



**HAL**  
open science

## Usages des SDHI en France et alternatives possibles

Rémy Ballot, Claire Bazille, Marion Desquilbet

► **To cite this version:**

Rémy Ballot, Claire Bazille, Marion Desquilbet. Usages des SDHI en France et alternatives possibles. *Phytoma : la défense des Végétaux*, 2024, 776, pp.35-38. hal-04692544v2

**HAL Id: hal-04692544**

**<https://hal.science/hal-04692544v2>**

Submitted on 16 Oct 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## Usages des SDHI en France et alternatives possibles

Les risques que posent, pour l'homme et l'environnement, les substances actives de la famille des SDHI font controverse. Dans ce contexte, quels sont leurs usages en France et quelles alternatives seraient possibles ?

Rémy Ballot\*, Claire Bazille\*, Marion Desquilbet\*\*

\* UMR Agronomie INRAE-Université Paris-Saclay-AgroParisTech, F-91123 Palaiseau

\*\* Toulouse School of Economics, INRAE, Université Toulouse Capitole

Publié dans Phytoma, n° 776, août-septembre 2024, [www.phytoma-ldv.com](http://www.phytoma-ldv.com), pp. 35-38.

### Résumé

**Contexte** - Les SDHI (Succinate dehydrogenase inhibitor) sont une famille de substances actives employées en agriculture, dont l'évaluation réglementaire des risques sur la santé humaine et l'environnement est controversée. Leur mode d'action les rend efficaces pour lutter contre les maladies des plantes cultivées, mais susceptibles d'avoir des effets indésirables sur de nombreux organismes non-cibles.

**Étude** - Sur la base de l'exploitation de bases de données publiques et d'une analyse documentaire, cet article dresse un état des lieux des usages des SDHI et des alternatives existantes, afin d'objectiver les enjeux agronomiques et économiques relatifs à cette famille de pesticides.

**Résultats** - La quantité de SDHI vendue en France fluctue, depuis 2010, autour de 500 à 600 tonnes par an. En revanche, le Nodu (Nombre de doses unités) a été multiplié par quatre entre 2010 et 2022, passant de près de 2 à 8 millions de doses unités, avec l'arrivée de nouvelles substances actives aux dosages plus faibles. Si de nombreuses cultures sont concernées par l'usage de SDHI, 80 % des doses unités vendues sont employées sur céréales.

Les autres familles chimiques peuvent difficilement se substituer aux SDHI, dans la mesure où elles sont déjà employées en association avec ceux-ci. Les substances actives composant des produits de biocontrôle disponibles aujourd'hui ne permettent pas de se passer totalement de fongicides de synthèse. La combinaison de plusieurs leviers prophylactiques, dans une logique de reconception visant à réduire la pression en maladies, peut permettre de réduire fortement les doses, voire de se passer de fongicides, mais pour des niveaux de rendement inférieurs. Elle implique donc un accompagnement par des politiques publiques repensant les systèmes agro-alimentaires dans leur ensemble. Des mesures de gestion des dangers et risques des pesticides SDHI qui limiteraient leur utilisation devraient composer avec des enjeux économiques conséquents.

**Mots-clés** - SDHI, fongicides, usages, alternatives, blé tendre.

**Les inhibiteurs de la succinate déshydrogénase (en anglais : Succinate dehydrogenase inhibitor ou SDHI) sont des substances actives utilisées en France en agriculture comme fongicides (et dans quelques cas nématicides). Ces molécules agissent au niveau de la respiration mitochondriale et de la production d'énergie en se fixant sur le complexe II (nommé succinate déshydrogénase) de la mitochondrie des bioagresseurs cibles (Inserm, 2021). Ce mode d'action rend les SDHI efficaces pour lutter contre les maladies des plantes cultivées, mais il les rend également susceptibles d'avoir des effets indésirables sur tous les autres organismes dotés de mitochondries. L'évaluation réglementaire de leurs risques pour la santé humaine et la biodiversité fait l'objet de controverses (Joly *et al.*, 2022).**

## **Une forte progression depuis le milieu des années 2000**

### **Une QSA stable sur dix ans, un Nodu en hausse**

Parmi les substances actives SDHI (FRAC, 2024 ; IRAC, 2024 ; Taylor, 2022), dix composent des produits phytopharmaceutiques autorisés en France en 2024 : par date de leur année d'approbation, le flutolanil (1992), le boscalid (2005), le bixafen, le fluxapyroxad et le sédaxane (2011), le fluopyram (2013), le penthiopyrade (2014), le benzovindiflupyr (2016), l'isofétamide (2018) et le cyflumétofène (2019). Deux substances actives, la carboxine et l'isopyrazam, ont pour leur part été interdites, respectivement en 2021 et 2022 (Anses, 2024). Le cyflumétofène, autorisé pour un usage acaricide, n'est pas commercialisé jusqu'ici d'après les données de la BNV-D (Encadré 1). Toutes les autres substances actives sont autorisées pour des usages fongicides, et certains produits phytopharmaceutiques à base de fluopyram sont également autorisés pour des usages nématicides. Les SDHI sont en fort développement : neuf de ces dix substances ont été approuvées au cours des quinze dernières années.

La quantité de SDHI vendue en France reste stable depuis 2010, fluctuant autour de 500 à 600 tonnes par an (Figure 1). La conversion de cette quantité en Nodu (Nombre de doses unités, Encadré 2) met en évidence une évolution, entre 2010 et 2022, de près de 2 à 8 millions de doses unités (ou hectares), illustrant une progression des surfaces concernées par l'usage de SDHI.

### **Des doses de plus en plus faibles**

Si en 2010, les ventes de SDHI se résumaient aux ventes de boscalid, de carboxine et de flutolanil, la diversité de substances vendues est aujourd'hui plus importante. En 2022, le sédaxane, autorisé uniquement pour des usages en traitement de semences, représentait plus de la moitié du Nodu SDHI (50 %). Il était suivi par le fluopyram (15 %) et le fluxapyroxad (11 %). Cette évolution des substances vendues explique la progression du Nodu. En effet, alors que la dose unité du boscalid est proche de 400 g/ha, celles du fluopyram et du fluxapyroxad sont de l'ordre de 100 g/ha. Une même quantité de substance active correspond donc à une application sur des surfaces quatre fois plus importantes pour ces deux dernières substances en comparaison avec le boscalid. Quant au sédaxane, sa dose unité de l'ordre de 10 g/ha explique sa part importante dans le Nodu SDHI, alors que cette substance représente une faible part des quantités vendues. La traduction en termes d'hectares concernés par l'usage des différentes substances actives est à prendre avec précaution du fait que le calcul du Nodu repose sur des hypothèses de dose employée à l'hectare.

### **Encadré 1 Les données mobilisées dans le cadre de l'étude**

La Banque nationale des ventes par les distributeurs agréés (BNV-D), qui recense depuis 2008 les ventes de produits phytopharmaceutiques, a été utilisée pour suivre l'évolution des ventes de SDHI (OFB, 2024). Elle ne donne pas d'information sur les usages faits des produits vendus. Elle a été croisée avec les doses unités définies par arrêté (MAA, 2021) pour calculer les Nodu.

Les données ouvertes du catalogue E-Phy des produits phytopharmaceutiques, qui listent les produits autorisés et détaillent entre autres leurs cultures cibles (Anses, 2024), ont été croisées avec les données de la BNV-D et des doses unités pour vérifier que les grandes cultures, la vigne, l'arboriculture et les légumes couvraient l'essentiel des usages des SDHI en Nodu.

Les Enquêtes pratiques culturales et pratiques phytosanitaires, menées tous les cinq ans environ par le ministère en charge de l'agriculture, recueillent le détail de l'itinéraire technique sur un échantillon de parcelles agricoles. Les données individuelles des campagnes les plus récentes des enquêtes grandes cultures (2017 - CASD, 2024a), viticulture (2019 - CASD, 2024b), arboriculture et légumes (2018 - CASD, 2024c et 2024d) ont été utilisées pour décrire les usages des SDHI. Elles ont été croisées avec les données de superficie nationale des différentes cultures (Agreste, 2024).

### **Encadré 2 Les unités utilisées pour quantifier l'usage des produits phytopharmaceutiques**

QSA : Quantité de substance active, exprimée en tonnes ou en kilogrammes de substance vendue.

Nodu : Nombre de doses unités, exprimé en hectares, correspondant à la quantité de substance active (en kilogrammes) ramenée à une dose unité (en grammes/hectare), spécifique à chaque substance active. Estimée sur la base des doses autorisées des produits phytopharmaceutiques contenant une substance donnée, cette dose unité vise à refléter une quantité de cette substance appliquée à l'hectare. Cet indicateur, initialement conçu pour le suivi du plan Ecophyto, permet d'agrèger les quantités de différentes substances actives qui peuvent s'employer à des doses différentes.

## **Les SDHI sont utilisés à plus de 80 % sur céréales à paille**

Les données des Enquêtes pratiques culturales et pratiques phytosanitaires permettent de connaître la part de surface de chaque culture concernée par une utilisation de SDHI. Pour les grandes cultures (Photo 1), la vigne, l'arboriculture et les légumes, qui couvrent l'essentiel des utilisations de SDHI, la part de surface concernée par un traitement à base de SDHI entre 2017 et 2019 est très variable : 80 % des surfaces d'orge, 76 % pour le blé tendre, 74 % pour le colza, 54 % pour la vigne ou encore 13 % pour la pomme de terre (Figure 2).

Ces données d'enquêtes permettent aussi de connaître la quantité moyenne appliquée à l'hectare pour chaque substance. En exprimant ces quantités en doses unités, afin de pouvoir agrèger l'ensemble des substances, et en les multipliant pour chaque culture par la part de surface concernée et par la surface totale de cette culture à l'échelle nationale (Agreste, 2024), nous pouvons estimer la contribution de chacune des cultures au Nodu SDHI. Les céréales à paille (blé tendre, orge, blé dur et triticale) représentent 80 % du Nodu SDHI sur cette période (Figure 2). Ceci s'explique par une part importante de surface concernée par l'usage de SDHI,

combinée à la part importante de ces cultures dans la surface agricole nationale (environ huit millions d'hectares) (Photo 2).

D'après les données de vente de produits autorisés en traitement des parties aériennes des céréales à paille, pour près de 85 % du Nodu les SDHI sont formulés avec d'autres familles chimiques, notamment des triazoles (78 %) ou des strobilurines (8 %) (Figure 3). À l'échelle de la campagne culturale, d'après les données des enquêtes pratiques culturales grandes cultures, ils ne sont d'ailleurs jamais employés seuls. Le programme de protection fongicide sur blé tendre associe au moins une triazole au SDHI, voire plusieurs molécules triazoles et strobilurines.

## **Reconcevoir les systèmes de culture : le cas du blé tendre**

### **Efficiences des traitements et substitution**

Différents leviers existent pour réduire l'usage de fongicides SDHI, qui peuvent être classés en fonction de leur niveau d'intégration. Ces niveaux d'intégration vont de l'amélioration de l'efficacité de la lutte chimique, à la substitution par des moyens de lutte non-chimique, jusqu'à la reconception des systèmes de culture pour combiner des leviers prophylactiques de gestion des maladies (Hill et McRae, 1996).

Améliorer l'efficacité de l'emploi de fongicides passe notamment par le raisonnement des interventions de traitement pour éviter les applications inutiles. Ce raisonnement peut s'appuyer sur des observations au champ ou sur l'emploi d'outils d'aides à la décision. L'usage de ces derniers concerne actuellement 10 % des surfaces de blé, avec un potentiel de réduction de fongicides limité, de l'ordre de 10 à 20 % (Contrats de solutions, 2024a).

La substitution des SDHI par d'autres familles chimiques est difficilement envisageable, car ils sont déjà fréquemment formulés avec des molécules d'autres familles chimiques dans le but de contenir le développement de résistances chez les organismes cibles, et dans tous les cas associés aux principales autres familles à l'échelle du programme de traitements. La substitution de fongicides de synthèse par des substances de biocontrôle (soufre et phosphonate de potassium notamment) tend à se développer sur blé. Elle reste cependant partielle. Ainsi, l'usage de soufre concernait 85 000 hectares en 2017 et était limité au premier traitement (T1). Il pourrait concerner 300 000 hectares à horizon 2025 (Contrat de solutions, 2024b). Cette substitution présente un potentiel de réduction d'usage de fongicides de synthèse pour le T1, quand il reste nécessaire. Le soufre ne peut se substituer totalement aux fongicides de synthèse pour un traitement au stade « dernière feuille étalée » (T2), qui constitue l'intervention centrale (et de plus en plus souvent unique) des programmes fongicides employés à dose réduite en T2 (Arvalis-Institut du végétal, 2022).

### **Leviers prophylactiques et reconception des systèmes de culture**

De nombreux leviers prophylactiques peuvent contribuer à limiter la pression ou la nuisibilité des maladies, et ainsi le recours aux fongicides. Ces leviers sont souvent réputés avoir une efficacité partielle (Attoumani-Ronceux et al., 2011) et ne peuvent se substituer totalement à l'usage de fongicides. L'emploi de variétés assez résistantes aux maladies par exemple, qui concernerait environ un tiers des surfaces de blé tendre, ne permet de réduire l'usage de fongicides que de 15 % (Contrat de solutions, 2024c).

Réduire fortement l'usage de fongicides sur le blé tendre, voire s'en affranchir, implique de combiner des leviers prophylactiques dans une logique de reconception afin de limiter la

pression d'agents pathogènes (Attoumani-Ronceux *et al.*, 2011). Ainsi, des itinéraires techniques dits « blé rustique » ont été travaillés dès les années 1990 et ont fait l'objet d'expérimentations en réseau dans les années 2000-2010, afin de renseigner leur performances techniques et économiques (Meynard *et al.*, 2009). Ils consistent à combiner une variété peu sensible aux maladies, semée tardivement et à densité réduite, et une dose d'azote adaptée à un objectif de rendement réduit, pour permettre l'économie d'un régulateur, d'un insecticide et d'un à deux fongicides. Ces expérimentations ont démontré une moindre sensibilité des résultats économiques de ces conduites aux fluctuations du prix de vente du blé ou du prix d'achats des intrants. Par ailleurs, le blé tendre est produit en agriculture biologique (Photo 3) sans fongicide de synthèse, en s'insérant dans des rotations diversifiées, avec des variétés peu sensibles et des dates de semis tardives, pour des rendements de l'ordre de 50 % à 60 % des rendements réalisés en agriculture conventionnelle en conditions pédoclimatiques comparables (CASD, 2024a).

## Conclusion

Les homologations et ventes de pesticides SDHI ont fortement augmenté au cours des dix dernières années. Leur usage concerne une grande diversité de cultures, mais les usages fongicides sur céréales à paille représentent de l'ordre de 80 % des ventes. Réduire l'usage de fongicides sur ces cultures implique une reconception des systèmes de culture, en combinant notamment l'emploi de variétés peu sensibles à d'autres leviers prophylactiques limitant la pression en maladies. Ces pratiques peuvent avoir un impact sur le rendement allant jusqu'à 50 % en blé tendre dans le cas de systèmes de culture en agriculture biologique, se passant complètement de fongicides de synthèse. L'adoption à large échelle de ces pratiques implique nécessairement de repenser les systèmes agri-alimentaires dans leur ensemble, pour composer avec une production réduite. Les politiques publiques visant à gérer les risques et dangers des SDHI ne peuvent donc se limiter à des restrictions, voire à une interdiction de leur utilisation. Elles devraient composer avec des enjeux économiques et sociétaux conséquents et s'inscrire plus largement dans une transition vers des systèmes agri-alimentaires moins dépendants de l'usage de pesticides. Ceci implique des mesures d'accompagnement des agriculteurs, mais aussi de l'ensemble des acteurs de l'amont à l'aval des filières agricoles, pour permettre une transition coordonnée vers de tels systèmes.

## Remerciements

Ces travaux ont bénéficié du soutien de l'OFB *via* le plan Ecophyto (projet Soho, numéro SIREPA 4380). Les auteurs remercient Nathalie Jas pour sa relecture, et les membres du réseau scientifique Holimitox pour les échanges scientifiques autour de ce travail.

## Pour en savoir plus

**Contact** - Rémy Ballot, [remy.ballot@inrae.fr](mailto:remy.ballot@inrae.fr)

## Bibliographie -

Agreste, 2024. Statistique agricole annuelle. <https://www.agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/SAA-SeriesLongues/detail/>. Accès le 15 mars 2024.

Anses, 2024. Données ouvertes du catalogue E-Phy. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-ouvertes-du-catalogue-e-phy-des-produits->

phytopharmaceutiques-matieres-fertilisantes-et-supports-de-culture-adjuvants-produits-mixtes-et-melanges/. Accès le 15 mars 2024.

Arvalis-Institut du végétal, 2022. Interventions de printemps 2022 Synthèse nationale. In : arvalis-infos.fr [en ligne]. [Consulté le 15 mars 2024]. Disponible à l'adresse : [https://www.arvalis.fr/sites/default/files/medias/pdf/2022-11/\\_CHOISIR-2\\_CAP\\_2022\\_National\\_PDFS.pdf](https://www.arvalis.fr/sites/default/files/medias/pdf/2022-11/_CHOISIR-2_CAP_2022_National_PDFS.pdf)

Attoumani-Ronceux A., Aubertot, J-N., Guichard, L., Jouy, L., Mischler, P., Omon, B., Petit, M-S., Pleyber E., Reay, R., et Seiler, A., 2011. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires – Application aux systèmes de polyculture. Disponible à l'adresse : <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/36495>

Joly P.B., Dargemont C., Behar F., Bonmatin J.M., Desquilbet M., Ducrot C., Kaufmann A., Lagrange, E., 2022. La crédibilité de l'expertise scientifique. Enjeux et recommandations – Rapport du Groupe de travail du Conseil scientifique de l'Anses, Maisons-Alfort : Anses, 134 p. <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-04178142/>

CASD, 2024a. PKGC : Pratiques culturales sur les grandes cultures - 2017. <https://doi.org/10.34724/CASD.56.3033.V1>. Accès le 15 mars 2024.

CASD, 2024b. PKViti : Pratiques culturales en viticulture - 2019. <https://doi.org/10.34724/CASD.65.4173.V1>. Accès le 15 mars 2024.

CASD, 2024c. Phytofruits : Traitements phytosanitaires en arboriculture - 2018. <https://doi.org/10.34724/CASD.185.3945.V1>. Accès le 15 mars 2024.

CASD, 2024d. Phytoleg : Pratiques phytosanitaires sur les légumes - 2018. <https://doi.org/10.34724/CASD.393.3836.V3> . Accès le 15 mars 2024.

Contrat de solutions, 2024a. Outils d'aide à la décision pour optimiser les traitements contre les maladies du blé. <https://contratsolutions.fr/le-contrat-de-solutions/outils-daide-a-la-decision-pour-optimiser-les-traitements-contre-les-maladies-du-ble/>, accès le 15 mars 2024.

Contrat de solutions, 2024b. Lutte contre la septoriose avec des spécialités à base de soufre. <https://contratsolutions.fr/le-contrat-de-solutions/lutte-contre-la-septoriose-avec-des-specialites-a-base-de-soufre/>, accès le 15 mars 2024.

Contrat de solutions, 2024c. Lutte contre les maladies du blé tendre par la résistance des variétés. Disponible à l'adresse : <https://contratsolutions.fr/le-contrat-de-solutions/lutte-contre-les-maladies-du-ble-tendre-par-la-resistance-des-varietes/>, accès le 15 mars 2024.

FRAC [Fungicide Resistance Action Committee], 2024. FRAC Code List©\* 2024: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels). <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2024---final.pdf>. Accès le 21 mars 2024.

Hill S., MacRae R., 1996. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture, *Journal of Sustainable Agriculture - J Sustainable Agr* 7 (1996) 81–87. [https://doi.org/10.1300/J064v07n01\\_07](https://doi.org/10.1300/J064v07n01_07).

Inserm, 2021. Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données. Collection Expertise collective. Collection Expertise collective. Montrouge : EDP Sciences. 1036 p. <https://www.inserm.fr/expertise-collective/pesticides-et-sante-nouvelles-donnees-2021/>

IRAC [Insecticide Resistance Action Committee], 2024. Mode of Action classification scheme, version 11.1. <https://irac-online.org/documents/moa-classification/>, accès le 21 mars 2024.

Meynard J-M., Rolland B., Loyce C., Felix I., et Lonnet P., 2009. Quelles combinaisons variétés/conduites pour améliorer les performances économiques et environnementales de la culture de blé tendre ? *In* : Innovations agronomiques. n° 7, pp. 29-47. Hal-01173147 : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01173147/document>

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021. Arrêté du 14 décembre 2021 portant modification de l'arrêté du 27 avril 2017 définissant la méthodologie de calcul et la valeur des doses unités de référence des substances actives phytopharmaceutiques. 16 p.

Taylor A., Marchand P., 2022. Evolution of succinate dehydrogenase inhibitor (SDHI) fungicides as plant protection active substances in Europe. *Archives of Crop Science*, n° 5(2), pp. 193-198. <https://doi.org/10.36959/718/620>.

Office français de la biodiversité, 2024. BNVD-Traçabilité, données d'accès restreint 2008-2023. <https://ventes-produits-phytopharmaceutiques.eaufrance.fr/>





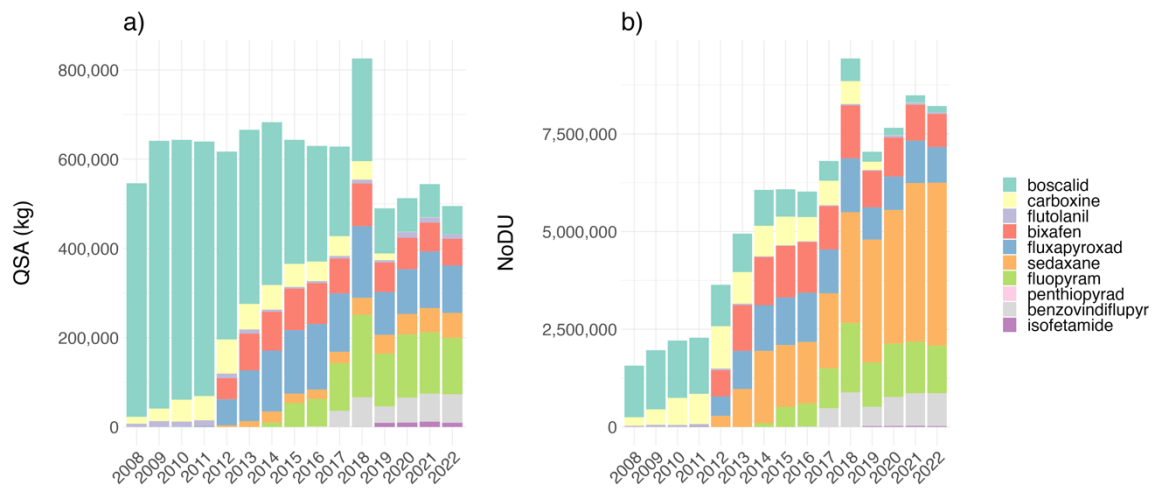
**Photo 1 :** Mélange de variétés de blé tendre. Photo Patrick Saulas



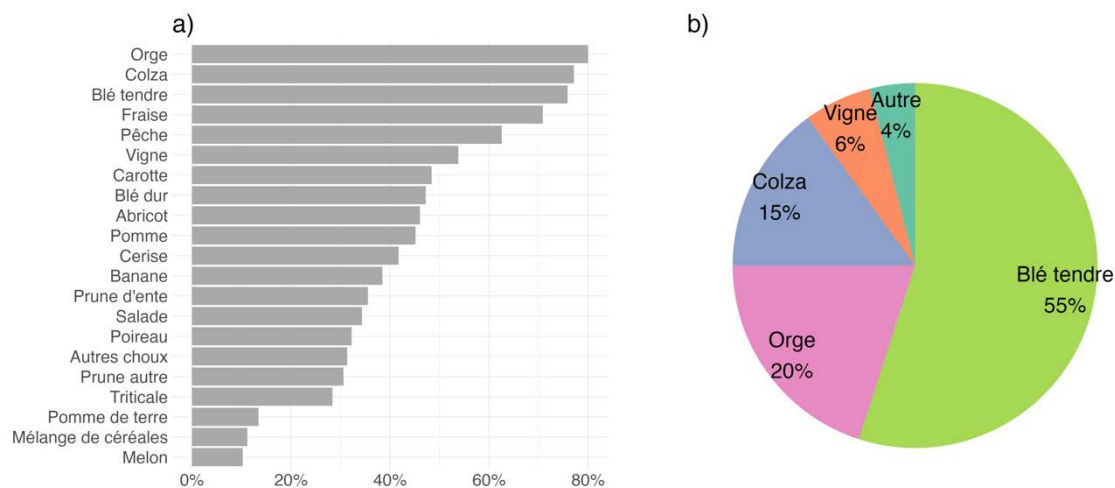
**Photo 2 :** Symptômes de septoriose sur une feuille de blé. Photo Frédéric Suffert



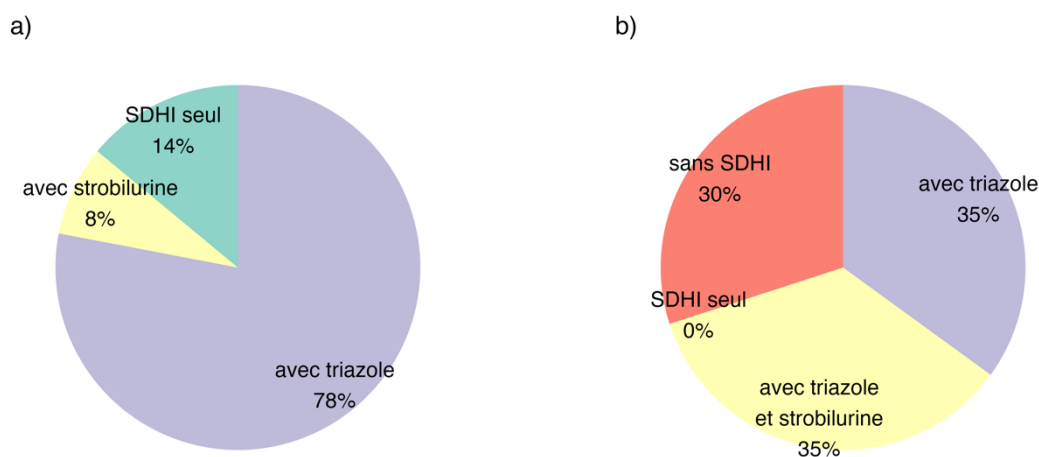
**Photo 3 :** Parcelle de blé tendre en Agriculture Biologique. Photo Rémy Ballot



**Figure 1 :** Évolution des ventes de SDHI entre 2008 et 2022, a) en quantité de substance active (QSA), b) en nombre de doses unités (Nodu), calculées à partir des données OFB, 2024 et MAA, 2021)



**Figure 2 :** a) part de la surface traitée à l'aide de SDHI par culture entre 2017 et 2019 (calculée à partir des données CASD, 2024a à 2024d) et b) contribution des cultures au Nodu SDHI sur la période 2017-2019 (calculée à partir des données CASD, 2024a à 2024d ; Agreste, 2024 ; MAA 2021)



**Figure 3 :** a) distribution du Nodu SDHI en 2020 en fonction des familles chimiques avec lesquelles les SDHI sont formulés (calculée à partir des données OFB, 2024 et MAA, 2021) et b) distribution des surfaces de blé tendre en 2017 en fonction des associations de familles chimiques employées en protection fongicide (calculée à partir des données CASD, 2024a)