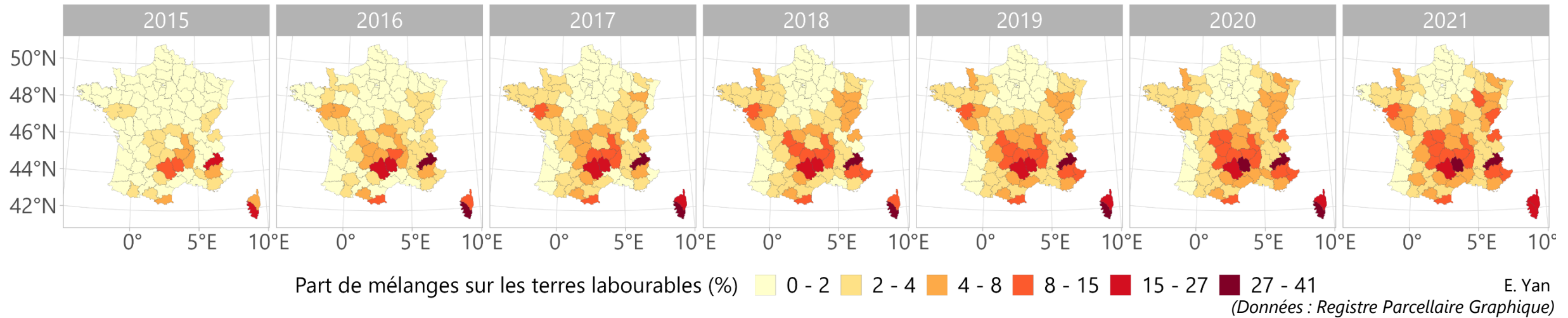
Orge : 5.8% (5.0 % en 2022)
Triticale : 16.0% (14.9% en 2022)
Blé dur : 6.3% (4.4% en 2022)
(Enquêtes variétés Arvalis 2022 et 2023)

▲ Part des surfaces de blé tendre cultivées en mélanges variétaux en France de 2015 à 2023
(sources : Enquêtes variétés FranceAgriMer 2015-2020, Enquêtes variétés Arvalis 2021-2023)

Les surfaces cultivées en mélanges d'espèces restent faibles

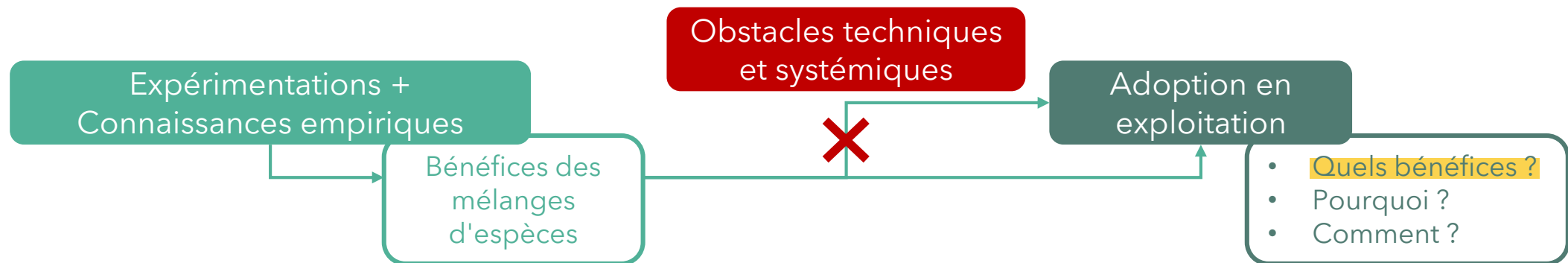


Des dynamiques structurées spatialement pour les mélanges d'espèces



Les mélanges d'espèces sur les fermes : une pratique mal connue

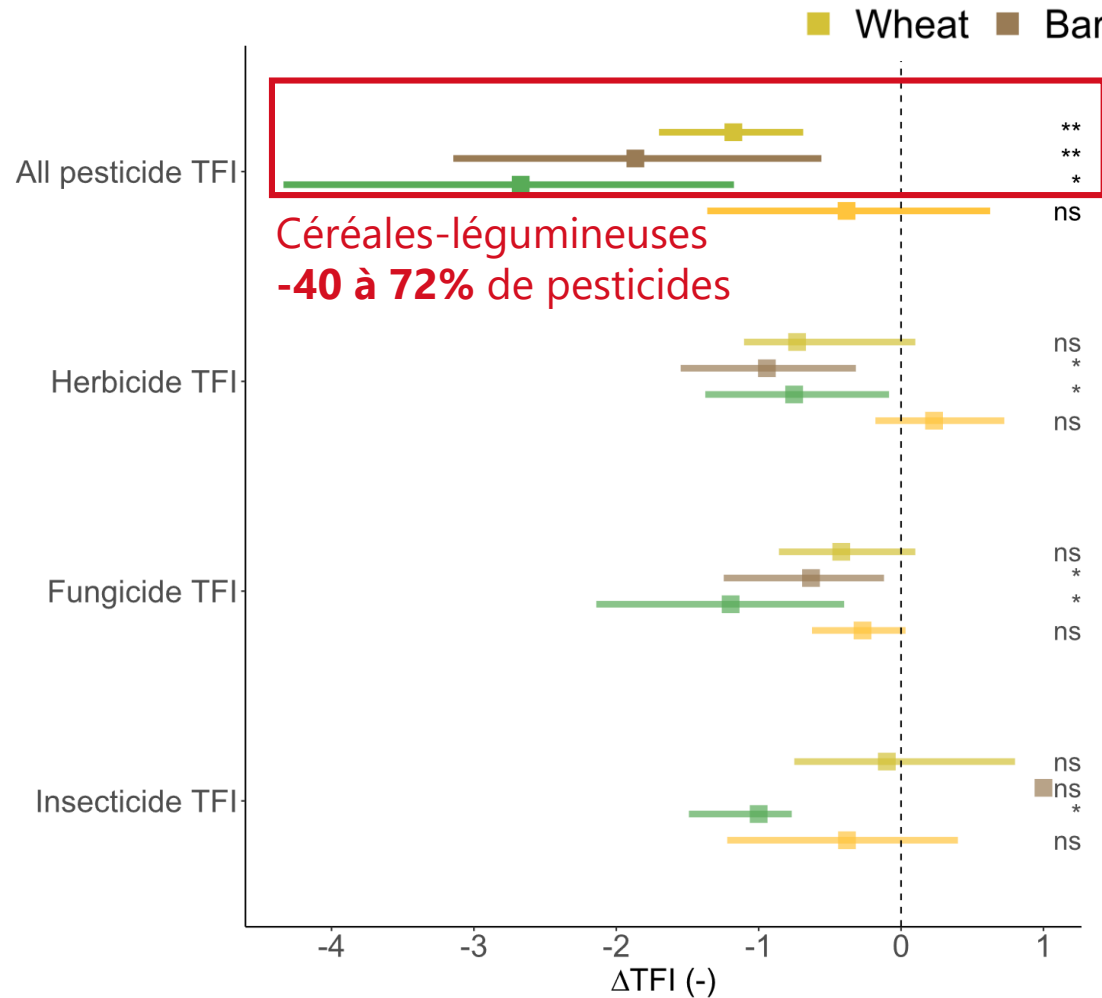
- **Bénéfices des mélanges d'espèces mesurés par des expérimentations**
 - "intercrop* AND farm*" (février 2023) → 2074 articles étudiant les mélanges d'espèces : 1450 d'après des résultats d'expérimentations ou de modélisation
- **Peu d'études mobilisant des données de fermes ou point de vue des agriculteur.ices** (Timaheus et al., 2022)
 - Majoritairement sur les freins à l'adoption des mélanges (Cholez & Magrini., 2014 ; Lemken et al., 2017 ; Mamine & Farès, 2020 ; Bonke & Musshoff, 2020 ; Verret et al., 2020)
 - Verret et al., 2020 : traque aux mélanges intégrant des légumineuses pour décrire la diversité de mélanges et d'objectifs



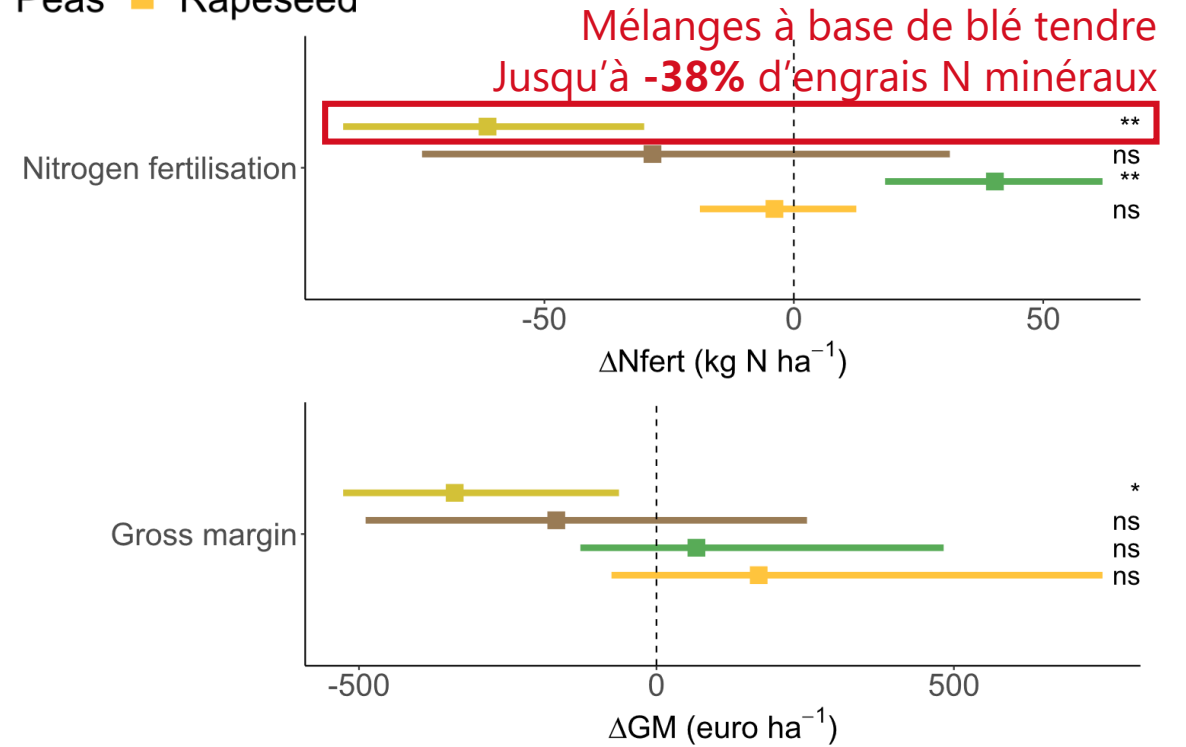
Des bénéfices multiples des mélanges d'espèces d'après la littérature : qu'en disent les données de ferme ?

- **Analyse sur les données du réseau DEPHY**
 - Réseau de démonstration : 3000 agriculteur.ices engagé.es pour réduire leur utilisation des produits phytosanitaires
 - Echelle : France
 - Période : 2010 – 2021
 - ➔ **Comparaison de cultures pures et de mélanges, toutes choses égales par ailleurs**
- **Quels effets sur l'utilisation des pesticides, la fertilisation azotée et les productions?**
 - Analyse sur 4 cultures majeures en France
 - **Blé tendre** : 37% des terres labourables (RGA 2020)
 - **Orge** : 16% des terres labourables (RGA 2020)
 - **Pois** : premier protéagineux, 2% des terres labourables (RGA 2020)
 - **Colza** : premier oléagineux, 9% des terres labourables (RGA 2020)
 - 3 indicateurs
 - **Indice de fréquence de traitement** : proxy pour l'utilisation des pesticides
 - Quantité d'**azote minéral** apportée (kgN.ha^{-1})
 - **Marge brute** ($\text{€}.\text{ha}^{-1}$)

Des bénéfices multiples des mélanges d'espèces d'après la littérature : qu'en disent les données de ferme ?



Différences moyenne entre les groupes de cultures pures et de mélanges pour l'Indice de Fréquence de Traitement (ΔTFI), la fertilisation azotée ($\Delta Nfert$) et les marges brutes (ΔGM), estimées pas les tests des rangs signés de Wilcoxon (Yan et al. 2024)



- Colza-plantes compagnes : pas de réductions (ni pesticides, ni engrais) observées
- Marges brutes conservées pour mélanges à base d'orge, pois ou colza

Les mélanges : une pratique à développer avec l'ensemble des acteurs de la filière pour...

- **... lever les freins économiques**
 - Création de débouchés, filières (ex : nouveaux marchés/autonomie sur les légumineuses*)
- **... lever les freins techniques**
 - Développement du matériel, des outils (ex : semences, machines*)
- **... lever les freins psychologiques**
 - Animation, travail collectif/coopératif (ex : visites de ferme, collectifs d'échange*)

**exemples de leviers observés sur le terrain*

Un champ de blé-féverole (photo : E. Yan)



Merci de votre attention !

Références (1/2)

- Bedoussac, L., Journet, E.-P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E. S., Prieur, L., & Justes, E. (2015). Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 911-935. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0277-7>
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27(19), 4697-4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Bonke, V., & Musshoff, O. (2020). Understanding German farmer's intention to adopt mixed cropping using the theory of planned behavior. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 48. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00653-0>
- Borg, J., Kiær, L. P., Lecarpentier, C., Goldringer, I., Gauffreteau, A., Saint-Jean, S., Barot, S., & Enjalbert, J. (2018). Unfolding the potential of wheat cultivar mixtures : A meta-analysis perspective and identification of knowledge gaps. *Field Crops Research*, 221, 298-313. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.006>
- Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W.-F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P. M., Jones, H. G., Karley, A. J., Li, L., McKenzie, B. M., Pakeman, R. J., Paterson, E., Schöb, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C. A., Zhang, C., ... White, P. J. (2015). Improving intercropping : A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206(1), 107-117. <https://doi.org/10.1111/nph.13132>
- Cholez, C., & Magrini, M.-B. (2014). *Cultiver des légumineuses à graines en pure ou en association avec des céréales : Points de vue d'acteurs du système sociotechnique agricole*. 18.
- Corre-Hellou, G., Dibet, A., Hauggaard-Nielsen, H., Crozat, Y., Gooding, M., Ambus, P., Dahlmann, C., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., & Jensen, E. S. (2011). The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. *Field Crops Research*, 122(3), 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.04.004>
- Finckh, M. R., Gacek, E. S., Goyeau, H., Lannou, C., Merz, U., Mundt, C. C., Munk, L., Nadziak, J., Newton, A. C., Vallavieille-Pope, C. de, & Wolfe, M. S. (2000). Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie*, 20(7), 813-837. <https://doi.org/10.1051/agro:2000177>
- Lemken, D., Spiller, A., & von Meyer-Höfer, M. (2017). The Case of Legume-Cereal Crop Mixtures in Modern Agriculture and the Transtheoretical Model of Gradual Adoption. *Ecological Economics*, 137, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.021>

Références (2/2)

- Li, C., Stomph, T.-J., Makowski, D., Li, H., Zhang, C., Zhang, F., & van der Werf, W. (2023). The productive performance of intercropping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(2), e2201886120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2201886120>
- Lithourgidis, A., Dordas, C., Damalas, C., & Vlachostergios, D. (2011). Annual intercrops : An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 396-410.
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., Tourdonnet, S., & Valantin-Morison, M. (2009). Mixing plant species in cropping systems : Concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 43-62. <https://doi.org/10.1051/agro:2007057>
- Mamine, F., & Farès, M. (2020). Barriers and Levers to Developing Wheat–Pea Intercropping in Europe : A Review. *Sustainability*, 12(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/su12176962>
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., & Habib, R. (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems : A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(1), 273-303. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0022-4>
- Timaeus, J., Ruigrok, T., Siegmeier, T., & Finckh, M. R. (2022). Adoption of Food Species Mixtures from Farmers' Perspectives in Germany : Managing Complexity and Harnessing Advantages. *Agriculture*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050697>
- Verret, V., Pelzer, E., Bedoussac, L., & Jeuffroy, M.-H. (2020). Tracking on-farm innovative practices to support crop mixture design : The case of annual mixtures including a legume crop. *European Journal of Agronomy*, 115, 126018. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126018>
- Yan, E., Munier-Jolain, N., Martin, P., & Carozzi, M. (2024). Intercropping on French farms : Reducing pesticide and N fertiliser use while maintaining gross margins. *European Journal of Agronomy*, 152, 127036. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.127036>