



INRA
SCIENCE & IMPACT

Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française

Rapport

Novembre 2017



Liste des auteurs:

Xavier Reboud, Maud Blanck, Jean-Noël Aubertot, Marie-Hélène Jeuffroy, Nicolas Munier-Jolain, Marie Thiollet-Scholtus,

Sous la supervision de Christian Huyghe, Directeur Scientifique Agriculture de l'Inra,

avec l'aide de Aude Alaphilippe, Rémy Ballot, Jean-Marc Blazy, François Cote, Laurent Delière, Harry Ozier-Lafontaine, Bertrand Schmitt, Sylvaine Simon et Lionel Védrine.

Relecture par experts étrangers

Bernard Jeangros, Directeur scientifique & technique. Responsable du groupe Systèmes de grandes cultures et nutrition des plantes, Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche DEFR Agroscope, Suisse, Domaine stratégique de recherche Systèmes de production Plantes

Bernard Bodson, Professeur Phytotechnie Crop Sciences, Axe Ingénierie des productions végétales et valorisation Département AGR0BIOCHEM, Directeur de la Ferme expérimentale Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique

Pour citer le rapport

Reboud X. *et al*, 2017. Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française. Rapport Inra à la saisine Ref TR507024, 85 pages.

Sommaire

Résumé exécutif	5
1-Introduction	9
1-1 Court rappel commenté de la commande	9
1-2 Le contexte	9
1-3 Les grandes lignes de l'approche employée	10
2-Méthodologie employée.....	11
2-1 Les jeux de données à disposition.....	12
2-2 Définition des modalités de travail du sol.....	14
2-3 Quelques ressources documentaires consultées.....	15
3-Résultats.....	16
3-1 Répartition des volumes d'utilisation entre les filières ; évolution dans le temps.....	16
3-2 Usages du glyphosate en grandes cultures dans le réseau Dephy et selon les enquêtes SSP 2011 et 2014.....	18
3-2-2 Usages du glyphosate en France en grandes cultures selon les enquêtes SSP 2011 et 2014	19
3-2-3 Facteurs explicatifs de la variabilité du niveau d'usage de glyphosate, à partir du réseau Dephy	23
3-2-4 Alternatives au glyphosate en grandes cultures, efficacité, faisabilité et impact sur les exploitations.....	25
3-2-5 Evaluation des impacts des alternatives au glyphosate sur les performances économiques et environnementales des exploitations.....	28
3-3 Usages du glyphosate en Viticulture	32
3-3-1 Quantités de glyphosate utilisées en viticulture.....	32
3-3-2 Alternatives au glyphosate en viticulture, efficacité, faisabilité et impact sur les exploitations.....	36
3-3-3 Evaluation des impacts des alternatives au glyphosate sur les performances économiques et environnementales des exploitations viticoles.....	38
3-4 Usage du glyphosate en arboriculture	39
3-4-1 Données sur les usages	39
3-4-2 Les pratiques alternatives et leur surcoût	40
3-4-3 Les points d'attention	44
3-5 Usage du glyphosate en Outremer (Antilles, Guyane & La Réunion).	45
3-5-1 Le constat sur les usages actuels d'herbicides dont le glyphosate.....	45
3-5-2 Les alternatives	46
3-5-3 Les conséquences économiques et organisationnelles	48
3-5-4 Les mesures d'accompagnement.....	49

3-5-5 Analyse transversale	50
3-6 Les situations orphelines et les pistes à travailler	51
3-6-1 Situations orphelines bien caractérisées	51
3-6-2 Les options de recherche	53
3-6-3 Les options, leur niveau de maturité technologique, leur efficacité et leur facilité de mise en œuvre	58
4-Mesures d'accompagnement – transition Glyphosate	62
4-1 Synthèse des situations difficiles requérant une attention particulière.....	62
4-2 Instruments de réduction du risque économique et financier	65
4-2-1 Aide à l'investissement	65
4-2-2 Mobilisation des MAEC Systèmes	67
4-3 Mobiliser le partage d'expériences, le conseil et la formation	67
4-4 Le levier réglementaire	68
4-5 Renforcer l'organisation collective.....	69
4-6 Recherche et recherche appliquée : modalités et priorités.....	69
5-Conclusion	70
6-Références.....	74
7-Liste des experts rencontrés ou associés et leur position professionnelle.....	76
8-Annexes	77
Annexe A - Texte de la Saisine.....	77
Annexe B - Tracer les usages de glyphosate en France par culture rangée en grandes catégories	80
Annexe C - Tableau des substances actives herbicides communes avec leurs mentions de danger	83
Annexe D - Document transmis par les ITAs faisant état des situations difficiles ou critiques	85

Résumé exécutif

Ce rapport fait suite à une saisine de l'Inra par les Ministres de l'Agriculture et de l'Alimentation, de la Transition Ecologique et Solidaire, de la Santé, et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, dans l'objectif d'analyser les usages du glyphosate, d'identifier les alternatives possibles avec leurs incidences économiques et organisationnelles et de proposer des mesures d'accompagnement pour faciliter la transition vers des systèmes de production sans glyphosate.

La durée courte allouée pour répondre à la saisine a conduit à privilégier une analyse à partir des données rapidement mobilisables (fermes des réseaux DEPHY Ecophyto, rapports nationaux et internationaux, publications scientifiques et techniques) et d'une consultation d'experts de l'Inra, du Cirad et d'Irstea, des Instituts Techniques Agricoles, des Chambres d'Agriculture et des organisations professionnelles agricoles.

Avec plus de 9100 tonnes de matière active consommées en France métropolitaine en 2016 (données Base Nationale des Ventes des Distributeurs), tous usages confondus, le glyphosate est utilisé, en agriculture, pour gérer/détruire des couverts et prairies, éliminer le verdissement des parcelles avant semis sans travailler le sol, contrôler la flore adventice difficile (vivaces, invasives, allergènes ou toxiques). En bloquant la chaîne de synthèse des précurseurs d'acides aminés essentiels, le glyphosate présente le seul mode d'action herbicide avec la double propriété d'être total (tous les végétaux partagent le mécanisme bloqué et sont donc tous sensibles à des degrés divers) et systémique (il migre dans les tissus lui permettant d'atteindre les systèmes racinaires). Ceci permet de détruire ou contenir des couverts végétaux et de contrôler des espèces adventices préoccupantes. Fruit de son usage généralisé, on le retrouve ainsi que ses métabolites dans l'eau et le sol et, rarement fort heureusement, dans les denrées agricoles. La saisine ne concerne pas les risques toxicologiques et écotoxicologiques associés aux différents usages du glyphosate.

1. L'analyse des résultats des recherches et expérimentations et des pratiques des agriculteurs ne recourant pas au glyphosate a permis d'identifier différentes alternatives techniques.

Elles doivent permettre de maintenir une pression sur les adventices, assurer la destruction des couverts pour installer les cultures, pour entretenir vignes et vergers et faciliter la récolte dans des situations maîtrisées. En cas de retrait du glyphosate, pour maintenir leur niveau de revenu et de rendement, les agriculteurs devront mobiliser ces alternatives seules ou de façon combinée :

- La destruction physique par le désherbage mécanique et le travail superficiel du sol, en particulier au cours de la période d'interculture pour les cultures annuelles, ou au pied des cepes et des arbres dans le cas de la viticulture et de l'arboriculture respectivement.
- Le labour pour assurer la destruction par enfouissement de l'ensemble de la végétation. Ceci entraîne également l'enfouissement des graines d'adventices qui sont en surface, ce qui empêche leur levée au cours de la saison suivante, mais limite leur prédation par les insectes.
- Une somme de stratégies d'évitement partiel dont le recours au gel hivernal des couverts intermédiaires, *via* le choix des espèces adaptées, ou l'utilisation d'agro-équipements spécifiques permettant le hachage de la végétation. Ceci évite ainsi le recours à une destruction chimique totale.
- La culture sous mulchs vivants, qui induit une modification profonde de la flore adventice et une limitation des adventices vivaces ou problématiques.
- L'utilisation ciblée d'autres herbicides homologués (mais qui peuvent avoir des profils tox/écotox plus défavorables que celui du glyphosate), pourra être nécessaire pendant une période de transition pour traiter les adventices vivaces qui résisteraient aux options précédentes.

Une analyse des pratiques, à partir des données des 3000 fermes du réseau Dephy Ecophyto, montre que des agriculteurs utilisent déjà ces leviers. Ils sont donc possibles et même économiquement viables quand ils sont réfléchis avec l'optique d'un couplage des interventions pour en limiter le

surcote, et dans une réflexion à l'échelle du système de culture. Des freins majeurs sont identifiés qui concernent l'impact économique et le temps de travail, les évolutions du parc matériel, de la motorisation et des automatismes, les modalités d'installation des cultures pérennes. La réflexion sur la transition vers la sortie du glyphosate doit donc se faire sur une échelle de temps qui prend en compte la mise en œuvre de ces techniques alternatives.

2. Avec l'appui des Chambres d'Agriculture et des Instituts Techniques Agricoles, nous avons identifié des situations de difficulté et d'impasses au regard des leviers et connaissances disponibles à ce jour. On considère qu'il y a impasse quand la seule alternative envisageable à court terme consiste à réaliser la destruction à la main de la flore vivace.

Elles concernent :

- le cas particulier de l'agriculture de conservation ; actuellement 4% environ des surfaces de grande culture. Il n'y a pas d'alternative efficace au glyphosate pour entretenir une parcelle dans la durée sans travailler le sol. Cette agriculture qui restaure les sols et stocke du carbone a été construite car le glyphosate permettait cette double action de détruire les couverts d'interculture (directive nitrates) et gérer la flore vivace. Ces agriculteurs pourraient être conduits à renoncer à leur principe et à réintroduire un travail superficiel, voire parfois un labour,
- les agricultures menées dans des conditions difficiles sans bénéficier d'une forte valeur ajoutée : terrasses, zones très caillouteuses, zones très fragiles vis-à-vis du risque d'érosion. Cette catégorie regroupe notamment des situations rencontrées dans les DOM ainsi que des vignes ou vergers conduits sur des terrains en forte pente. Les surfaces concernées ne sont pas chiffrées,
- les cultures pour des marchés spécifiques avec fortes contraintes techniques. Le secteur de la production de semences (380 000 ha dont 70 700 ha pour les espèces fourragères, potagères et florales les plus délicates à conduire) ainsi que les légumes de frais et de conserve cultivés en plein champ (203 560 ha en 2014 dont 61% en exploitations de grande culture), avec risque de présence de fragments issus d'adventices toxiques entrent dans cette catégorie,
- des situations de niche comme le rouissage du lin fibre (88 000 ha en 2016) dont la France est le premier producteur mondial, ou la récolte des fruits à coques (19 000 ha en 2014).

Le suivi des exploitations suggère que, dans une logique de reconception à l'œuvre pour la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques en grandes cultures, arboriculture et vigne, comme dans les DOM, il puisse y avoir des évolutions de modalités de conduite où des interventions qui auraient eu lieu de toute façon se fassent sur un positionnement nouveau pour couvrir ce que le glyphosate faisait. Couvrir un ensemble d'objectifs économiques, sociaux et de préservation de l'environnement et de la biodiversité est un défi technique, c'est pourquoi le rythme de transition à envisager devra donc prendre en compte des difficultés et impasses. En conséquence, le rythme d'adaptation par les agriculteurs sera affecté à la fois par ses productions, sa technicité, les équipements disponibles mais aussi des conditions pédoclimatiques particulières.

3. L'évaluation du surcoût économique est délicate

Pour la diversité des productions concernées, il dépend largement des reports sur d'autres techniques, des changements d'assolement si la rentabilité n'est plus au rendez-vous, des coûts de mains d'œuvre qui sont variables d'une situation à l'autre en fonction de la main d'œuvre disponible et, dans une même exploitation, selon les conditions pédoclimatiques. Entre productions et exploitations, l'impact économique sera d'autant plus marqué que la diversification des cultures est faible, qu'il n'y a pas d'élevage, que le secteur concerné touche des marchés très concurrentiels au sein de l'Union Européenne.

4. L'adaptation à un arrêt du glyphosate passe et passera par des changements profonds.

Le déploiement des pratiques nouvelles doit être envisagé sur toutes les exploitations, quelle que soit leur taille, et notamment celles de grande taille. L'efficacité, les débits de chantiers et la maîtrise de technique constitueront les trois points clés de succès.

Cela peut et doit guider les choix des agriculteurs, des organisations professionnelles et de la recherche vers :

- une capacité généralisée à caractériser et gérer les hétérogénéités intra-parcellaires pour aider à cibler l'intervention chimique ou mécanique là où elle est essentielle. Cartographier la flore vivace dans les parcelles relève de cet attendu,
- une capacité renforcée à rendre compte des états du milieu propices aux interventions chimiques ou mécaniques pour garantir leur efficacité ; les stades de développement, la portance de la parcelle doivent être disponibles en continu ; ces deux points doivent orienter les innovations à conduire par le secteur explorant les avancées d'une 'agriculture de précision',
- une robotisation renforcée (adossée à la réglementation adaptée) tout particulièrement en maraîchage,
- la mise au point d'une gamme élargie d'espèces et couverts végétaux d'interculture construits autour du critère de facilité de gestion (qualité d'installation, facilité de destruction mécanique) ; ce point peut nécessiter de revoir la réglementation sur les cultures intermédiaires autour de l'usage de l'irrigation pour installation et d'une petite dose de fertilisation,
- une extension de la conduite sarclée y compris de manière généralisée pour certaines grandes cultures qui n'y ont actuellement pas recours ; des variétés adaptées à cette modalité de conduite seront nécessaires,
- un élargissement de gamme d'outils de désherbage mécanique pour une meilleure efficacité à moindre coût d'utilisation, et une évolution de la réglementation pour faciliter son utilisation durant la période d'interculture,
- la mise en œuvre de modalités de gestion permettant de réduire progressivement la réserve d'adventices dans les sols, sous forme de graines ou d'organes végétatifs,
- des modes de contrôles chimiques ou alternatifs innovants ciblant spécifiquement quelques espèces soit préoccupantes en santé publique soit freins majeurs des conduites actuelles vertueuses, y compris chez les agriculteurs en Agriculture Biologique : ambrosie, chardons, rumex, liseron, chiendent, Datura, morelle, et dévitalisation des rhizomes de canne à sucre.

5. Nombre de ces changements sont compatibles avec une réduction de la dépendance aux herbicides au-delà du seul glyphosate.

La recherche et la recherche appliquée ont depuis plus de 20 ans réalisé des travaux pour minimiser les usages, voire se passer du recours aux produits phytopharmaceutiques. Des systèmes de cultures innovants, ayant démontré la faisabilité technique dans des dispositifs de longue durée, ont été conduits. Nombre visaient d'autres pesticides jugés plus préoccupants que le glyphosate, notamment des insecticides dommageables à l'entomofaune utile. Le désherbage mécanique y occupe logiquement une place de choix, mais ces dispositifs soulignent l'importance d'avoir réfléchi à l'échelle du système en amont de sa réalisation. Ce sera aussi le cas en arboriculture avec le choix d'une irrigation surélevée qui est seule compatible avec le passage des outils de tonte ou de travail du sol au pied des arbres. Ces travaux de recherche soulignent l'importance des mesures prophylactiques limitant la pression des adventices. La révision et la reconception des différents systèmes de culture sont nécessaires à cause des multiples interactions entre les pratiques.

Les principaux blocages peuvent être de nature biotechnique ou résulter de notre trajectoire agricole ayant conduit i) à des exploitations de grande taille, ayant peu recours à la main d'œuvre, ii) à la spécialisation des territoires qui limitent les utilisations alternatives des terres et favorisent la sélection d'une flore adventice difficile, iii) à des standards de marché et des cahiers des charges. L'analyse des transitions doit également intégrer ces dimensions structurelles. La transition vers l'absence de glyphosate sera aussi facilitée par une adaptation de la demande des consommateurs et l'harmonisation des pratiques entre pays européens pour limiter les distorsions de concurrence.

6. Les mesures d'accompagnement recommandées pour la sortie du glyphosate

Elles incluent les aides à l'investissement, la mobilisation des MAEC (Mesures Agro-Environnementales et Climatiques) Systèmes, la mobilisation des dynamiques collectives d'agriculture et le conseil et la formation, l'utilisation de la réglementation et notamment des CEPP (Certificats d'Economie de Produits Phytopharmaceutiques) et les organisations de filières, notamment en favorisant la reconnaissance de produits issus de filières sans glyphosate.

La recherche et la recherche appliquée joueront également un rôle pour améliorer l'efficacité et la facilité de mise en œuvre des techniques alternatives disponibles et pour créer de nouvelles options, qu'il s'agisse de leviers nouveaux via le biocontrôle ou de méthodes permettant la maîtrise des hétérogénéités intra-parcellaires.

1-Introduction

1-1 Court rappel commenté de la commande

Le 2 novembre 2017, quatre ministres (transition écologique et solidaire, solidarités et santé, agriculture et alimentation, et enseignement supérieur, de la recherche et l'innovation) ont conjointement saisi l'INRA pour mener une étude en amont d'un possible plan national de sortie du glyphosate dont le Premier ministre a annoncé la définition d'ici la fin de l'année 2017. Le texte de la saisine figure en annexe A du présent rapport.

Cette saisine a été faite dans le contexte de réévaluation de l'approbation du glyphosate au niveau Européen. Au moment de la rédaction de ce rapport, les discussions étaient en cours autour de la proposition de la commission européenne pour un renouvellement de l'approbation pour 5 ans, reconductible ou non selon l'interprétation des états membres. Cette position est jugée insuffisante par les autorités françaises, notamment aux vues des incertitudes qui subsistent sur l'impact de cette substance sur la santé de l'homme, avec de nombreuses publications dont la plus récente publiée le 9 novembre dernier (Andreotti et al, 2018), les animaux et plus largement l'environnement.

Ce rapport ne traite pas des liens avec la santé publique ou l'environnement qui justifieraient ou non de bannir le glyphosate à plus ou moins longue échéance. Il se concentre uniquement, selon les termes de la saisine, sur les principaux usages actuels du glyphosate en France, sur les alternatives identifiables pour chacun d'eux et les incidences économiques et organisationnelles de leur déploiement et sur l'accompagnement susceptible d'aider à leur mise en œuvre. De même, ce rapport ne traite pas de la sortie des pesticides, même si il peut en respecter l'esprit, car il se concentre sur la question du glyphosate. Nous essaierons, dans la mesure des données disponibles, de montrer en quoi la sortie du glyphosate va dans le sens d'une réduction globale de l'usage des pesticides en général et des herbicides en particulier.

Tenant compte des quantités et surfaces concernées et de la disponibilité des données, l'étude s'appuiera très largement sur des éléments chiffrés uniquement pour les grandes cultures et la viticulture en métropole. Elle sera complétée par une analyse à dires d'experts pour la situation des DOM et par un éclairage sur l'arboriculture, où ont été plus particulièrement explorées les similarités entre la France et l'Allemagne.

1-2 Le contexte

En 2017, le glyphosate est l'herbicide le plus utilisé dans le monde. C'est un herbicide systémique qui présente la propriété de circuler dans la plante et d'atteindre les parties souterraines. C'est aussi un herbicide décrit comme 'total' pour qualifier l'étendue de son spectre d'action touchant la quasi-totalité des espèces végétales. Il inhibe l'enzyme EPSP synthase (énoyl-pyruvyl-shikimate 3-phosphate synthase) qui catalyse la condensation du shikimate-3-phosphate et du phosphoénolpyruvate en 5-énoyl-pyruvyl-shikimate-3-phosphate. Le glyphosate se fixe sur le site actif du phosphoénolpyruvate et exerce une inhibition compétitive. L'EPSP synthase est l'avant dernière étape de la voie de l'acide shikimique, qui produit le chorismate et conduit aux acides aminés aromatiques : phénylalanine, tyrosine et tryptophane (Expertise scientifique collective de l'Inra sur les variétés tolérantes aux herbicides, 2011). Les usages de ce produit sont enregistrés aussi bien en agriculture que dans les jardins, infrastructures et espaces végétalisés. Ce rapport s'intéresse aux usages agricoles en France pour lesquels 8400 t ont été commercialisées en 2016 (Base Nationale des Ventes-distributeur). Les usages constatés sont en grande partie les mêmes que dans les autres pays du monde avec quelques exceptions notoires dont l'usage en tant que dessiccant des cultures avant récolte que la France ne pratique plus ainsi que l'usage pour le désherbage en cours de la saison

(post-levée) sur les variétés OGM tolérantes au glyphosate de différentes grandes cultures qui ne sont pas cultivées sur le territoire français.

Pour chacun des usages du glyphosate, l'étude a recherché les alternatives existantes ou à venir et les a caractérisées dans l'optique d'indiquer aux pouvoirs publics les implications environnementales et économiques des changements de pratiques et les mesures d'accompagnement envisageables. Il n'y a pas de réponse unique à la question des impacts économiques de l'interdiction du glyphosate car les systèmes de cultures ne font pas face à la même dépendance ni aux mêmes solutions leur permettant de s'en dispenser. Avancer un chiffre serait assez hasardeux et prématuré dans le contexte de cette étude.

Nous avons décidé de nous concentrer sur les choix conduits à l'échelle des exploitations pour pouvoir mettre en avant des itinéraires de cultures cohérents, existants ou qui pourraient être mis en place en l'absence de glyphosate. Les systèmes actuels sont devenus pour certains dépendants du glyphosate selon un véritable mécanisme de verrouillage technologique autour de cette molécule peu onéreuse et à l'efficacité reconnue (à l'instar du positionnement de l'irrigation dans les vergers qui empêche de passer des outils de travail du sol). Les modifications organisationnelles qui viendront combler les services rendus par le glyphosate seront soutenues par des situations réelles. Malgré les recommandations de la lettre de mission de ne pas se focaliser sur les solutions de substitution chimique mettant en jeu une autre matière active, il nous est apparu indispensable de rappeler que d'un point de vue pratique ce remplacement va s'opérer dans certains itinéraires techniques.

Le rapport s'appuie dans la mesure du possible sur des alternatives au glyphosate qui sont déjà observables dans des exploitations agricoles, qui correspondent à des solutions matures ayant fait la preuve de leur faisabilité. La recherche et le développement se sont penchés sur d'autres pistes plus innovantes pour en tester la pertinence et l'efficacité, que nous nous efforcerons de présenter. Comme d'autres, l'INRA a déployé une part importante de ses efforts et mobilisé ses dispositifs expérimentaux pour élaborer et évaluer des systèmes de culture moins dépendants des pesticides de synthèse, mais sans se focaliser spécifiquement sur le glyphosate. Ces expérimentations génèrent des références permettant de cadrer les implications possibles du déploiement à large échelle de systèmes agricoles s'affranchissant des pesticides en général et du glyphosate en particulier.

1-3 Les grandes lignes de l'approche employée

Compte tenu du temps à disposition et de l'absence de données exhaustives, l'étude menée **n'a pas** été conduite selon les principes de la charte d'expertise scientifique institutionnelle¹ sur laquelle l'Inra s'est engagé en 2011.

L'étude réalisée ici s'appuie d'abord et avant tout sur l'expertise individuelle d'un nombre restreint d'experts de l'INRA, sélectionnés pour leurs grandes compétences agronomiques, l'ampleur de leurs connaissances scientifiques et concrètes des pratiques culturales et des systèmes de cultures mis en place en France et leur capacité à appréhender la dimension systémique des questions posées. Ils ont combiné leur propre savoir aux dires d'un nombre conséquent d'experts techniques auditionnés et mis en œuvre une démarche d'analyse comparative de cas réels quand elle était permise par les bases de données disponibles. Celle-ci visait à contraster les systèmes mobilisant du glyphosate et

¹ Document collectif (2011) Charte INRA de l'Expertise Scientifique Institutionnelle. Délégation à l'expertise scientifique collective, à la prospective et aux études. DEPE - Février 2011.

<http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/234000-94d50-resource-expertise-charte-inra.html>

ceux ne l'utilisant pas de façon à mettre en évidence les alternatives à l'usage du produit et leurs conséquences. Le biais de sélection qu'une telle démarche peut engendrer, est ici contrôlé grâce aux compétences agronomiques et systémiques des experts mobilisés.

Compte tenu des échéances fixées et de la nature de la commande, cette étude ne s'appuie pas directement sur une exploration systématique et une analyse approfondie de la littérature scientifique existante sur le sujet. Cette connaissance et ce recul critique par rapport aux résultats scientifiques sont supposés acquis via les compétences des experts, avec les biais et les manques qu'une telle façon de procéder peut comporter. Par ailleurs, en dépit de la largeur de vue des experts mobilisés, leur origine disciplinaire, l'agronomie, peut limiter la profondeur des analyses présentées ici. Ainsi, l'absence d'économistes (sauf dans le cas des DOM) ou de spécialistes des sciences sociales se traduit par une approche de cette dimension importante limitée à une réflexion sur les surcoûts potentiels des alternatives (notamment en équipements) et ne pouvant aller au-delà d'une analyse des évolutions de marge brute de court terme.

Dans le temps imparti à l'étude, nous avons exploité la série complète des années 2008 à 2016 de la base nationale des ventes des distributeurs (BNV-D) et nous avons sollicité directement le service de la statistique agricole (SSP) pour les enquêtes sur les pratiques en retenant les dernières campagnes d'enquête exploitables. Enfin, nous avons utilisé les données du réseau des fermes DEPHY du programme Ecophyto à leur entrée dans le dispositif (nommées 'point zéro') en grande culture et viticulture permettant une analyse quantitative des pratiques. En complément de ces enregistrements, une analyse qualitative de trajectoires de fermes ayant inscrit la réduction des herbicides et en particulier du glyphosate dans leurs objectifs viendra éclairer les transitions possibles.

L'étude traduite dans le présent rapport a été menée par l'INRA, avec le soutien de la Cellule d'Animation Nationale du réseau DEPHY et du SSP, et a comporté des séquences de concertation avec l'IRSTEA, les instituts techniques agricoles de l'ACTA, le CIRAD et les RITA. Nous avons notamment organisé deux séances dédiées à l'échange avec ces partenaires, les 15 et 20 novembre 2017, qui ont permis de bénéficier de leur expertise et de mettre en débat les expertises sur les alternatives au glyphosate. Lors de ces séances, des ingénieurs généraux, membres de la mission CGEDD-IGAS-CGAAER sur l'utilisation des phytosanitaires ont également contribué. Enfin, des membres de la commission indépendante d'évaluation des CEPP (Certificats d'Economie des Produits Phytopharmaceutiques) ont également contribué à ce travail.

2-Méthodologie employée

En raison du temps court de la saisine ministérielle, nous avons d'une part réalisé des études quantitatives sur la base des données facilement mobilisables (données statistiques nationales du SSP et données issues du réseau DEPHY-Ferme pour les grandes cultures et la viticulture en métropole), et d'autre part valorisé la connaissance d'experts de ces filières et des filières tropicales ultramarines dans les DOM.

Nous avons concentré notre étude sur les usages agricoles, les usages en Jardin, Espaces végétalisés et Industriels (JEVI) étant eux-mêmes encadrés par des textes réglementaires spécifiques limitant les usages du glyphosate à des exceptions de sécurité publique et de préservation du patrimoine de la nation (Loi n° 2014-110 du 6 février 2014, telle que modifiée par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015

relative à la transition énergétique pour la croissance verte et par la Loi n° 2017-348 du 20 mars 2017 relative à la lutte contre l'accaparement des terres agricoles et au développement du biocontrôle).

2-1 Les jeux de données à disposition

Trois sources principales permettent de documenter les usages de glyphosate en France ainsi que leur évolution :

La base nationale des ventes des distributeurs (BNV-D). Cette base est alimentée par les déclarations des bilans annuels de ventes de produits phytopharmaceutiques transmis par les distributeurs aux agences et offices de l'eau. Elle revêt un caractère réglementaire et officiel depuis la mise en place de la loi sur l'eau car ces déclarations s'inscrivent dans le cadre de la redevance pour pollutions diffuses². Cette base a récemment été ouverte à un accès élargi (<http://www.data.eaufrance.fr/jdd/660d6c71-6ae3-4d51-be4d-faf73567643e>) et cadré (<https://bnvd.ineris.fr/>). Comme son nom l'indique, elle compile sur une base annuelle les volumes de vente des produits phytopharmaceutiques exprimés en quantité de matière active. Ses limites sont connues ; elles sont de deux natures.

Premièrement, le registre synthétise dans une seule valeur annualisée le volume global des ventes de chaque matière active, sans tracer les utilisations projetées. Si une matière active conduit à un usage ultra majoritaire et s'emploie à une dose relativement homogène en fonction des usages, la valeur fournie pourra être facilement reliée à la surface équivalente aux traitements réalisés et aux cultures concernées. Il n'en va pas de même quand la matière active phytopharmaceutique a un spectre large, et des doses homologuées variables en fonction des usages (des grandes cultures aux cultures florales et ceux en dehors du strict champ agricole, par exemple les situations d'exception en JEVI). Dans le cas du glyphosate, les doses varient en fonction des usages, d'un facteur 2 à 5 entre les jeunes adventices annuelles et vivaces installées. L'interprétation des usages du glyphosate sur la base des quantités vendues est donc délicate.

La seconde restriction touche à la différence existant entre lieu de vente et lieu d'application (Groshens, 2014). Toutefois, sans que nous puissions le documenter, il reste raisonnable de penser que les utilisations se feront prioritairement dans le département concerné par la vente ou les départements limitrophes.

Les enquêtes sur les pratiques culturales conduites par le service de la statistique et de la prospective du ministère de l'agriculture (enquête SSP / Agreste PK). Cette action fait à présent partie intégrante du suivi du plan d'action Ecophyto qui vise à réduire progressivement l'utilisation de produits phytosanitaires. Par ailleurs, elles répondent pour la France au règlement (CE) n° 1185/2009 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2009 relatif aux statistiques sur les pesticides. L'enquête ne concerne pas toutes les grandes catégories de culture tous les ans. Elle vise à reconstituer dans ses grandes lignes, tout ou partie de l'itinéraire technique suivi pour la culture enquêtée. Elle sert notamment à vérifier l'engagement à respecter un cahier des charges particulier, précédents culturaux, préparation du sol, semis, fertilisation, lutte contre les ennemis des cultures, irrigation, rendement et raisonnement des interventions³. Les dernières campagnes sur lesquelles les statistiques sont disponibles sont 2011 pour les grandes cultures (et complément partiel en 2014), 2013 pour les légumes et la viticulture et 2015 pour l'arboriculture. La valorisation

² http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/La_BNV-d_cle8978db.pdf

³ voir par exemple la synthèse sur le recours aux produits phytopharmaceutiques en cultures légumières http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier27_integral.pdf

de ces données géolocalisées requiert le respect de la réglementation sur les données individuelles, ce qui est strictement contrôlé par le SSP via un système de contrôle de l'accès aux données qui n'a pas facilité leur valorisation « en urgence » dans le cadre de la saisine. Ces données sont précieuses du fait des grands effectifs enquêtés et de la représentativité de l'échantillon. Dans la présente étude, elles ont été mises à profit pour quantifier les usages du glyphosate et explorer les pratiques alternatives des agriculteurs qui n'y ont pas recours.

Les jeux de données SSP 'Grandes Cultures' recouvrent 19661 parcelles conduites en conventionnel en 2011 et 19282 parcelles en 2014. Les cultures retenues sont blé tendre, blé dur, orge d'hiver, orge de printemps, triticales, colza, tournesol, pois d'hiver, pois de printemps, maïs ensilage, maïs grain, betterave, pomme de terre. Dans chaque situation, l'enquête permet de connaître, non seulement l'itinéraire technique précis de la culture enquêtée, mais également les antécédents culturels et le recours ou non au labour sur les cinq campagnes culturales précédentes. Aussi l'information permet de quantifier les utilisations de glyphosate pendant l'interculture (précédant la culture enquêtée) et de croiser, entre autres, avec les types et nombres d'interventions de travail du sol. Cette base de données est régulièrement mise à jour (environ tous les 4 ans) par des enquêtes de terrain sur les pratiques agricoles et les itinéraires techniques complets à l'échelle spatiale de la parcelle et à l'échelle temporelle du cycle cultural. Les données « viticulture » utilisées dans le présent rapport concernent les derniers jeux de données validés des itinéraires techniques viticoles de 2006 (5216 parcelles) et 2010 (6264 parcelles), complétés par ceux de Mailly et al., (2017).

Le réseau des fermes Dephy a été créé dans le cadre d'Ecophyto. A son entrée dans le dispositif, chaque ferme a décrit précisément tous ses itinéraires techniques au cours des 3 années précédentes (2009-2010-2011 pour les fermes les plus anciennes). Ces données 'point zéro' des fermes Dephy correspondent à 996 systèmes de grandes cultures conventionnels (soit 5521 itinéraires techniques de conduite de culture), 1049 vignes conventionnelles et 131 vergers conventionnels. De plus, les schémas décisionnels des agriculteurs sont également renseignés. Ces données sont enregistrées dans la base de données Agrosyst, gérée par l'Inra.

Le réseau Dephy a été construit sur la base du volontariat, sans objectif de représentativité de l'agriculture française. Pour les grandes cultures, une étude a montré l'assez bonne correspondance entre le réseau Dephy et les données statistiques nationales pour de nombreux macro indicateurs (type de sol, assolement, usage de pesticides... cf. Lechenet, 2017). Le caractère volontaire des agriculteurs Dephy peut cependant générer un biais potentiel sur les pratiques. En cohérence avec leur volonté de changement pour réduire l'usage de pesticides, ils peuvent pour certains d'entre eux tolérer plus d'adventices dans les parcelles, accepter une prise de risque légèrement supérieure ou mobiliser un peu plus les leviers techniques alternatifs aux herbicides. En tout état de cause, les données 'point zéro' correspondent aux pratiques des agriculteurs Dephy avant toute modification du système envisagée dans le cadre du projet Dephy. Ces pratiques sont donc vraisemblablement assez proches des pratiques nationales moyennes pour la période considérée concernant les grandes cultures.

La période d'enregistrement des pratiques (2009-2011) est antérieure au déploiement généralisé de la directive nitrates qui a entraîné depuis 2011 des modifications des pratiques pour généraliser les couverts végétaux pendant les périodes d'intercultures, et les techniques spécifiques de gestion et destruction de ces couverts.

Ces données décrivant les pratiques des fermes Dephy ont été utilisées pour (i) caractériser les usages du glyphosate, y compris sur le plan de la structuration géographique, (ii) expliquer la

variabilité de cet usage par la mise en évidence des liens avec des facteurs explicatifs liés aux spécificités des contextes de production et aux stratégies agronomiques des agriculteurs, et (iii) évaluer les impacts des alternatives au glyphosate en comparant les performances économiques et environnementales de systèmes de culture Dephy mobilisant vs. ne mobilisant pas le glyphosate, à contexte de production et type de stratégie agronomique équivalente.

On ne saurait conclure cette partie sans rappeler le rôle primordial que joue la disponibilité de jeux de données complets pour objectiver les différentes options. A ce titre, il y a bien lieu de saluer le dispositif Ecophyto pour avoir radicalement changé la donne sur les trois sources que nous avons pu consulter. Il n'y aurait sans doute pas de Base de données renseignée exhaustive sur les ventes des distributeurs, les questionnaires des pratiques réalisées par Agreste n'auraient pas autant détaillé ce qui relève des choix de protection des cultures et de l'utilisation des informations amont d'épidémiosurveillance et enfin, nous n'aurions pas de situations vraies en instantané et en trajectoire chronologique sans le réseau des fermes Dephy. C'est sans doute ce dernier point qui est le plus marquant car il apporte beaucoup d'éléments de démonstration que d'autres agricultures sont possibles et que les agriculteurs qui les déploient en sont souvent les premiers ambassadeurs.

Ce qui nous a fait le plus défaut pour comprendre une partie des déterminants concerne principalement l'articulation des choix d'itinéraires de conduite des exploitations à la collecte et aux filières de transformation, en structurant le choix des espèces de rente et des successions culturales. A titre d'illustration, la compétition exercée par un couvert d'enherbement dans un verger peut se traduire par un changement de calibre des fruits qui n'a pas nécessairement les mêmes conséquences si cela vient alimenter une filière de transformation ou une vente en frais selon des standards de marché codifiés. Nous nous sommes aussi interrogés sur les conséquences possibles d'interdictions des pesticides sur de toutes petites filières qui n'ont généralement pas la masse critique pour travailler des alternatives. Elles peuvent aussi être très localisées ce qui fait que leur état de santé peut avoir des répercussions territoriales fortes, positives comme négatives. Nous butons aussi sur des grandes zones d'incertitude pour éclairer les conséquences d'un retrait ; on retiendra i) la difficulté à clarifier les implications positives sur la santé ou la biodiversité, ii) la relative difficulté pour objectiver les marges de progrès possibles sur des solutions alternatives une fois celles-ci mises en avant en termes de fiabilité, de coût d'utilisation, de débit de chantier, etc. ; distinguer ce qui relève de vraies impasses durables demeure un travail prospectif voire spéculatif peu aisé auquel nous avons évité de nous livrer.

2-2 Définition des modalités de travail du sol

Dans la mesure où, en grandes cultures, le travail du sol est un élément déterminant de l'usage des herbicides en général et du glyphosate en particulier, il est essentiel ici de définir clairement les modalités d'usage et de travail des sols.

En grandes cultures, le glyphosate est utilisé majoritairement pendant la période d'interculture, entre la récolte d'une culture et le semis de la culture suivante. Par convention, on attribue le traitement pendant cette période à l'itinéraire technique de conduite de la culture suivante, notamment parce que ce traitement contribue à la préparation des bonnes conditions de semis de cette culture.

Il y a un lien fonctionnel étroit entre l'usage de glyphosate et le travail du sol, ce qui impose d'explicitement clairement le vocabulaire utilisé. Le labour est une forme de travail du sol parmi d'autres, qui se caractérise par un effet de retournement du sol, les horizons les plus superficiels se retrouvant

enfouis en profondeur (à une profondeur variable selon le type de labour). Un agriculteur peut pratiquer le labour systématiquement tous les ans, ou de façon plus occasionnelle, ou jamais. Il existe d'autres formes de travail du sol, sans retournement, souvent plus superficiels que le labour, avec des outils à dents ou à disques, ou des outils animés comme la herse rotative. Certains agriculteurs pratiquent des techniques sans labour, ou techniques culturales simplifiées (TCS) et ne mobilisent que ces formes de travail du sol sans retournement, souvent sur de grandes exploitations, souvent sur des terres à potentiel faible à intermédiaire, car cela permet de réduire les temps de travaux de préparation et de réalisation des semis. Enfin, certains agriculteurs, peu nombreux mais importants au regard de la problématique 'glyphosate', ne travaillent pas du tout le sol. Le seul travail du sol est l'action d'un disque semeur creusant un sillon étroit pour accueillir les graines semées, sur une proportion négligeable de la surface de la parcelle. Lorsque ce type de stratégie est répétée systématiquement tous les ans, la stratégie est classée dans le type 'semis direct'. Le plus souvent, le semis direct est associé au semis d'un couvert d'interculture visant à constituer un mulch de résidus végétaux en surface pendant l'interculture et persistant après le semis de la culture pour limiter le développement des adventices. La stratégie de semis direct peut être motivée par une réduction encore plus drastique du temps de traction au champ, mais aussi par des motivations de préservation de la qualité des sols (réduction de l'érosion, amélioration de la qualité biologique) ou des préoccupations environnementales (stockage de carbone, préservation de la biodiversité).

2-3 Quelques ressources documentaires consultées

Nous nous sommes attachés à consulter différentes ressources documentaires au-delà de la littérature scientifique. Nous avons également exploré les ressources internationales disponibles.

Sollicités par différentes voies, différentes instances en France ont élaboré des synthèses courtes reprenant les usages, listant les alternatives, soulignant les difficultés). Les instituts techniques, l'académie d'agriculture, des ONG ont produits des documents que nous avons consultés, et nous avons eu parfois des échanges directs avec les rédacteurs pour clarifier certains points. L'ACTA a notamment coordonné la valorisation de différents dispositifs expérimentaux conduits par les instituts techniques visant précisément à tester des itinéraires techniques sans usage de glyphosate. Certains numéros de la revue TCS sont venus éclairer des pratiques mobilisées pour contrôler l'enherbement lors de production sous techniques culturales simplifiées.

Une étude assez proche dans ses finalités a été réalisée en Allemagne en 2015 sous la coordination du Julius Kühn Institute (Kehlenbeck et al., 2015). Partant du constat de la forte dépendance au glyphosate, cette étude a exploré les usages principaux, chiffré l'impact économique du choix d'une ou plusieurs solutions alternatives en portant tout particulièrement l'accent sur les actions de désherbage mécanique. Enfin, elle dresse la liste des situations pour lesquelles l'arrêt d'utilisation du glyphosate semble le plus problématique.

Des études conduites en Suisse (dispositif « Oberacker », de l'INFORAMA Rütli à Zollikofen, essai P29C d'Agroscope à Changins) sur l'évolution à long terme d'un système de culture vers une réduction de travail du sol ont permis de cerner les mécanismes de dépendance au glyphosate.

Enfin, une étude conduite en Grande-Bretagne sous l'autorité du BBSRC a permis de préciser les travaux conduits en Grande-Bretagne pour identifier des alternatives aux pesticides de synthèse et les conséquences des changements de pratiques (Global food security Workshop : Alternatives to

conventional pesticides: understanding the efficacy and unintended consequences of a change in practice⁴).

3-Résultats

3-1 Répartition des volumes d'utilisation entre les filières ; évolution dans le temps

Disposer des données d'usage à l'échelle nationale pour présenter une photographie ou objectiver une tendance n'est pas chose aisée. Même les sources données comme fiables et actualisées chaque année font état d'évolutions combinant plusieurs facteurs antagonistes qui rendent hasardeuses les comparaisons. A titre d'illustration, le document de synthèse produit par les statistiques du développement durable pour la période 2009-2015, attirait l'attention sur leur particularité : *'Les données de la BNV-D ne renseignent pas sur la localisation de l'usage mais sur le lieu de vente des produits par les distributeurs. Les ventes transfrontalières ne sont prises en compte qu'à partir de 2012.'* (Datalab essentiel n° 94 - Mars 2017).

L'interrogation de la Base Nationale des Ventes des distributeurs fait généralement la distinction entre grands secteurs d'usages : Agricole ou non agricoles, professionnel ou amateur, considéré comme produit de biocontrôle ou pour des usages spécifique à l'instar du traitement de semence. Entre 2011 et 2016, le glyphosate se retrouve seul ou en mélange avec d'autres matières actives dans différentes catégories d'usages. Le tableau 1 donne les ventes de glyphosate entre 2011 et 2016 traduite en équivalent Quantité de substance active pour tenir compte des variations de composition d'une formulation à l'autre. La tendance globale semble être à une relative stagnation des usages agricoles couplée à une baisse constante des usages non agricoles en accord avec l'évolution de la réglementation.

Tableau 1 - Vente globale de glyphosate (d'après la BNV-D)

année de référence	tonnage exprimé en Quantité de substance active (Qsa)	part des usages non agricoles (%)
2011	8980	21,72
2012	9730	20,92
2013	9370	19,68
2014	10070	18,52
2015	8790	18,60
2016	9110	16,14

Les grands usages autorisés en France recouvrent des situations contrastées dans le temps, l'espace et les cibles. Ainsi, le paysage des usages s'étend du traitement des vignes et vergers, à l'interrang de certaines cultures sarclées, de la préparation des lits de semences à la gestion des intercultures, de la lutte contre les vivaces au nettoyage des abords de parcelles. Comme la répartition de ces situations

⁴<https://www.foodsecurity.ac.uk/publications/alternatives-conventional-pesticides-understanding-efficacy-unintended-consequences-change-practice.pdf+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=fr>

est hétérogène d'un territoire à l'autre, il est logique d'attendre sans pouvoir garantir que ce soit la seule raison que les usages soient hétérogènes à l'échelle de la France métropolitaine.

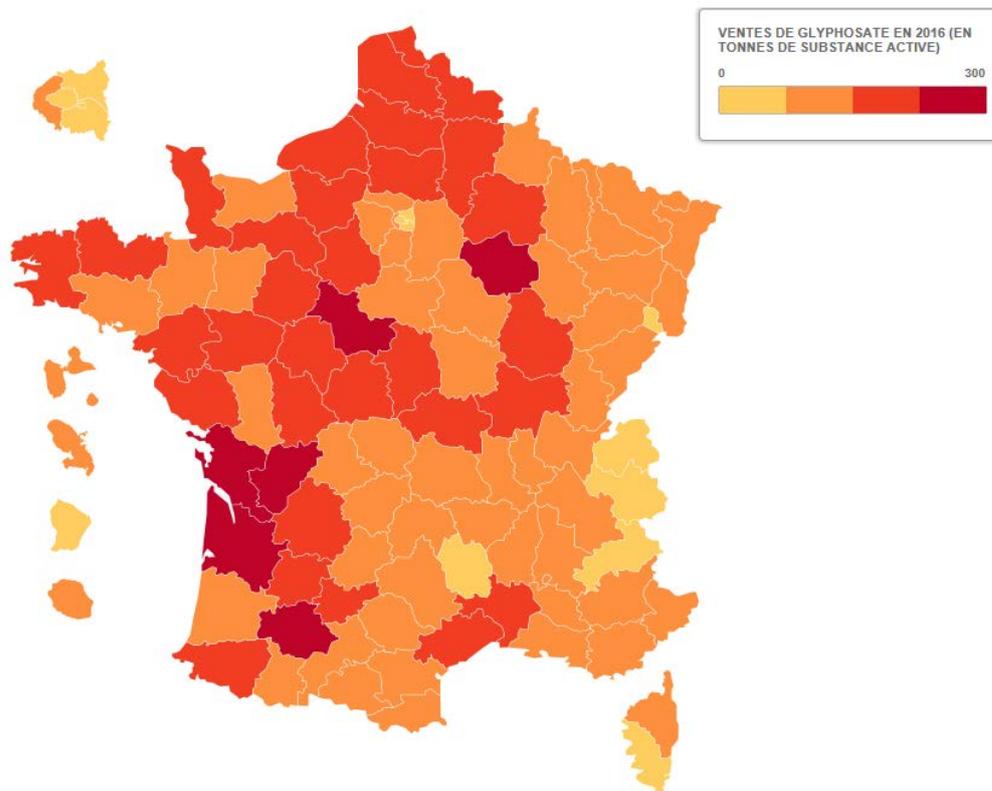


Figure 1 : Carte de la répartition des ventes de glyphosate par département. Données extraites de la BNV-D, voici la carte que diffusait le site de francetvinfo pour la campagne 2016.

Sur cette carte, il est aussi difficile d'expliquer les facteurs de contraste entre la Gironde et les Landes que de commenter la classe identique du Jura et de la Drome. De même à l'échelle des variations interannuelles. La carte de la figure 2 compare les ventes de glyphosate entre 2012 et 2016. Au sein des données disponibles dans la BNV-D, ces 2 années ont été choisies car 2016 est la donnée la plus récente disponible et 2012 est l'année la plus ancienne à laquelle la base est remplie selon le même mode de calcul que l'année 2016. Concernant les tendances d'évolution des quantités de glyphosate utilisées à l'échelle nationale, la consommation varie finalement assez peu. Une comparaison des volumes de vente entre deux années génère une carte hétérogène, suggérant une diversité sous-jacente des origines de variations (destruction de prairies permanentes au Nord, implantations de nouveaux vergers et vignes au Sud, etc.).

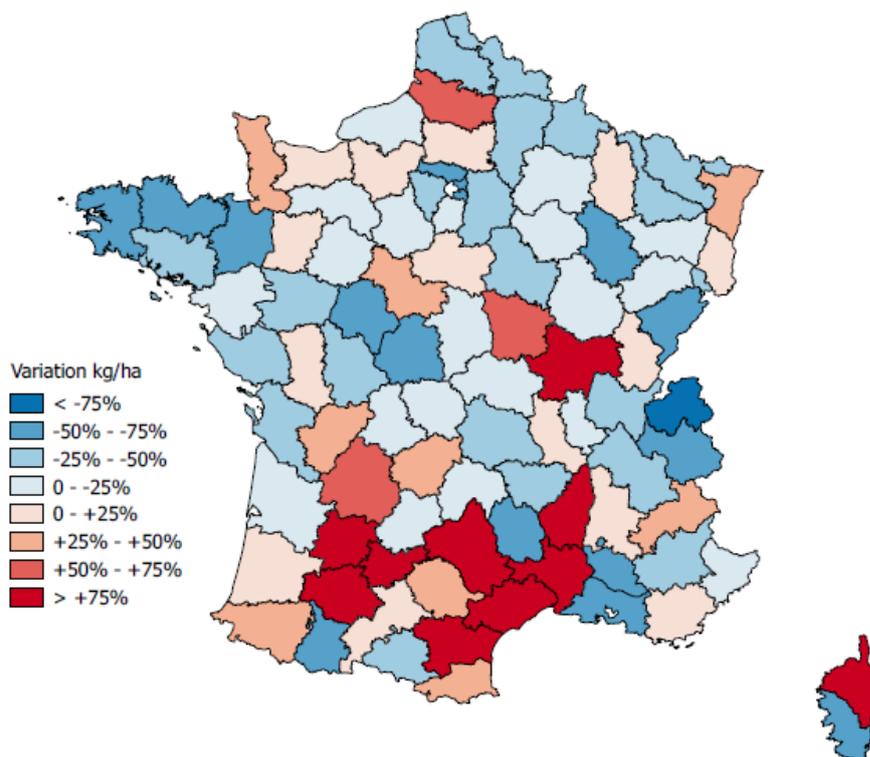


Figure 2 : Carte de la variation de la quantité de glyphosate vendue par hectare de SAU par département entre 2012-2016.

Ces deux cartes illustrent le besoin de connaître la cible visée et la culture concernée pour clarifier une tendance générale des usages de glyphosate à l'échelle nationale. C'est pourquoi, nous allons maintenant développer les usages, les tendances et les facteurs susceptibles d'expliquer les variations géographiques des usages de glyphosate à partir des données « point zéro » du réseau Dephy, complétées par les données de la statistique agricole d'Agreste sur les pratiques, noté SSP dans la suite du document.

3-2 Usages du glyphosate en grandes cultures dans le réseau Dephy et selon les enquêtes SSP 2011 et 2014

L'analyse des fermes du réseau Dephy, spécialisées en grandes cultures et en polyculture-élevage fait apparaître les informations suivantes :

- 57 % des systèmes de culture DEPHY utilisaient du glyphosate au moins ponctuellement dans la rotation au moment de leur entrée dans le réseau. Donc 43 % des agriculteurs DEPHY en conventionnel n'en utilisaient jamais. Comme il y a plusieurs itinéraires techniques dans un système de culture, une analyse des itinéraires montrent que 28 % des itinéraires techniques comportaient au moins un traitement au glyphosate ;
- 95 % des traitements étaient réalisés « en plein » sur l'ensemble de la parcelle. Les traitements très localisés, en bordure ou sur des tâches d'adventices sont donc très minoritaires ;
- Les traitements de pré-récolte contre les vivaces sont très rares (0,1 % des traitements). 4 % des traitements correspondaient à la destruction des prairies temporaires (qui ne sont détruites chimiquement que dans 30% des cas). 26 % des traitements correspondaient à la

destruction des couverts d'interculture et des adventices qui s'y développent. La majorité des traitements (70%) étaient appliqués sur sol sans interculture mais reverdi pour détruire les adventices qui se développent pendant cette période en amont des semis. Il est probable que cette proportion ait diminué depuis l'époque du lancement du réseau DEPHY, avec l'augmentation des surfaces implantées avec un couvert d'interculture en application de la directive 'Nitrate' dans les zones vulnérables.

- Environ 10% des traitements sont réalisés à des doses visant des adventices vivaces, 90 % des traitements visent des plantes annuelles.

Les recours au glyphosate tels que mesurés à travers les usages pratiqués varient avec la durée de l'interculture et la sensibilité à la concurrence pendant la phase de germination/levée de la culture choisie. Aussi, toutes les grandes cultures n'entraînent-elles pas les mêmes quantités moyennes d'application de glyphosate. Les quantités épandues à l'hectare varient du simple au triple.

Tableau 2 - Quantités de glyphosate utilisées sur les 'grandes cultures' annuelles d'après les données SSP.

NB : l'usage de Glyphosate en interculture est rattaché à la culture qui suit

Espèce	Région	quantite_tot ale glyphosate	quantite_m oy glyphosate	nb_traiteme nts_tot_gly phosate	nb_traiteme nts_moyen _glyphosat e	nb_traiteme nts_herbici de_tot	nb_traiteme nts_herbici de_moy	part_moyen ne_glyphos ate
tournesol	Ensemble - 2011	179 663 953	263,0	226 814	0,33	1 331 531	1,95	13,3
pois protéagineux	Ensemble - 2011	25 496 634	159,9	34 428	0,22	447 950	2,81	6,4
maïs grain	Ensemble - 2011	194 529 247	132,2	220 001	0,15	4 249 282	2,89	4,3
orge	Ensemble - 2011	166 848 573	126,3	244 543	0,19	2 654 889	2,01	6,3
maïs fourrage	Ensemble - 2011	132 203 078	123,1	163 446	0,15	3 189 271	2,97	4,2
triticale	Ensemble - 2011	35 813 453	103,8	34 779	0,10	528 628	1,53	4,3
colza	Ensemble - 2011	137 065 565	97,7	226 501	0,16	3 406 221	2,43	4,7
blé dur	Ensemble - 2011	31 152 045	89,8	45 757	0,13	615 096	1,77	4,5
betterave sucrière	Ensemble - 2011	32 751 294	89,5	44 721	0,12	5 418 675	14,81	0,7
blé tendre	Ensemble - 2011	389 485 556	84,8	532 894	0,12	9 689 327	2,11	3,8
pomme de terre	Ensemble - 2011	8 283 386	58,3	9 333	0,07	619 205	4,36	1,3

Note de lecture : en 2011, 389 485 556 g de glyphosate ont été répandus sur les parcelles de blé tendre. Les exploitants de culture de blé tendre ont utilisé en moyenne 84,8 g/ha au cours de la campagne 2011. Au total, 532 894 traitements ont été fait avec un produit contenant du glyphosate, et en moyenne, les exploitants de blé tendre ont réalisé 0,12 traitement avec un produit contenant du glyphosate. Le nombre total de traitements herbicides sur le blé tendre en 2011 était de 9 689 327, soit 2,11 traitements herbicides en moyenne sur le blé tendre. En moyenne, 3,8 % des traitements herbicides sur le blé tendre ont été faits avec un produit contenant du glyphosate.

3-2-2 Usages du glyphosate en France en grandes cultures selon les enquêtes SSP 2011 et 2014

Globalement, l'utilisation de glyphosate concerne 14% des surfaces en 2011, 15% en 2014. Cette valeur recouvre des situations de nature différente puisque, dans un nombre limité de cas (3 à 4%), le glyphosate est utilisé pour détruire une prairie permanente ou temporaire, un peu plus fréquemment (13 à 16%) pour détruire un couvert d'interculture, et dans la grande majorité des cas (plus de trois quarts des situations) pour détruire des adventices en l'absence de prairie ou couvert, en complément d'une diversité de stratégies de travail du sol.

La fréquence de recours au glyphosate apparaît nettement variable en fonction de la stratégie de travail du sol. En effet, moins de 10% des surfaces en labour systématique sont concernées par l'utilisation de glyphosate, contre près de 40% des surfaces en techniques culturales simplifiées, et plus de 60% des surfaces en semis direct en 2010-2011 (Figure 3). Cependant, le labour, qu'il soit systématique, fréquent ou occasionnel, concerne la majorité des surfaces. De ce fait, près de deux tiers des surfaces concernées par une application de glyphosate auront aussi été labourées, au moins occasionnellement, au cours des 6 années de suivi (Figure 4).

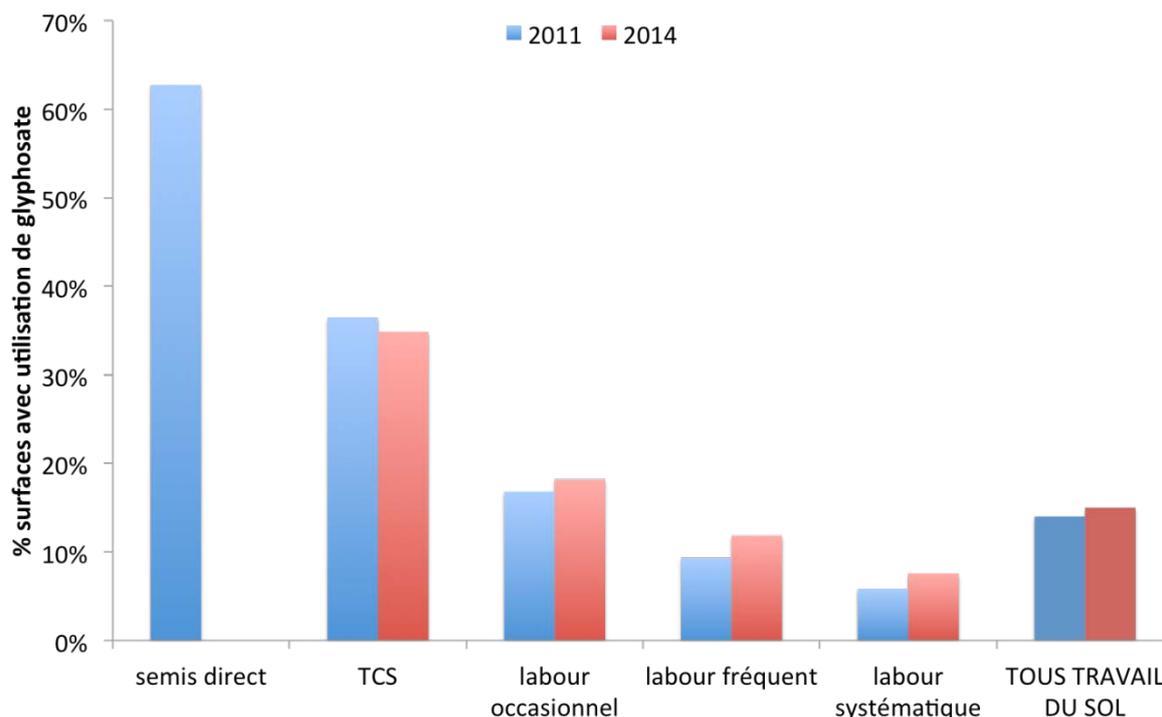


Figure 3 : Pourcentage de surfaces avec usage de glyphosate, respectivement en 2010-2011 et 2013-2014, selon les stratégies de travail du sol. (Labour systématique signifie un labour tous les ans, Labour fréquent = plus d'un an sur deux, Labour occasionnel = max un an sur deux, TCS signifie ici aucun labour sur 6 ans mais autre travail du sol en 2010-2011, et semis direct aucun labour sur 6 ans ni aucun travail du sol en 2010-2011 à part le semis. TCS et semis direct ne peuvent être distingués pour l'enquête partielle 2014 qui ne couvre pas les interventions de travail du sol autre que le labour).

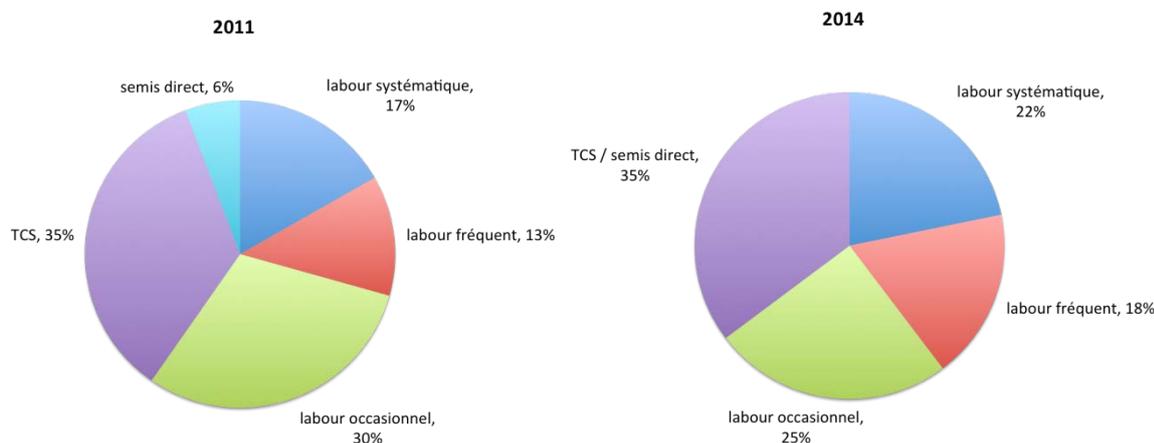


Figure 4 : Distribution des surfaces concernées par une application de glyphosate, respectivement en 2010-2011 et 2013-2014, selon les stratégies de travail du sol. (Labour systématique signifie un labour tous les ans, Labour fréquent = plus d'un an sur deux, Labour occasionnel = max un an sur deux, TCS signifie ici aucun labour sur 6 ans mais autre travail du sol en 2010-2011, et semis direct aucun labour sur 6 ans ni aucun travail du sol en 2010-2011 à part le semis. TCS et semis direct ne peuvent être distingués pour l'enquête partielle 2014 qui ne couvre pas les interventions de travail du sol autre que le labour).

Lorsqu'il y a un usage de glyphosate, l'enquête ne met pas en évidence de différence de dose en fonction du type de travail du sol. D'une manière générale, le dosage retenu pour l'application tient compte de la situation ; ainsi les plantes de grande taille, bien implantées et avec un système racinaire important sont beaucoup plus difficiles à détruire et nécessiteront un dosage plus élevé que les jeunes plantules.

L'utilisation de glyphosate est sensiblement plus fréquente sur les parcelles recevant des successions avec colza et céréale à paille, ou tournesol et céréale à paille (Tableau 2). Compte tenu des variations d'assolement d'une région à l'autre, l'utilisation annuelle de glyphosate n'est pas uniformément répartie à travers l'hexagone. Une bande centrale partage la France (Figure 5), dans laquelle le pourcentage de surface recevant du glyphosate varie entre 17 et 30 % (selon les départements), contre 1 à 17 % en dehors de cette zone.

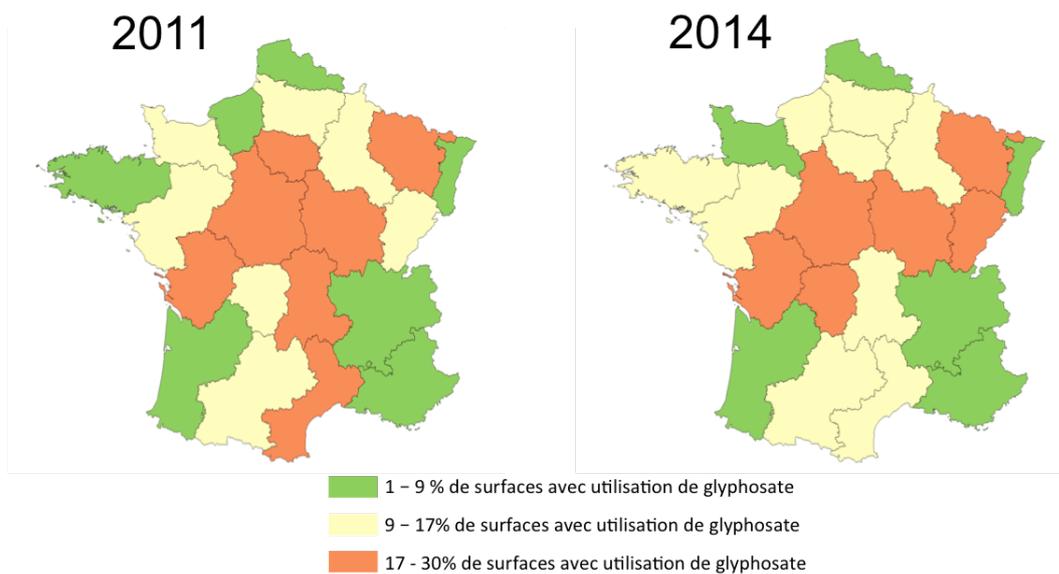


Figure 5 : Distribution des anciennes régions administratives françaises en fonction de la part de surfaces en grande culture recevant une application de glyphosate, respectivement au cours des campagnes culturales 2010-2011 et 2013-2014

Une question récurrente concerne la possibilité que le glyphosate vienne en substitution ou en complément d'autres applications herbicides pendant la saison culturale, selon qu'il y a eu ou non un couvert d'interculture précédent l'installation de la culture. La Figure 6 indique qu'à l'intérieur des différentes situations rapportées, le contraste entre les situations avec et sans glyphosate montre que les valeurs sont comprises entre +0,4 et +0,9, indiquant un supplément d'application d'herbicide, à dose homologuée, lorsqu'il y a application de glyphosate.. Il n'y a donc pas d'effet de report ni dans un sens, ni dans l'autre. Ce fait, retrouvé dans les itinéraires des réseaux DEPHY (voir la partie correspondante du rapport), souligne le rôle assigné au glyphosate de destruction des couverts et de gestion des flores difficiles notamment vivaces, pendant la période d'interculture.

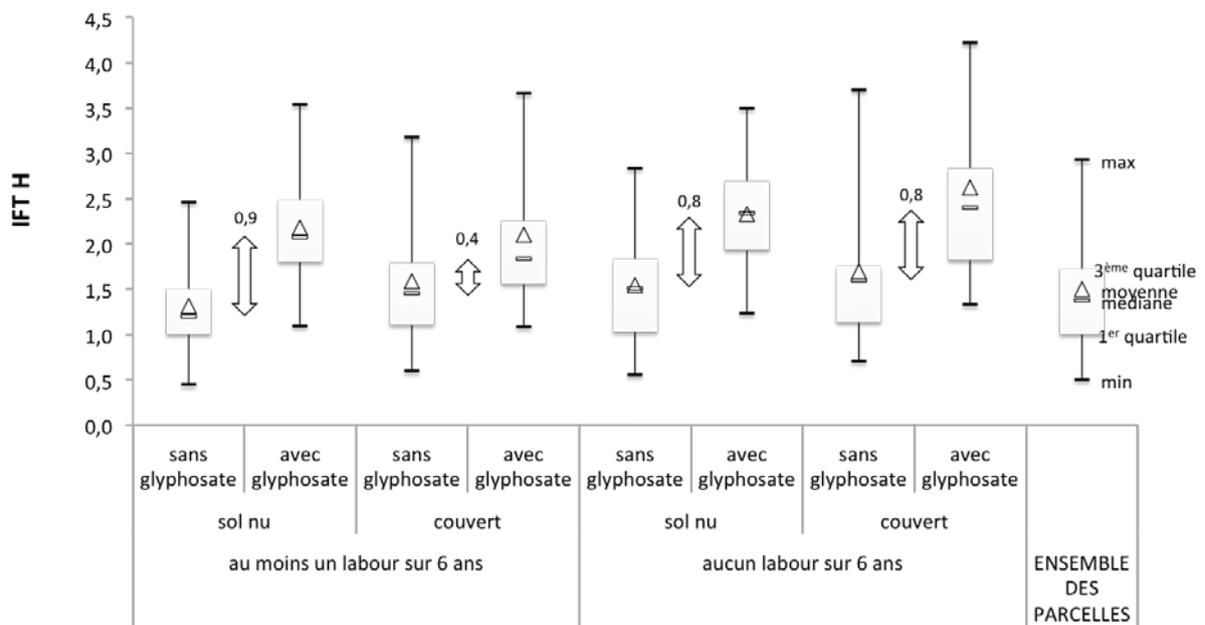


Figure 6 : Comparaison des IFT H (Indice de Fréquence de traitement herbicide, glyphosate compris), sur les parcelles enquêtées en 2010-2011, ayant ou non reçu une application de glyphosate. Parcelles regroupées selon la présence d’au moins un labour (ou non) au cours des 6 années enquêtées et selon la présence ou non d’un couvert pendant l’interculture précédant la culture enquêtée.

Enfin, pour finir sur la relation liant l’usage de glyphosate au travail du sol, on observe une substitution entre le désherbage chimique avec le glyphosate et une intervention de travail du sol, uniquement dans les situations où un couvert d’interculture a été installé. L’écart de un passage constaté entre ces situations montre qu’une seule intervention mécanique peut se substituer à l’application de glyphosate pour détruire le couvert, les autres interventions étant déployées pour préparer le semis.

3-2-3 Facteurs explicatifs de la variabilité du niveau d'usage de glyphosate, à partir du réseau Dephy

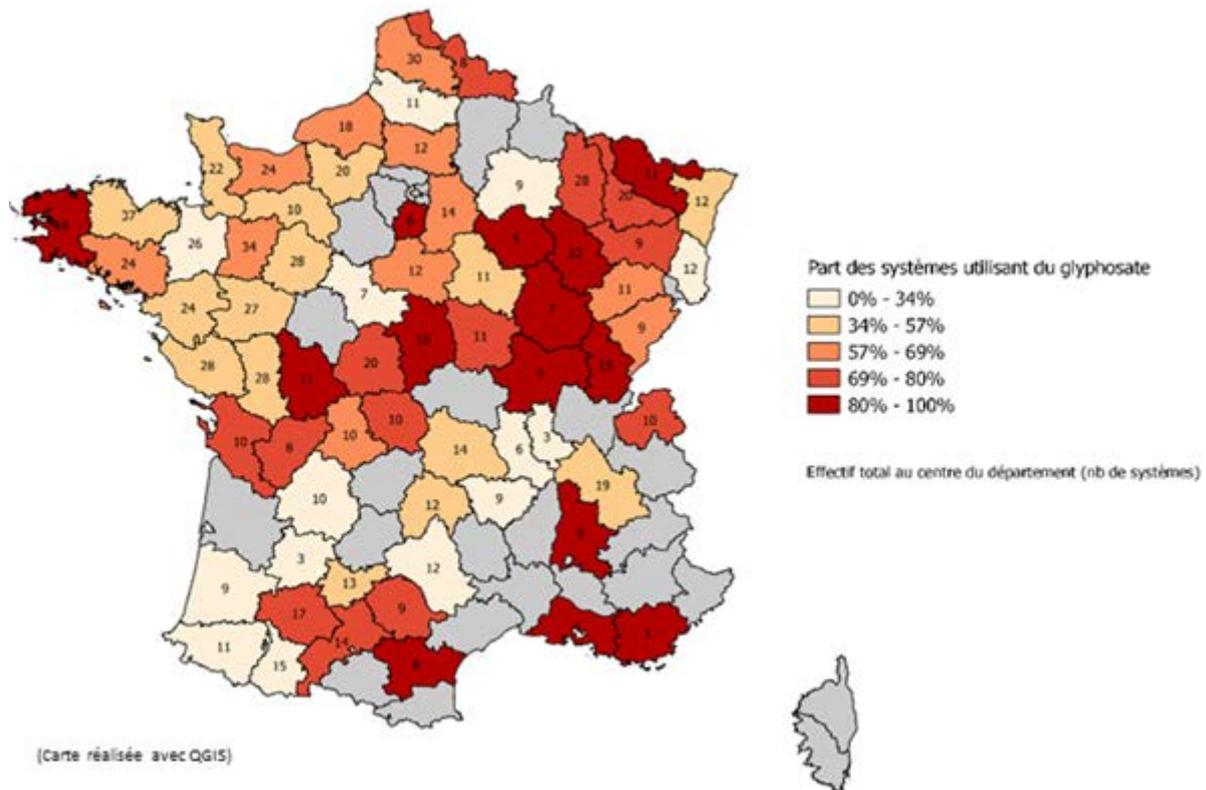


Figure 7 : Cartographie du niveau de recours au glyphosate dans les fermes DEPHY pour la filière Grandes Cultures & Polyculture-élevage. Les départements sont colorés en fonction du pourcentage de fermes DEPHY ayant recours au glyphosate. Le chiffre correspond à l'effectif de fermes DEPHY dans chaque département (attention, ce chiffre est faible dans quelques départements, en particulier dans le Var, ce qui limite la robustesse du résultat).

- La fréquence d'usage du glyphosate est la plus importante dans les régions agricoles de production céréalière et oléagineuse sur sols superficiels à intermédiaires, ainsi que dans certains départements du Sud-Ouest (Figure 7).
- Cette géographie du glyphosate s'explique par le lien fort entre l'usage de glyphosate et la réduction du travail du sol. L'usage de glyphosate est nettement moins important pour les systèmes avec labour (et d'autant moins fréquent que le labour est fréquent dans la rotation), que pour les systèmes sans labour. Parmi les systèmes sans labour, les systèmes en semis direct vrai et systématique (aucune intervention de travail du sol ; voir typologie donnée en §2.2) utilisent presque deux fois plus de glyphosate que les systèmes avec travail du sol sans retournement, souvent superficiel. La stratégie de travail du sol étant en partie liée à la taille des exploitations et à la recherche d'une réduction du temps de travail, le glyphosate tend à être plus utilisé dans les très grandes exploitations. Ces exploitations sont plus fréquemment conduites sans labour, et le glyphosate peut être un levier pour augmenter les débits du chantier de préparation des semis, et permettre de semer de grandes surfaces dans un temps limité.

- 100 % des agriculteurs en stratégie de semis direct utilisent le glyphosate, ce qui suggère qu'il n'est pas aujourd'hui possible de concilier ce type de stratégie, intéressante par ailleurs pour ses bénéfices environnementaux, avec le bannissement du glyphosate (cf. §3.6.1). Les systèmes en semis direct sous couvert représentent seulement 2% des effectifs mais utilisent 10% du volume de glyphosate consommé dans le réseau DEPHY pour la filière. Environ 50% des systèmes avec labour et 25 % des systèmes avec travail du sol sans retournement n'utilisent jamais de glyphosate, ce qui suggère qu'il est possible, dans des conditions appropriées, de s'affranchir de l'utilisation de ce produit avec ce type de stratégie. Dans ces différentes situations, on ne dispose pas d'éléments sur l'état de la population d'adventices, notamment sur le niveau de risque engendré par la population de graines dans le sol et la densité d'organes de reproduction végétative des adventices vivaces.

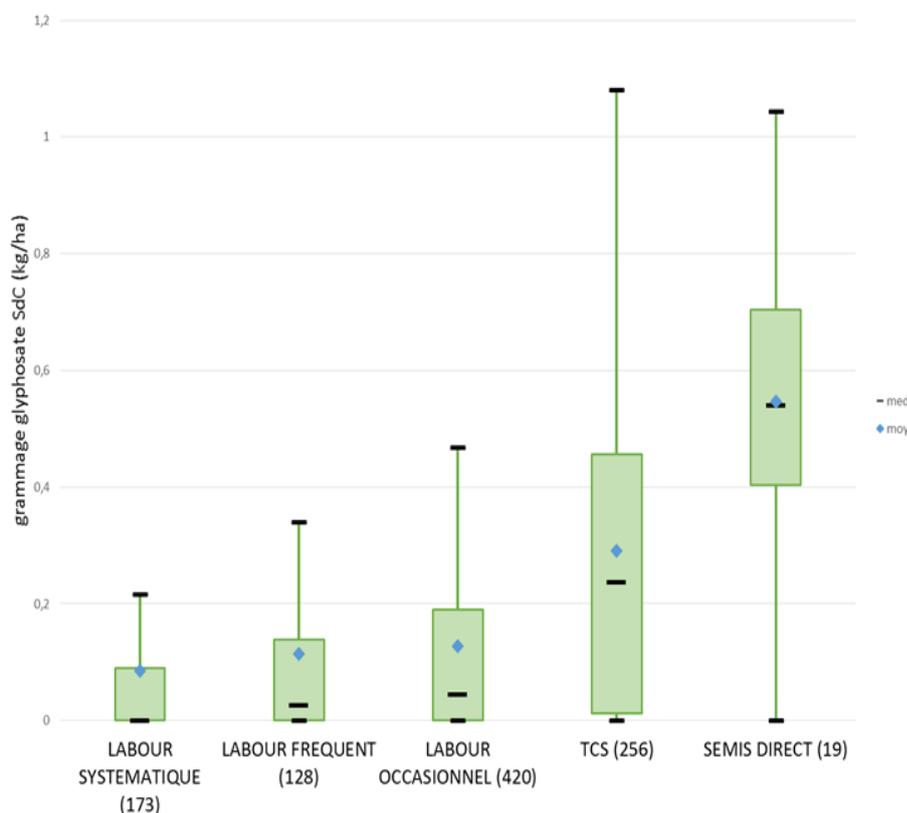


Figure 8 : Distribution du niveau d'usage de glyphosate moyen par hectare et par an, en fonction du type de stratégie de travail du sol. Le chiffre entre parenthèse correspond à l'effectif de fermes DEPHY. (TCS = Techniques Culturelles Simplifiées, sans labour)

- Les rotations à base de colza et de céréales (avec éventuellement du tournesol ou des légumineuses à graines), qui correspondent souvent aux sols à potentiels faibles à intermédiaires et qui sont fréquemment conduites sans labour, sont celles qui sont le plus fréquemment associées à un usage de glyphosate.
- Pour les systèmes sans labour, la fréquence d'usage de glyphosate est plus importante sur les sols argileux, par rapport aux sols de texture plus légère.
- La consommation d'herbicides en culture est égale, voire supérieure, dans les fermes qui utilisent du glyphosate par rapport à celles qui n'en utilisent pas. Les traitements au glyphosate pendant l'interculture ne permettent en aucun cas de limiter le nombre de

traitements en culture. Les traitements au glyphosate s'ajoutent aux itinéraires techniques de gestion de la flore adventice.

Ces éléments mettent ainsi en avant quelques facteurs facilitants ou aggravants : composition de la rotation, situation pédoclimatique, durée d'interculture jouant sur le stade de développement atteint par les adventices, etc.

Les alternatives au glyphosate seront donc présentées de manière structurée selon le service agronomique pour lequel le glyphosate est utilisé. Les quatre principaux services identifiés sont la lutte contre les adventices vivaces, la destruction des prairies temporaires, la destruction des couverts d'interculture et le nettoyage avant semis de parcelles reverdies.

3-2-4 Alternatives au glyphosate en grandes cultures, efficacité, faisabilité et impact sur les exploitations

Remarques préliminaires : Des travaux de recherche de l'INRA comme ceux d'autres instituts, fondés sur l'expérimentation de systèmes de culture innovants ou sur l'analyse de la diversité des pratiques des agriculteurs, démontrent que des combinaisons de leviers techniques sont en mesure de maintenir de bas niveaux d'infestations par des plantes adventices dans les cultures, même en l'absence d'utilisation d'herbicides. Dans ces conditions, les besoins de recours aux herbicides 'en culture' sont réduits (Chikowo et al., 2009 ; Lechenet, 2017). Parmi les leviers identifiés : la diversification des successions culturales, notamment en terme de diversité de période de semis, le recours au labour non systématique pour enfouir les graines des plantes annuelles en profondeur, les décalages de dates de semis pour esquiver les périodes de levée d'adventices, associés ou non à la pratique des faux semis, le choix de variétés et espèces compétitives et vigoureuses dans leur phase d'installation, le semis de plantes « compagnes » limitant la place laissée vacante aux adventices, ce qui réduit leur croissance, la fertilisation modérée sur certaines cultures, le désherbage mécanique en culture...

Cependant les stratégies de gestion fondées sur ces leviers répondent à une problématique de réduction globale de l'usage des herbicides, et donc différente de celle de la réduction de l'usage du glyphosate car (i) elles sont généralement peu efficaces sur adventices vivaces (qui seraient visées pour 25 % des traitements au glyphosate, d'après les doses appliquées) ; (ii) elles permettent de limiter les levées d'adventices en culture à des densités suffisamment basses pour que la compétition nuisible à la culture reste négligeable, alors que le glyphosate utilisé pendant la période d'interculture vise à avoir une parcelle indemne d'adventices à la date de semis. Les alternatives au glyphosate sont donc très spécifiques. Les alternatives au glyphosate sont déclinables en fonction des usages actuels de cette molécule pour lesquels son action est décisive :

- **Lutte contre les adventices vivaces :**
 - Implantation de prairies temporaires pluri-annuelles dans la rotation, en particulier de luzerne. Les fauches répétées de luzerne épuisent les réserves souterraines des vivaces et permettent d'éradiquer efficacement ces adventices, en particulier les chardons (Meiss et al., 2010). Cependant cette alternative est difficilement généralisable. Elle est déployée dans les exploitations où des élevages d'herbivores permettent de valoriser ces fourrages, ou lorsqu'il y a à proximité une usine de production de bouchons de luzerne déshydratés.
 - Travail du sol pendant les périodes d'interculture avec des outils adaptés : les interventions de déchaumage sont assez efficaces sur rumex ; les outils à dents recourbées permettent d'extirper les rhizomes de chiendent, relativement peu profonds,

et de les faire sécher en surface, à condition que les conditions météo soient chaudes et sèches. Elles sont donc à privilégier en été. Ces méthodes ne sont pas efficaces sur chardon ou liseron. Sur chiendent et rumex, elles peuvent s'avérer satisfaisantes uniquement si la parcelle n'est pas trop infestée.

- **Désherbage chimique en culture :** contre les vivaces, c'est l'alternative la plus généralisable. Dans un certain nombre de cas, les produits efficaces sur vivaces ont des spectres plus larges, de sorte que la lutte chimique contre les vivaces en culture ne nécessite pas nécessairement de traitements supplémentaires par rapport aux itinéraires de désherbage chimique visant les adventices habituelles (annuelles et bisannuelles). Par ailleurs, les plantes adventices vivaces sont assez généralement localisées en tâches très marquées dans des portions de parcelle. En cas de traitement spécifique contre les vivaces, des traitements localisés sur les tâches permettent de limiter de façon importante le volume d'herbicide appliqué, à condition de disposer de moyens de localisation précise de ces tâches. L'analyse des pratiques actuelles montre que ces pratiques de traitements localisés sont actuellement encore peu généralisées, notamment parce que les agriculteurs craignent de ne pas traiter des individus isolés plus difficiles à localiser, et que le repérage des foyers n'est pas toujours aisé en culture. Ces petits foyers peuvent être à l'origine d'infestations plus lourdes les années suivantes. La généralisation d'une approche différenciée avec détection des adventices et désherbage (chimique ou mécanique) localisé constitue donc un enjeu majeur. Toutefois, ces herbicides présentent souvent une bonne efficacité pour la destruction des organes végétatifs aériens mais peuvent s'avérer assez fréquemment partiellement défaillant sur la destruction des organes de reproduction souterrains. De plus, ces alternatives chimiques pourraient être compromises en cas d'évolution restrictive de la réglementation sur l'usage des herbicides en culture :
 - Sur chardon des champs, les produits à base de clopyralid, metsulfuron-méthyl, ou d'hormones auxiniques, sont efficaces et leur AMM les autorise dans de nombreuses cultures (céréales, maïs, colza, betterave...) ;
 - Sur chiendent, les produits à base de sulfosulfuron ou propoxycarbazone sont utilisables en céréales, plusieurs antigraminées foliaires sont utilisables en colza, pois, tournesol, ou maïs ;
 - Sur rumex, les produits à base de fluroxypyr, metsulfuron ou thifensulfuron sont utilisables et efficaces en céréales ;
 - Sur sorgho d'Alep, les produits à base de sulfonilurées utilisables en maïs sont efficaces ;
 - La lutte chimique sans glyphosate est certainement la plus difficile sur les liserons : le fluroxypyr (utilisable en céréale et maïs) et le dicamba (utilisable en maïs) peuvent avoir une efficacité limitée ne permettant généralement pas l'éradication.
- **Destruction des prairies :**

L'alternative au glyphosate est le travail du sol, impliquant soit le labour avec retournement, soit plusieurs interventions successives de travail du sol sans retournement. Le fait que la majorité des destructions de prairie soit actuellement fait sans l'aide de la chimie suggère que l'alternative au glyphosate est globalement mobilisable et aura peu de conséquences pour les exploitations agricoles.
- **Destruction des couverts d'interculture** et des adventices qui s'y développent :

Il existe des alternatives à la chimie pour la destruction des couverts végétaux implantés en interculture, ces couverts fournissant par ailleurs de nombreux services écosystémiques :

- Le gel, dans les régions de France suffisamment froides en hiver (en gros, le centre et le quart Nord Est), à condition de choisir des espèces et des géotypes de plantes de couverture sensibles au gel. Cependant, (i) le gel peut être insuffisant certaines années douces, (ii) pour les semis d'automne, le gel seul ne suffit pas car il intervient trop tard par rapport au semis de la culture de rente, (iii) dans la majorité des cas, des adventices non gélives, qu'il faudra détruire, se développent souvent avec le couvert d'interculture. Seuls les couverts végétaux avec une forte croissance, capables de produire rapidement des niveaux de biomasse très élevés pendant la période d'interculture, sont susceptibles d'être suffisamment étouffants pour réguler les adventices, mais ces situations favorables ne sont pas toujours réunies.
 - Des interventions mécaniques avec des outils de type rouleau « hacheur » (Rolo faca par exemple) constitué de barres qui cassent les tiges permettent de détruire les plantes de couverture, à condition d'avoir choisi des espèces et des géotypes sensibles, pour lesquelles la casse des tiges arrête effectivement la croissance et le développement. Toutefois, les adventices qui se développent avec les couverts d'interculture ne sont que peu affectées par ces interventions mécaniques. Elles doivent donc être maîtrisées par la densité du couvert. Le choix des espèces de couverts doit donc se faire sur la base de traits fonctionnels tels la rapidité de croissance et l'aptitude à la destruction par rouleau hacheur. Les travaux de Cordeau et al (2017) montrent la diversité de traits fonctionnels d'espèces susceptibles d'être utilisées en plantes de couverture. Les travaux mis en œuvre dans le cadre du CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection) et la commission inter-sections sur les plantes de service contribuent également à mieux cerner les services attendus et à offrir une réponse spécifique et variétale ;
 - Le travail du sol est le mode le plus sûr de destruction des couverts végétaux, et ce d'autant plus que des plantes adventices annuelles s'y sont développées. Il peut prendre la forme du labour avec retournement ou de travail sans retournement avec des outils adaptés (par exemple outils à « pattes d'oie », venant détruire les systèmes racinaires sous leur zone de régénération. Il peut venir en complément des autres modes de destruction lorsque ceux-ci ont eu une efficacité insuffisante (sur les plantes de couverture semées ou sur les plantes adventices).
- **Nettoyage des parcelles reverdies avant le semis de la culture suivante :**
 - Avec le retrait du glufosinate, il n'y aura quasiment pas de solution de désherbage chimique alternatif au glyphosate pendant la période d'interculture (à l'exception du dicamba avant maïs). Les herbicides à base d'acide pélargonique (C9 :0) sont des défoliants de contact qui bénéficient d'une AMM pour d'autres usages, notamment en viticulture, avec le classement en produit de biocontrôle. Ils pourraient à terme être des candidats, avec une efficacité moindre que le glyphosate sur les vivaces, et surtout un prix qui risque de limiter drastiquement son utilisation à grande échelle.
 - L'implantation de couverts végétaux à forte densité, avec des espèces gélives et sensibles au rouleau « hacheur », peut être un moyen de réguler le développement des adventices et repousses de la culture précédente, mais l'efficacité sur la régulation des adventices est le plus souvent imparfaite, et la destruction du couvert semé peut être elle-même une difficulté (cf. paragraphe précédent).
 - Le travail du sol, avec ou sans retournement, en préparation du sol pour le semis de la culture, est donc l'alternative principale au glyphosate pour cet usage. Il peut, selon les cas, nécessiter un ou plusieurs passages d'outils supplémentaires par

rapport à l'itinéraire technique avec glyphosate, ou la modification de la séquence temporelle des interventions, avec positionnement de la dernière intervention peu de temps avant le semis (voire au moment du semis avec un outil de travail du sol et semis combiné), sans augmentation de la charge globale de travail (cf. discussion sur les impacts des alternatives au glyphosate). Ces pratiques peuvent mettre à profit la technique du faux semis qui consiste à favoriser la germination des adventices présentes dans l'horizon superficiel puis à les éliminer avec l'intervention mécanique suivante alors qu'elles sont à un stade très jeune. Répété plusieurs fois, ce principe permet de retirer une grande partie des adventices en situation de germer.

Le travail du sol (avec ou sans retournement) tient ainsi une place prépondérante dans les alternatives au glyphosate. 100% des agriculteurs du réseau DEPHY qui déclarent avoir réussi à abandonner l'usage du glyphosate dans leur ferme citent le travail du sol comme le levier majeur qui leur a permis d'atteindre ce résultat, éventuellement en combinaison avec d'autres leviers, dont la mise en place de couverts végétaux d'interculture dans de bonnes conditions.

Toutes les terres agricoles ne sont pas équitablement propices à permettre un travail du sol. Ce sera notamment le cas des sols difficiles, superficiels, facilement engorgés ou riches en cailloux. De même, les sols riches en argile profitent souvent de la rigueur hivernale pour que les combinaisons de gel et dégel conduisent à un lit de semence de qualité. Il peut alors y avoir des réticences légitimes à reprendre une action mécanique juste avant le semis de printemps pour détruire quelques adventices car elle pourrait faire perdre une part du bénéfice de l'hiver. Enfin, certains territoires sont classés comme à fort risque d'érosion et le travail du sol peut alors y être déconseillé. Les techniques de semis direct sous couvert y seront logiquement souvent privilégiées pour limiter le risque d'érosion. Intensifier le travail du sol pour pallier à l'abandon du glyphosate peut alors y être problématique.

3-2-5 Evaluation des impacts des alternatives au glyphosate sur les performances économiques et environnementales des exploitations

Ces impacts ont été évalués sur la base de la diversité des pratiques dans le réseau fermes DEPHY, en comparant divers indicateurs (rendement, nombre d'interventions de travail du sol, charges de mécanisation, niveau d'usage d'herbicides hors glyphosate, consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre), pour des groupes de fermes très comparables utilisant vs. n'utilisant jamais de glyphosate. Pour ne comparer que des fermes très comparables, les 996 fermes ont été stratifiées en groupes homogènes du point de vue (i) du potentiel de rendement déterminé par le pédoclimat, (ii) du lien ou non à l'élevage sur la ferme, (iii) de l'accès ou non à l'irrigation, (iv) de l'accès ou non à la possibilité de cultiver des cultures industrielles à forte valeur ajoutée (du type betterave ou pomme de terre), en lien avec l'agro-industrie locale, (v) du type de succession culturale (céréales-maïs, céréales-colza, céréales-colza-tournesol, céréales-colza-légumineuses, monocultures de maïs, rotation avec cultures industrielles, rotation avec prairies temporaires...), et (vi) du point de vue de la stratégie de travail du sol (avec ou sans labour).

- De façon peu surprenante (car les agriculteurs atteignent toujours leur objectif d'obtenir une parcelle indemne d'adventice au semis, que ce soit avec le glyphosate ou avec des moyens alternatifs), l'usage ou non du glyphosate n'a aucun impact sur le rendement de la culture suivante, ni sur la qualité des produits récoltés.
- Les systèmes sans labour n'utilisant pas de glyphosate tendent à intensifier les itinéraires de travail du sol (4 cas sur 5), avec le plus souvent un passage supplémentaire chaque année

(Figure 9). En revanche, cette augmentation du nombre d'interventions de travail du sol est rarement observée dans les systèmes avec labour au moins occasionnel (2 cas sur 7).

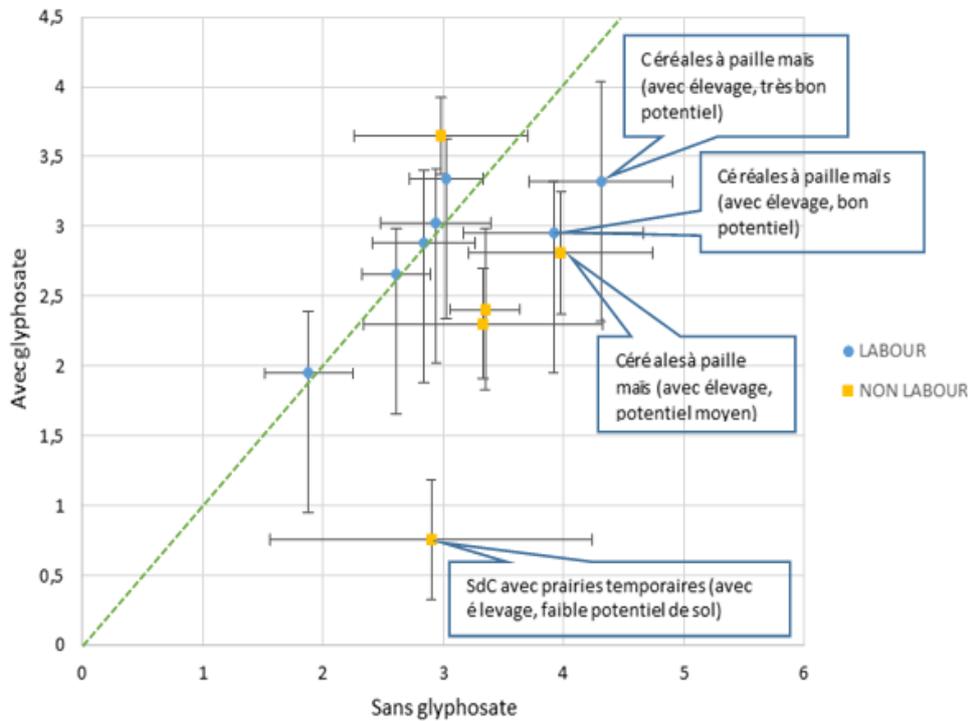


Figure 9 : Confrontation du nombre de passages de travail du sol pendant la période d'interculture, pour des systèmes avec vs. sans glyphosate. Chaque point correspond à un groupe de fermes de grandes cultures de même contexte de production, même type de succession culturale, et même type de stratégie de travail du sol (avec vs. sans labour). Les barres horizontales et verticales représentent un écart-type.

- Cette augmentation du nombre d'interventions de travail du sol en l'absence de glyphosate n'affecte pas significativement les charges de mécanisation, qui restent similaires pour les systèmes avec vs. sans glyphosate, dans des contextes de production similaire (Figure 10).

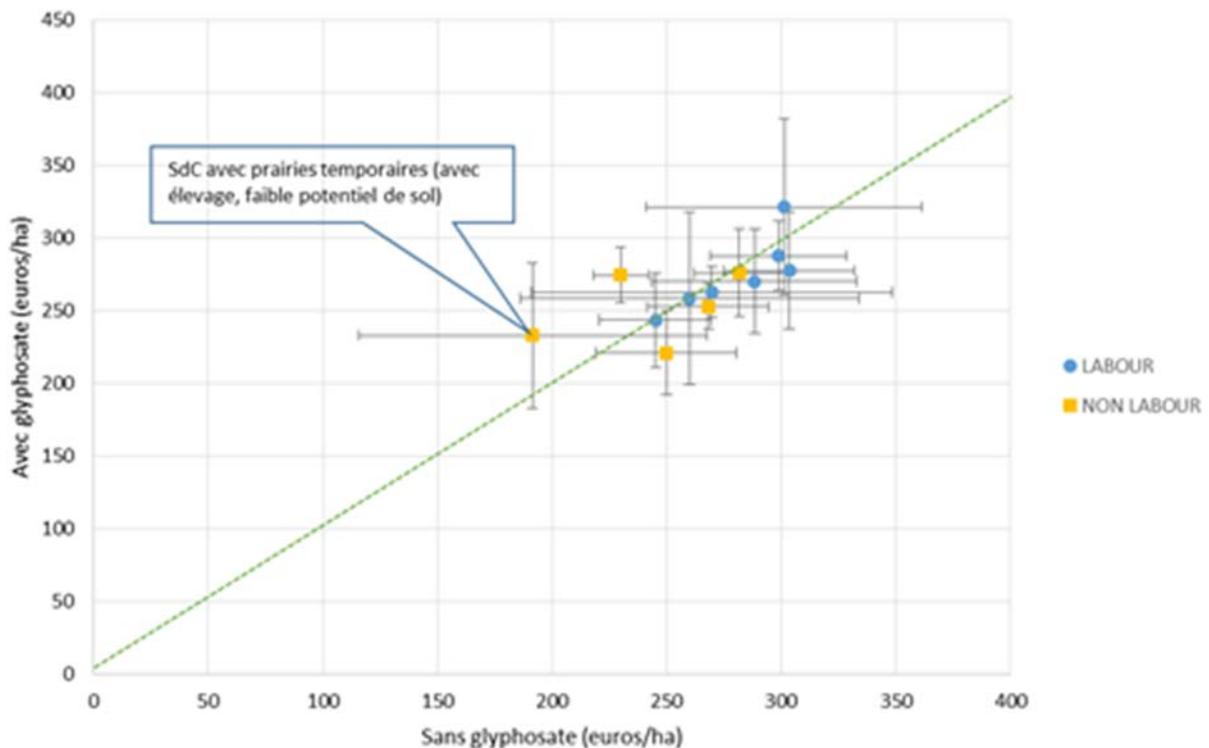


Figure 10 : Confrontation des charges de mécanisation pour des systèmes du réseau DEPHY avec vs. sans glyphosate. Chaque point correspond à un groupe de fermes de grandes cultures de même type de contexte de production, même type de succession culturale, et même type de stratégie de travail d sol (avec vs. sans labour). Les barres horizontales et verticales représentent un écart-type.

- En revanche, le fait d'utiliser ou pas du glyphosate peut affecter la date de réalisation des opérations de travail du sol, avec plus systématiquement des passages peu de temps avant le semis pour détruire les adventices (et repousses) si le glyphosate n'est pas utilisé. Ceci peut affecter le débit du chantier de préparation du lit de semences et de semis, ce qui peut poser des difficultés d'organisation du travail dans les grandes exploitations peu diversifiées et ayant beaucoup d'hectares à semer à la même période. C'est en particulier le cas des exploitations sur sols argilo-calcaires superficiels, à potentiels de rendement faibles à moyens, sur lesquelles les marges dégagées par hectare sont limitées, ce qui impose aux agriculteurs de gérer de grandes surfaces pour dégager un revenu agricole suffisant. Dans ce type d'exploitations, qui sont justement celles qui utilisent le plus de glyphosate actuellement, l'abandon de cette technique aura pour conséquence soit une tendance à la diversification des cultures semées pour mieux échelonner les chantiers de semis (effet positif du point de vue agronomique, pas facile à réaliser en pratique dans ces milieux), soit un besoin d'ajustement des équipements de travail du sol et de semis pour augmenter les débits de chantier. Par ailleurs, pour les semis de printemps sur sols argileux, les agriculteurs peuvent être réticents à travailler le sol juste avant le semis de la culture, car ils craignent de dégrader la structure du lit de semences très favorable produite naturellement par les alternances humectation/dessiccation et gel/dégel au cours de l'hiver. Le travail du sol visant à supprimer les plantes qui se développent dans l'interculture peut alors produire des mottes défavorables à la réussite du semis s'il est trop profond.
- On n'observe aucun lien entre l'itinéraire de désherbage pendant l'interculture pour la préparation du semis et l'itinéraire de désherbage chimique en culture. Les fermes DEPHY qui utilisent du glyphosate pendant l'interculture, ont des niveaux d'intensité du désherbage

chimique en culture équivalents, voire plus importants que celles qui n'utilisent pas de glyphosate, à contexte de production et type de travail du sol équivalent. L'utilisation du glyphosate tend donc à augmenter les charges liées au désherbage chimique en culture. Les plantes adventices vivaces, qui justifient l'usage du glyphosate pour environ 10% des traitements, sont gérées par d'autres moyens par les agriculteurs qui n'utilisent pas de glyphosate, sans qu'on puisse identifier d'augmentation des charges imputables à ces moyens alternatifs.

- On n'observe enfin aucun impact de l'usage vs. non usage du glyphosate sur la consommation d'énergie directe (consommation de fioul) et indirecte (fabrication des intrants), à type de contexte de production et type de stratégie de travail du sol équivalent (figure 11)

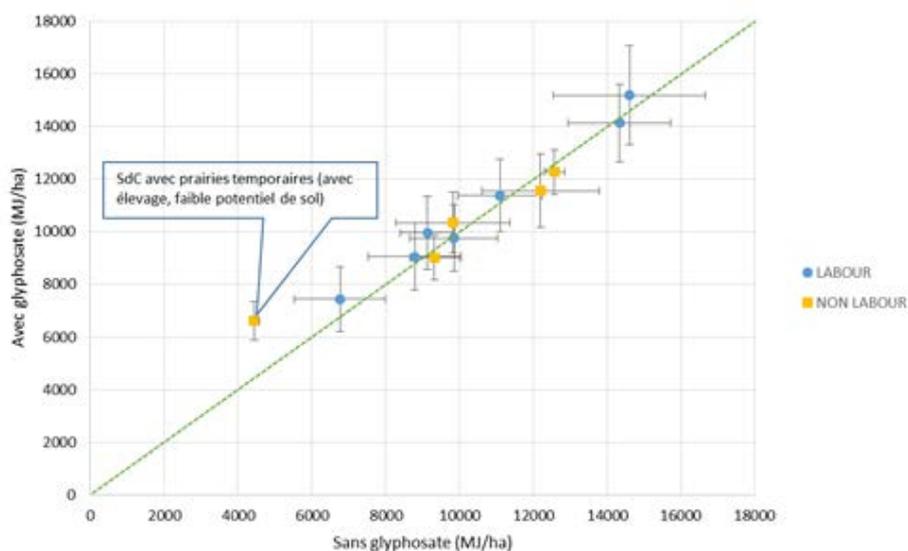


Figure 11 : Confrontation des consommations d'énergie (directe et indirecte, estimées avec la méthode GES'tim) pour des systèmes du réseau DEPHY avec vs. sans glyphosate. Chaque point correspond à un groupe de fermes de grandes cultures de même contexte de production, même type de succession culturale, et même type de stratégie de travail du sol (avec vs. sans labour). Les barres horizontales et verticales représentent un écart-type.

En résumé, la confrontation de systèmes de grandes cultures décrits dans les fermes DEPHY utilisant vs. n'utilisant pas du glyphosate dans des contextes de production similaires, montre que l'alternative au glyphosate, principalement le travail du sol en préparation des semis, tend à augmenter le nombre d'intervention de travail du sol dans certaines situation (dans d'autres cas, cela ne fait que modifier la date de réalisation de ces interventions), sans affecter significativement les charges de mécanisation ni la consommation d'énergie. Le fait de ne pas utiliser de glyphosate ne modifie pas significativement la charge de désherbage en culture. En revanche, l'utilisation du glyphosate permet d'accélérer les débits de chantier de semis, et l'abandon du glyphosate pourra affecter l'organisation du travail dans les grandes exploitations peu diversifiées.

En revanche, le fait de remplacer le glyphosate par la réintroduction du travail du sol dans les systèmes où il n'y a actuellement aucun travail du sol, dans une stratégie de semis direct sous

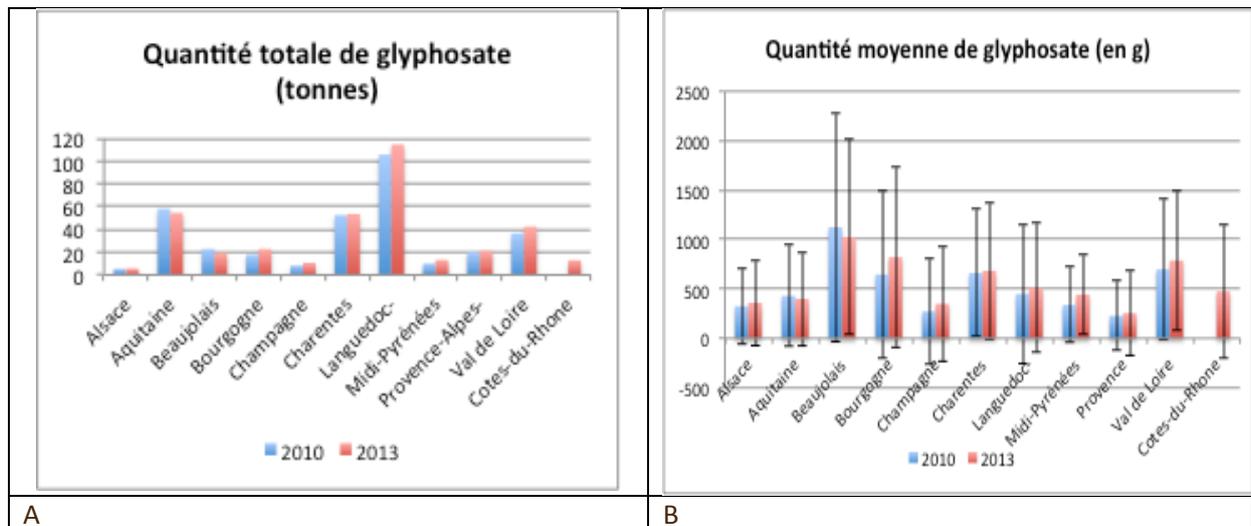
couvert, constituerait une vraie rupture remettant en cause la stratégie agronomique innovante et les bénéfices environnementaux (cf. paragraphe 3.6 sur les situations orphelines).

La diversité des situations rencontrées dans le réseau Dephy couvre des situations ayant ou n'ayant pas recours au glyphosate. Pour laisser toute sa valeur à la comparaison, l'approche déployée s'est basée sur des regroupements stratifiés et ne gardant que les groupes d'effectif supérieur ou égal à 10. Certaines variables pouvant influencer la dépendance au glyphosate et la facilité à s'en passer ne sont cependant pas renseignées ; on pensera en premier lieu à la taille des stocks de graines d'adventices dans le sol, aux contraintes de calendrier pour intervenir et à la charge mentale pouvant découler du choix de pratiques plus techniques. La nouvelle approche va nécessiter plus d'observations et les interventions seront déployées sur une fenêtre de temps plus courte. Ainsi, il semble important d'insister sur le fait que l'existence même de fermes non dépendantes du glyphosate, n'informe que peu sur les trajectoires les ayant conduites à leur situation ainsi que sur le temps de transition nécessaire pour maîtriser l'abandon du glyphosate.

3-3 Usages du glyphosate en Viticulture

3-3-1 Quantités de glyphosate utilisées en viticulture

Nous analysons successivement les données des bases SSP et Dephy-Ferme.



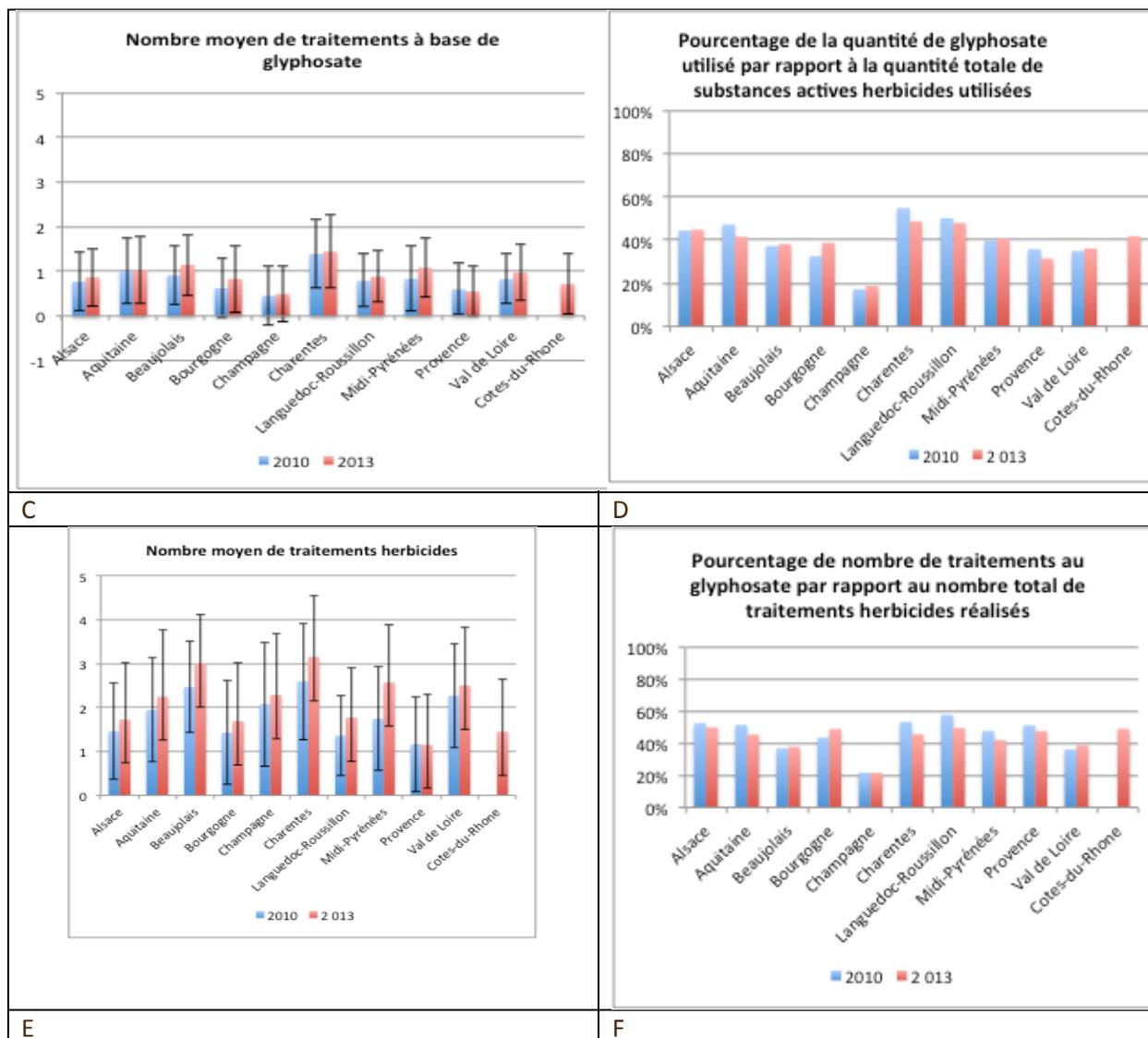


Figure 12 : Répartition des quantités de glyphosate utilisées, et le nombre de passages en vigne en 2010 et en 2013 dans les différentes régions viticoles françaises (source : SSP – Agreste – Enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture ; panel commun des enquêtes 2010 et 2013 de 4856 parcelles), en données absolues (Figures A, B, et C), et relatives quant au reste des usages herbicides (Figures D, E, F). Les barres indiquent les écart-types.

Pour les deux années étudiées, la part de glyphosate (en quantité) par rapport à l'ensemble des herbicides utilisés oscille entre 17-19% en Champagne en 2010 et en 2013 pour atteindre 49-55% en Charentes en 2010 et en 2013, (Figure 12-D). Pour les deux années étudiées, le nombre d'applications de glyphosate par rapport au nombre total d'applications d'herbicides oscille entre 22% en Champagne en 2010 et en 2013 pour atteindre 50-58% en Alsace, et en Languedoc en 2013 (Figure 12-F). En Champagne, les quantités de glyphosate utilisées sont les plus faibles et épandues en peu de passages (Figures 12A et 12C). D'autres stratégies d'entretien du sol semblent être privilégiées.

Entre 2010 et 2013, la quantité totale de glyphosate épandue sur les parcelles de vigne en France a augmenté d'environ 10% (de 337 à 371 tonnes ; Figure 12-A). Dans la plupart des vignobles, les quantités de glyphosate utilisées sont en augmentation entre 2010 et 2013, sauf en Aquitaine et en

Beujolais, où les quantités diminuent respectivement de 6 et 16% entre les deux années. Le maximum d'augmentation entre 2010 et 2013 est constaté pour les vignobles de Midi-Pyrénées avec environ 30% (Figure 12-A).

Les viticulteurs ont utilisé en moyenne 471,4 g/ha/an de glyphosate au cours de la campagne 2010 et en moyenne 510,8 g/ha/an de glyphosate au cours de la campagne 2013, soit une augmentation de 8,4% (Figure 12-B). Dans la plupart des vignobles, les quantités de glyphosate utilisées sont en augmentation entre 2010 et 2013, sauf en Aquitaine et en Beaujolais où les quantités diminuent entre 7 et 9% entre les 2 années. Le maximum d'augmentation entre 2010 et 2013 est pour les vignobles de Midi-Pyrénées avec environ 30%. Du fait des fortes fluctuations observées au sein de chaque vignoble et région, il demeure toutefois difficile d'extraire des tendances significatives explicables par la seule géographie. Une conjonction de facteurs réglementaires avec la suppression de certaines AMM et des particularités climatiques peut aussi être invoquée comme partiellement responsable de ces évolutions en dent de scie.

En moyenne, les viticulteurs ont réalisé 0,86 traitement en 2010 et 0,93 traitement en 2013 avec un produit contenant du glyphosate (Figure 12-C). Comme pour les quantités de glyphosate épandues, il n'y a pas de vraie géographie de l'utilisation du glyphosate au regard des écart-types très élevés dans tous les vignobles, et cela correspond souvent à des modes d'entretien du sol qui sont mixtes et allient le désherbage chimique, l'enherbement et/ou le travail du sol répartis de façon différentiel dans l'espace de la parcelle (sous le rang et sur les inter-rangs) et dans le temps (périodes hivernale, printanière et estivale). Il en est de même pour le nombre de traitements herbicides en général. A ceci près que les valeurs oscillent entre 1 et 3 traitements en moyenne par an (Figure 12-E).

Tableau 3 - Pourcentage des surfaces viticoles françaises totales traitées avec du glyphosate en 2006 et en 2010 par rapport aux autres substances actives herbicides utilisés (source : numéro 288 octobre 2012 SSP – Agreste – Enquête sur les pratiques phytosanitaires en viticulture ; Ambiaud, 2015).

Moins de surfaces traitées au glyphosate		
Matières actives utilisées en 2010 et 2006 pour le désherbage des vignes à raisin de cuve		
Substance active herbicide	Part des surfaces traitées (%)	
	2010	2006
Glyphosate (sel d'isopropylamine)	57	70
Flazasulfuron	28	19
Aminotriazole	13	20
Carfentrazone éthyl	9	3
Oxyfluorène	8	1
Flumioxazine	11	13
Clufosinate ammonium	9	10
Propyzamide	7	1
Glyphosate (sel d'ammonium)	6	5
thiocyanate d'ammonium	5	19
Oryzalin	4	8
Diuron ¹	0	21

1. Autorisation de mise sur le marché retirée en 2007.
Lecture : parmi les surfaces traitées avec un herbicide, 57 % ont été désherbées avec du glyphosate.

Source : SSP – Agreste – Enquêtes sur les pratiques phytosanitaires en viticulture

Le tableau 3 apporte une information sur la cinétique d'usage du glyphosate : à savoir qu'il semble que les quantités de glyphosate aient diminué entre 2006 et 2010 pour un peu ré-augmenter en

2013. Les résultats de l'enquête SSP 2016 pourront, après analyse confirmer ou non cette tendance à un plateau d'usage du glyphosate ces dernières années.

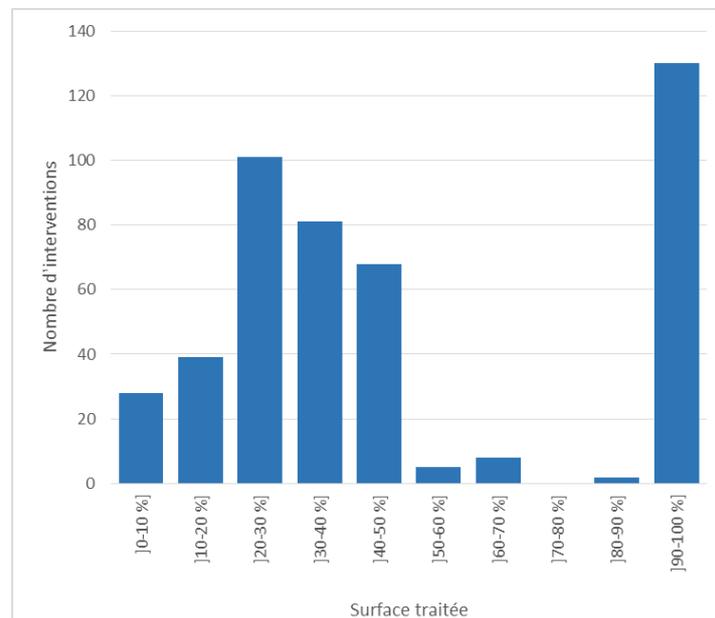


Figure 13 : Nombres d'interventions selon le pourcentage de la surface de la parcelle traitée avec du glyphosate (source : points zéro de la base de données DEPHY-FERME viticulture).

La base de données du réseau Dephy-Ferme, bien que moins représentative que la base de données SSP, confirment certaines informations quant au fait qu'une grande partie des vignobles français n'utilise du glyphosate que pour l'entretien du sol sous le rang. En effet, seulement 28% des parcelles de la base Dephy-Ferme sont traitées en plein avec du glyphosate : i.e. sous tous les rangs et sous tous les inter-rangs de vigne (Figure 13).

Un pourcentage de 36 % des vignes des réseaux Dephy-Ferme conventionnelles a été traité au-moins une fois pendant les trois ans de description des itinéraires techniques initiaux à l'entrée dans le réseau. La dose moyenne des utilisateurs de glyphosate était de 677 g/ha/an (soit une moyenne de 240 g/ha/an pour l'ensemble des vignobles conventionnels, utilisateurs et non utilisateurs de glyphosate confondus). En vigne, le réseau Dephy était moins consommateur de glyphosate à l'entrée dans le réseau que la distribution nationale (contrairement aux grandes cultures). Il faut rappeler que le réseau Dephy n'est pas représentatif des exploitations viticoles françaises, ni dans sa répartition géographique, ni dans aucun autre critère descriptif des exploitations et des parcelles. Les fermes du réseau Dephy sont des fermes volontaires, très souvent déjà engagées dans des démarches de réduction des intrants, et souvent déjà fortement sensibilisées aux impacts environnementaux des pratiques viticoles.

Sur le réseau Dephy, seulement 28 % des traitements au glyphosate étaient appliqués 'en plein' sur l'ensemble de la surface de la vigne. Dans 72 % des cas, le traitement est donc localisé sous le rang, ou un inter-rang sur deux. Dans la majorité des cas, la surface traitée est comprise entre 20 et 50 % de la surface. La proportion de surface traitée à chaque passage varie avec le type de vigne, la surface étant moins importante pour les vignes à fort écartement entre rangs que pour les vignes à

faible écartement. Ceci s'explique par la plus grande facilité d'un entretien mécanique dans les vignes à grands écartements.

3-3-2 Alternatives au glyphosate en viticulture, efficacité, faisabilité et impact sur les exploitations

Une première piste pourrait reposer sur une adaptation du mode d'entretien au seuil retenu de nuisibilité des adventices. Cela concernera aussi bien les dates d'intervention (i.e. hiver et printemps) que l'espace (i.e. sous les rangs et sous les inter-rangs) (Leather et al., 2017). Une seconde tente d'intégrer le rôle positif que peut jouer la flore adventice dans l'équilibre des agroécosystèmes viticoles. La présence d'adventices, en dessous d'un seuil de nuisibilité pour la vigne, peut favoriser la préservation ou la ré-émergence d'une meilleure durabilité écologique, et de régulation des pathogènes (Pocok et al. 2011 ; Rollin et al. 2017). Une large gamme de modes d'entretien du sol viticole alternatifs à l'usage du glyphosate, soit sur toute la parcelle, soit partiellement sous les rangs et/ou sur les inter-rangs a été décrite. Ces modes reposent sur des stratégies de désherbage chimique et mécanique, des pratiques d'enherbements permanents ou temporaires, et des approches mixtes contrastant les traitements sur le rang et l'inter-rang, ou sur un rang sur deux, etc. Les modes d'entretiens du sol en viticultures sont déjà très divers et éprouvés dans tous les vignobles français (Mailly et al., 2017). En voici une illustration avec le tableau 4 et la figure 14 ci-dessous.

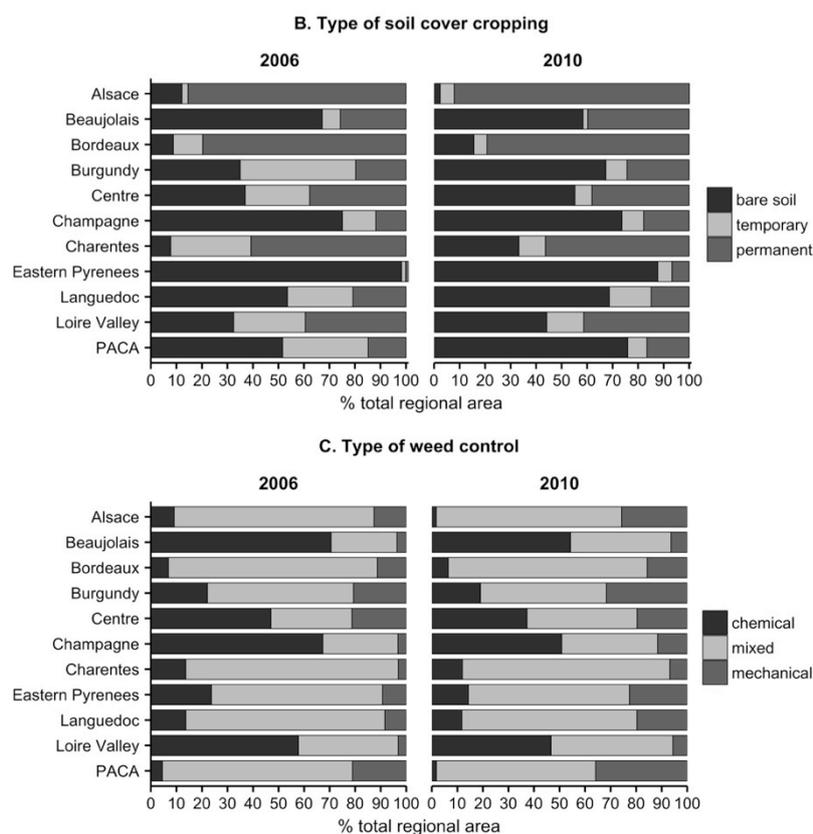


Figure 14 : Types de couverture du sol (B) et fréquence d'usage des herbicides (C) dans 11 régions viticoles françaises en 2006 et 2010 (Mailly et al., 2017). Les données sont exprimées en pourcentage de la moyenne régionale pour chacune des régions étudiées (voir le tableau 4 pour les définitions).

Nous avons analysé les types d'entretien du sol existants dans les vignobles français. A la lumière de ces résultats, nous voyons que les types d'entretien du sol temporaires et permanents (Figure 14-B) peuvent être dominants par rapport aux sols nus qui peuvent induire des problèmes d'érosion hydrique en cas de vignobles à forte pente. La figure 14C souligne l'évolution entre 2006 et 2010 avec une part croissante des désherbages mécaniques ou mixtes. Cette évolution est constatée sur tous les vignobles français.

La nomenclature ci-dessous illustre de nombreuses possibilités de combinaisons de techniques (désherbage chimique, enherbements, travail du sol) dans le temps (période hivernale, printanière et estivale) et dans l'espace (sous le rang et sous les inter-rangs) pour que le viticulteur choisisse le mode d'entretien du sol qui convient le mieux à ses contraintes agro-climatiques, ainsi qu'à ses objectifs de rendement et de qualité des raisins vendangés. La figure 15 illustre quant à elle, l'effort de valorisation et de diffusion des approches de gestion alternative de la flore adventice.

Tableau 4- Caractéristiques des types d'entretien du sol des parcelles viticoles utilisant des herbicides (d'après Mailly et al. 2017).

Nom de la variable	Description de la variable	Modalité de la variable	Description des modalités
Sol couvert	Type de couvert végétal du sol (B)	permanent	Le sol de la parcelle de vigne est couvert par la flore indigène à la parcelle ou semée d'herbe qui couvre le sol toute l'année culturale
		temporaire	Le sol de la parcelle de vigne est couvert par la flore indigène à la parcelle ou semée d'herbe qui couvre le sol une partie seulement de l'année culturale
		Sol nu	Le sol de la parcelle de vigne est nu toute l'année culturale
Sol nu	Type de contrôle des adventices (C)	chimique	Le sol de la parcelle est désherbé chimiquement soit seulement sous les rangs de vignes, soit entre les rangs de vigne soit la totalité de la parcelle
		mécanique	Le sol de la parcelle est travaillé mécaniquement soit seulement sous les rangs de vignes, soit entre les rangs de vigne soit la totalité de la parcelle
		mixte	Le sol de la parcelle est entretenu par une combinaison de désherbages chimiques et de travail mécanique soit dans le temps soit dans l'espace et soit seulement sous les rangs de vignes, soit entre les rangs de vigne soit la totalité de la parcelle

Il conviendra de choisir la stratégie d'entretien du sol sous le rang et dans les inter-rangs en fonction de la précocité du cépage, de la vigueur de la parcelle, de la contrainte hydro-azotée de la parcelle. La vigueur de la parcelle est la résultante de la vigueur conférée par le porte-greffe, des caractéristiques physico-chimiques du sol et des pratiques de l'itinéraire technique du viticulteur (Coulon-Leroy et al., 2013; Coulon-Leroy et al., 2012)

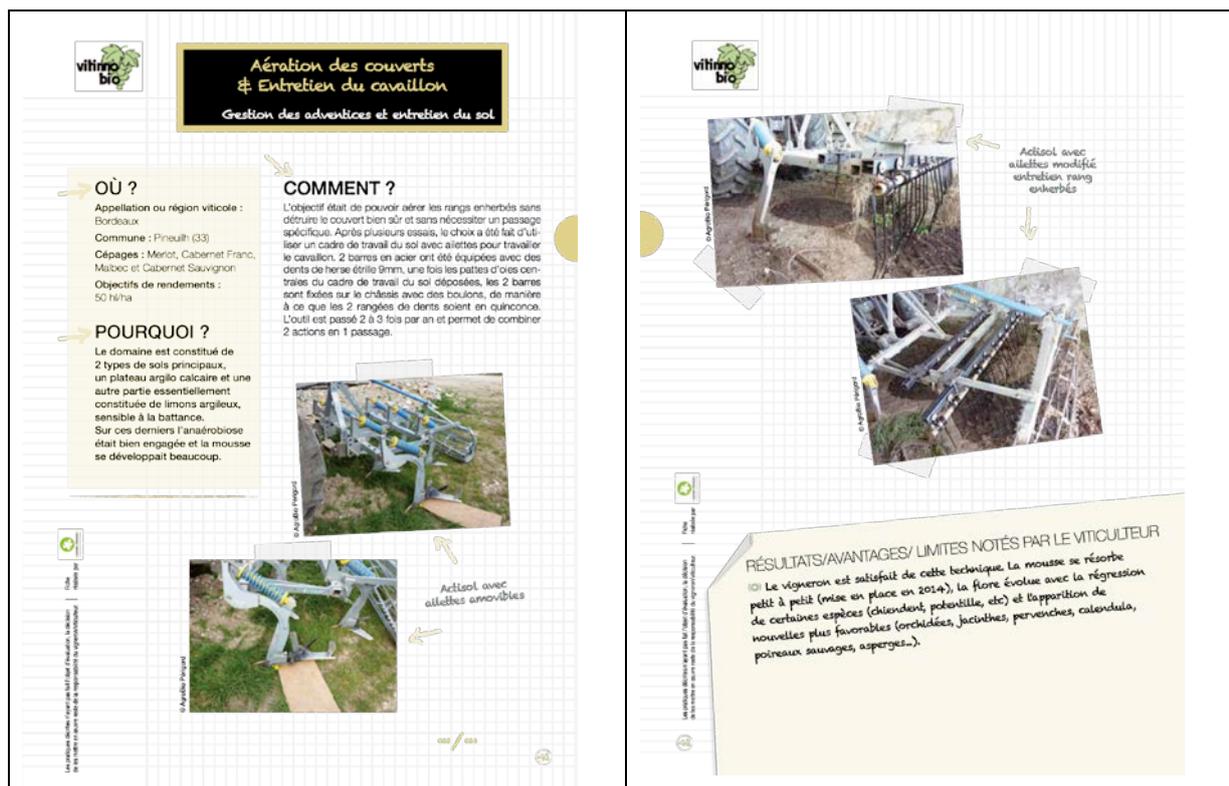


Figure 15 : Illustration de pratiques alternatives de désherbage pour maîtriser la flore adventice en viticulture. Extraction du livret publié à l'issue des résultats du Casdar n°5322 VITINOBIO.

3-3-3 Evaluation des impacts des alternatives au glyphosate sur les performances économiques et environnementales des exploitations viticoles

Une conséquence prévisible de l'évolution réglementaire du retrait du glyphosate sera d'entraîner en cascade la nécessité de revoir le périmètre des cahiers des charges pour tenir compte des modifications prévisibles des pratiques d'entretien du sol ainsi que des changements induits sur l'enherbement et les pratiques d'irrigation éventuelles.

Les autres conséquences toucheront plus directement les exploitants. Aussi, il s'agira en particulier de quantifier le **surcoût économique** relatif au système de commercialisation et de valorisation des vins, **mais aussi le bénéfice** potentiel que pourrait engendrer une différenciation. Il faut également estimer le **surcoût de main-d'œuvre**. Ceci intègre différentes dimensions que sont (i) la formation et le recrutement d'une main d'œuvre qualifiée pour la conduite des engins agricoles et les outils de travail du sol et d'entretien de l'herbe, (ii) l'augmentation du besoin de main d'œuvre pendant la période de grande charge de travail, entre avril et juillet avec les coûts afférents, (iii) l'intégration cette nouvelle main d'œuvre temporaire dans l'organisation du travail de l'entreprise viticole. En outre, il faut former les salariés et les chefs d'exploitation aux nouvelles modalités de conduite et à l'organisation du travail au sein de l'entreprise.

Enfin, en termes d'organisation et d'accompagnement, il faut apporter un appui technique pour le diagnostic agronomique de la parcelle afin de choisir la meilleure solution d'entretien du sol en accord avec les objectifs quantitatifs et qualitatifs de rendement de la parcelle. Cet appui technique aura également un coût pour l'exploitation viticole ou son environnement professionnel. Le tableau 5 dresse l'état de la perception des alternatives par les acteurs interrogés.

Tableau 5 – Analyse de la facilité de mise en œuvre des alternatives selon la nomenclature utilisée dans le cadre de l’animation des réseaux Dephy.

Echelle TRL (Technology Readiness Level) Niveau de maturité technologique A : déjà commercialisé B : ayant démontré son efficacité dans de nombreux cas C : méthode validé dans des conditions expé particulières D : preuve de concept fourni, phase de recherche active E : bas niveau, principes de bases												
Efficacité De A efficace à E peu efficace.												
Facilité mise en œuvre A facile et économiquement viable à E méthode difficile à mettre en œuvre.												
A ou B vert clair Si un "C" Jaune si un "D" Orange												
Evaluation TRL	Entretien de l'inter-rang			Entretien du rang								
	Glyphosate	Travail du sol	Couverts végétaux	Glyphosate	Lutte chimique autres subst. acti	Travail du sol	Enherbement tonte mécanique	Enherbement tonte robot	Enherbement tonte pâturage	Mulch	Substance biocontrôle	Désherbage thermique
Maturité technologique	A	A	A	A	A	A	C	D	E	C	A	C
Efficacité	A	A	A	A	D	A	C	C	E	D	D	D
Faisabilité	A	B	B	A	A	C	D	C	E	D	A	E

En conclusion, une grande diversité de solutions coexiste dans chaque vignoble régional. Le choix du mode d’entretien du sol de la parcelle se raisonne en fonction des conditions agro-climatiques, des objectifs de rendement quantitatif et qualitatif, et d’un équilibre environnemental qui permettra aussi un bénéfice pour les autres pratiques de l’itinéraire technique, que sont le reste du programme phytosanitaire, les travaux en vert et la vendange.

Seuls i) les situations de cultures en terrasse et sur des terrains très empierrés et ii) les producteurs pour le marché du vrac montrent une tendance massive à recourir aux traitements chimiques pour contrôler la flore.

3-4 Usage du glyphosate en arboriculture

3-4-1 Données sur les usages

Une comparaison globale souligne le côté peu représentatif du réseau Dephy sur l’arboriculture, lié au nombre limité d’agriculteurs qui se sont engagés dans ce dispositif, et surtout à la dynamique en cours dans ce secteur au moment de l’installation du réseau Dephy. En effet, le réseau suit 30% de situations classées en agriculture biologique, ou en transition vers l’AB. De plus, certaines productions ne sont pas ou que très peu représentées : l’olive, la cerise, les fruits à coque.

Les dernières campagnes d’enquêtes sur les pratiques ont été réalisées en 2012 et 2015. Concernant les utilisations de glyphosate, celles-ci s’échelonnent entre une vingtaine de tonnes pour les vergers de pomme et poire et environ 4 tonnes pour les vergers de cerise. Dans l’ordre décroissant constaté en 2015 et en tenant compte des surfaces, l’abricot, la pêche et la prune occupent les situations intermédiaires. Par ailleurs, les consommations moyennes de glyphosate en verger s’échelonnent entre 480 et 1000 g/ha/an.

Les données issues des vergers Dephy au moment de leur entrée dans le réseau (entre 2009 et 2011 en majorité) concordent avec les enquêtes nationales. Le glyphosate représentait 38% des actions de désherbage pratiquées par les 131 exploitations suivies (soit 527 interventions sur les 1402 recensées), avec une moyenne de 1,75 points d'IFT. Exprimé en IFT, le glyphosate représentait 50% des herbicides utilisés. Les évolutions réglementaires ayant conduit à quelques retraits d'herbicides (dont certains ne seront effectifs qu'en 2018) et restrictions d'usages laissent toutefois entrevoir ces valeurs comme plutôt en dessous de la réalité actuelle. Le retrait de l'aminotriazole fin 2015 constitue une illustration du report partiel effectué vers un usage accru du glyphosate.

Une part importante des vergers du réseau DEPHY, 83%, ont été traités au glyphosate au moins une fois au cours des trois années de description des pratiques initiales. Les doses de traitement variaient de 260 g/ha à plus de 1 500 g/ha. Ces valeurs sont cohérentes avec celles des enquêtes nationales SSP. Seuls 27 % des vergers ont été traités en plein (en pomme, pêche et abricot). Du fait des traitements localisés sur 33 à 73% de la surface et de la variabilité de la fréquence des traitements, la variabilité des quantités de matière active appliquée/ha/an est plus large que la variabilité des doses par traitement, et s'échelonnaient de 62 g à 3 600 g/ha/an. Les quantités de glyphosate appliquées varient plus entre les vergers d'une même espèce fruitière qu'entre les espèces.

3-4-2 Les pratiques alternatives et leur surcoût

Pour illustrer cette partie, nous nous sommes appuyés sur l'exemple décrit dans le rapport allemand détaillant la situation d'un verger de pomme. Nous avons retenu cet exemple car il illustre bien deux sources potentielles du surcoût engendré par la sortie du glyphosate :

- le premier direct, par la mise en œuvre de moyens mécaniques ou manuels pour entretenir la végétation, et qui peut le rendre difficilement praticable économiquement. Il peut entraîner une augmentation d'autres risques (entretien de populations d'autres ravageurs dans la parcelle à l'instar de pucerons, augmentation des dégradations induites par les campagnols qui rongent les arbres, etc.),
- le second en affectant le calibre de la production, pouvant conduire à des déclassements sur le marché et donc à une baisse de la rémunération du producteur.

Le tableau 6 est tiré d'une synthèse produite par l'institut allemand Julius Kühn Institut (Kehlenbeck et al. 2015).

Tableau 6- Culture permanente de pommes - hypothèses relatives à la conduite et aux effets sur le rendement. Traduit à partir du rapport du Julius Kühn Institut (Kehlenbeck et al. 2015).

Installation	3 000 arbres/ha sur porte-greffe M9, durée de 20 ans (KTBL, 2010)	
Prix à la production	350 €/t (ventes indirectes via des organisations de producteurs, frais de commercialisation déjà déduits ;KTBL, 2010)	
Rendement de départ	Année 1 : 3t/ha, année 2 : 12 t/ha, année 3 : 26 t/ha, année 4 :32 t /ha, année 5-20 : 39 t/ha (KTBL, 2010)	
	Variante avec glyphosate	Variante sans glyphosate
	Dans la variante avec glyphosate, la lutte contre les mauvaises herbes s'opère par deux applications de Roundup Power Flex selon une quantité de 3,75 l/ha pour un prix au litre	Dans la variante sans glyphosate, la lutte contre les mauvaises herbes s'effectue mécaniquement, selon les principes de production biologiques

Lutte contre les mauvaises herbes	de 9,9 € L'autorisation précise qu'un changement de produit est nécessaire entre les deux utilisations. À des fins de simplification, nous supposons ici l'utilisation d'un produit identique (indication : autorisation selon la base de données BVL, consultée le 03.03.15 ; prix: liste de prix Agravis 2014, prix au litre dans le plus grand contenant possible, 640l). La lutte contre les mauvaises herbes s'opère dans 75% des cas uniquement sur les rangées d'arbres (FREI ER <i>et al.</i> , 2014). Nous supposons que 33% de la surface sont traités. L'épandage est estimé à 36,43 € par ha et passage et s'effectue à l'aide d'un tracteur servant à planter (49-59 kW) avec un dispositif de pulvérisation ajouté de 600 litres avec rampes de pulvérisation d'herbicide pour rangées d'arbres. Le salaire supposé est de 17,50 €/h. Un mulch annuel est en outre pris en compte. Selon les indications KTBL (2010), il est estimé selon un salaire horaire de 17,50 €/h et 276 €/ha.	correspondant aux indications KTBL. Toutes les autres grandeurs d'influence correspondent à celles de la culture de pommes conventionnelle. La lutte mécanique contre les mauvaises herbes comprend le traitement des rangées d'arbres avec et sans mulch, ainsi que le recours à la houe manuelle. Selon KTBL (2010), les opérations suivantes peuvent être affectées à la lutte contre les mauvaises herbes : Année1 : 5x traitement des rangées d'arbres avec mulch 1 x traitement des rangées d'arbres sans mulch 1 x houe manuelle À partir de l'année 2 : 5x traitement des rangées d'arbres avec mulch 1 x traitement des rangées d'arbres sans mulch 2x houe manuelle
Pertes de rendement	néant	Une réduction de rendement de 0 à 5% a été supposée dans les jeunes plantations en raison du possible préjudice porté aux jeunes plants par la lutte mécanique contre les mauvaises herbes (années 1 à 4). À compter de la 5 ^{ème} année, nous avons supposé une équivalence d'efficacité intégrale sans perte de rendement (estimation d'experts)

Par rapport à la situation décrite par les allemands, la situation française présente quelques points communs et aussi des différences.

- 1) Ce qui est similaire: les pratiques de désherbage chimique représentent environ un tiers des surfaces désherbées en verger de pommiers et l'IFT herbicide total de l'ordre de 1 (c'est donc peu au regard de tous les produits phytopharmaceutiques appliqués en arboriculture, mais l'impact environnemental peut être élevé car appliqué sur sol plus ou moins nu...) ; le glyphosate entre peu ou prou dans la quasi-totalité des stratégies.

- 2) Ce qui diffère de la situation allemande :

- a) l'équipement du verger...

Les vergers décrits sont typiques du Nord de l'Europe (3000 arbres/ha) ; les densités de plantation sont plus faibles en France (plutôt 2000 arbres/ha, voire moins en AB ou dans des systèmes semi-extensifs) ; ces différences de densité sont sans conséquence sur les rendements annoncés qui sont proches de ceux rencontrés en France (variable selon sol et variété).

La principale différence concerne l'irrigation. Elle est généralisée dans tous les bassins de production en France sauf dans le Nord, sous forme d'une irrigation localisée avec tuyaux au sol. Or, on ne peut pas désherber mécaniquement du jour au lendemain dans un verger s'il y a un dispositif d'irrigation au sol : il faut surélever l'irrigation pour pouvoir passer tout outil déporté de désherbage mécanique ou de type Herbanet. Cela se prévoit plus facilement à la plantation ou demande d'adapter l'équipement du verger à la pratique quand ce n'est pas prévu à la plantation... Le surélévement ne modifie pas le coût d'installation s'il est prévu à la plantation.

b) les pratiques de désherbage mécanique...

Elles sont plus variées en France (cf. document Ecophyto, Figure 16). En revanche, on fera moins référence en France à la pratique des mulchs. Ceci peut probablement s'expliquer par un climat plus sec beaucoup moins favorable à la pousse de l'herbe ; si on veut atteindre l'équivalent d'une destruction chimique, il faut effectivement passer très souvent. Par contre, le désherbage manuel évoqué par le document allemand n'est pas une option.

Enfin, il ne faut pas voir l'opération de désherbage mécanique *sensu stricto* mais la penser en combinaison avec d'autres opérations du verger comme l'enfouissement du compost, la prophylaxie contre la tavelure par enfouissement de la litière foliaire sur le rang. Cela mutualise les coûts et limite l'impact environnemental. L'analyse comparée du dispositif BioREco à l'INRA de Gotheron montre une émission de gaz à effet de serre équivalente, quelle que soit la stratégie de désherbage, mécanique ou chimique (plaquette de présentation du dispositif : <https://www.gis-fruits.org/Groupes-thematiques/Approche-systeme/Expe-systeme-BIORECO>).

On ne constate donc pas de transfert de pollution d'un impact toxicologique/écotoxicologique vers cet impact GES (Fig.2 dans Alaphilippe et al, 2013).

c) le contexte technico-économique : en France, les coûts sont très variables selon les années, les variétés, le circuit de commercialisation... les calculs menés sur le dispositif BioREco semblent proches de situations rencontrées chez les producteurs. Le différentiel que nous avons constaté est très faible entre gestion mécanique ou chimique de la flore pour toutes les raisons énoncées ci-dessus (peu de passages, combinaison d'opérations). Une attention sur le calibre des fruits est nécessaire. Une diminution des calibres est plus pénalisante en France qu'en Allemagne en raison de standards commerciaux différents.

En résumé :

- le désherbage mécanique nécessite que le verger ait été configuré avec irrigation surélevée
- le coûts de désherbage mécanique énoncé par l'étude allemande semblent surestimés par rapport aux pratiques en France
- l'analyse 'substitutive' proposée s'éloigne des pratiques qui viseront à mutualiser un ensemble de pratiques pouvant être liées au désherbage au bénéfice de la santé du verger. En cela, la situation décrite semble peut-être peu représentative ou peu réfléchie.
- l'évolution des calibres des fruits en situations de présence accrue d'une végétation herbacée doit être un point d'attention, plus important en France qu'en Allemagne. En effet, en France, les standards marchands portent sur des fruits plus gros.

3) Ce qui reste en débat :

- a) L'impact du désherbage mécanique sur les racines : si réalisé dès plantation, les arbres ne sont pas forcément pénalisés (exemple BioREco, mais cela reste à consolider avec d'autres travaux) ; en revanche, en verger installé, l'introduction du désherbage mécanique casse beaucoup de racines en surface au début (d'autant plus encore quand on est en irrigation localisée)... Le développement d'une nouvelle offre en machinisme peut atténuer cette limitation. Ainsi, des systèmes de type herbanet ne travaillent pas le sol.
- b) l'impact des adventices sur le rendement et la qualité/calibre de la récolte : l'implantation d'un couvert sur le rang de type graminées pénalise le calibre par augmentation de la compétition pour l'eau et pour l'azote (dans une autre expérimentation en Agriculture Biologique conduite à l'INRA de Gotheron, un calibre a été perdu par l'enherbement par rapport au désherbage mécanique). Il y a toutefois peu, voire pas de données pour évaluer

l'impact de quelques adventices 'résiduelles'. Ceci est sans doute à croiser avec des périodes critiques (ex. début printemps, sol froid et faible, disponibilité en azote, ou été en zone méditerranéenne pour la ressource en eau) et des périodes où l'on peut tolérer l'herbe, par exemple en automne. Mais il y a un manque de données objectivées sur la question... Et cette concurrence existe-t-elle toujours en conditions non limitantes pour eau/nutrition azotée (aide à la décision pour le pilotage, mise en œuvre de la ferti-irrigation) ?

En conclusion de cette analyse comparée

- il est difficile d'introduire le désherbage mécanique en verger installé : irrigation en hauteur dans tous les cas, dommages sur racines superficielles même s'il existe des systèmes alternatifs qui ne travaillent pas le sol. Ce n'est pas insurmontable mais c'est limitant ; en revanche, il y a intérêt d'intégrer la possibilité d'un désherbage mécanique dans la réflexion précédent toute nouvelle plantation.
- il est pertinent de combiner plusieurs opérations en une avec le désherbage mécanique
- il y a un besoin de données et de connaissances sur lien rendement & qualité et présence adventices pour intervenir à bon escient (et moins fréquemment)...
- il est sûrement intéressant de bien travailler la démarche de mesure des coûts 'réels' (temps MO, machinisme) sous différents scénarios. Dans BioREco les coûts constatés sont plus proches de 500 €/ha/an que des 2000 € du document allemand.
- La création d'un label 'sans glyphosate' pendant la période de transition pourrait-elle niveler les différences et faciliter l'adoption : quid des exploitations sur lesquelles les 2 systèmes de désherbage cohabiteront au vu de la configuration actuelle des vergers et comment séparer les lots fruits si une même variété se trouve sous les deux 'régimes' ? C'est sans doute une voie à explorer, en analysant les avantages et les limites.



EXEMPLE DE LEVIER : lutte mécanique

LIMITER LES HERBICIDES PAR LE DÉSHERBAGE MÉCANIQUE

L'avis du conseiller

La principale composante du coût du désherbage mécanique est le temps de travail passé, c'est-à-dire la main-d'œuvre. Des variations du coût à l'hectare peuvent être observées en fonction de l'investissement matériel réalisé au départ, du type de sol ou du positionnement des passages... Mais dans nos régions plutôt sèches, le désherbage mécanique peut concurrencer économiquement le désherbage chimique.

La substitution du désherbage chimique par le désherbage mécanique, induit une plus grande profondeur d'enracinement qui favorise la résistance à la sécheresse. La phase transitoire de cette substitution, par son effet sur l'enracinement de surface, doit être gérée avec soin. Au bout de la quatrième année, si les arbres sont bien installés, l'enherbement peut être géré uniquement avec de la tonte et du broyage.



Le principe

Le passage d'un outil mécanique dans l'inter-rang et au pied des arbres élimine les herbes indésirables qui concurrencent et freinent la pousse et la production des arbres fruitiers.

Le désherbage mécanique améliore la structure du sol. Il favorise la vie organique des sols et la biodisponibilité d'éléments fertilisants. Les arbres assimilent mieux la matière organique.

Différents types d'outils existent.

OUTILS SANS TRAVAIL DU SOL		OUTILS AVEC TRAVAIL DU SOL en vergers de plaine de préférence, risque d'érosion en coteaux	
L'Herbanet	Brosse métallique	Décavaillonneuse à soc	L'arbocep = porte-outils
Destruction de l'enherbement présent à partir d'une série de fils montés sur un axe horizontal, qui lacèrent les plantes et nettoient le pied des arbres.	Arrache l'herbe au pied de l'arbre sur les deux premiers centimètres du sol. Elle peut être double ou changée avec d'autres outils (dents, lame intercepts ou tête rotatifs).	Les décavaillonneuses se composent d'un corps de charrue escamotable.	Porte outils permettant d'adapter différents types d'outils latéraux selon la nature du travail désiré (disques à chausser, disques à déchausser, lames, fraises, et mini-broyeur). Un système d'effacement (palpeur hydraulique sur la fraise) permet de s'effacer à la rencontre d'un arbre. La lame bineuse travaille à quelques centimètres de profondeur dans le sol et coupe les racines des adventices qui vont se dessécher.

Les arboriculteurs le disent

« Si je compare le coût du désherbage chimique que je faisais auparavant par rapport au désherbage mécanique c'est relativement similaire. Je vais même faire des économies à terme.

Cela me coûtait environ 4 000 €/an pour l'exploitation. J'ai acheté un outil à disque à 7 500 €, avec 40% de subvention, donc je l'aurai vite rentabilisé ! Je mets environ 1h pour désherber 1 ha en passant à 6/7 km/h. Cela permet d'incorporer la fumure organique. J'ai remarqué un meilleur enracinement des arbres. »

Figure 16 : Illustration de pratiques de désherbage mécanique pour maîtriser la flore adventice en arboriculture. Travaux conduits dans le cadre d'Ecophyto.

3-4-3 Les points d'attention

Ces points d'attention sont communs aux productions de fruits et de légumes.

- Beaucoup de matières actives ont été retirées ou sont en passe de l'être. Environ la moitié des matières actives qui existaient dans les années 1995-2000 ont été retirées conduisant à quelques situations très tendues. La profession s'interroge sur la prise en compte de ces

états orphelins pour décider ce qu'il faut préserver. Proche de cette situation, quelques cas de résistance aux matières actives nécessitent de pouvoir alterner.

- Du fait de leur consommation directe, les fruits et légumes sont tenus de garantir l'absence de contaminants toxiques ou allergogènes. Une part de la flore adventice est particulièrement suivie pour les risques qu'elle fait courir à la santé publique : chiendent et ambrosie (caractère allergène), morelle (dans culture de cassis, de légume de conserve aussi), datura (dans haricots de conserve)
- Si des alternatives sont possibles quand elles ont été pensées en amont de la plantation, changer de pratique dans des vergers en cours d'exploitation peut s'avérer très problématique. Les destructions des systèmes racinaires ou l'incompatibilité avec les choix d'irrigation sont deux obstacles fréquemment mentionnés.
- Globalement, l'attention est attirée sur le risque de délocalisation très rapide de productions sous contrat (essentiellement sur la 4^{ème} gamme en légume frais), de pertes de marchés dues à la baisse de la compétitivité sur des marchés jugés très féroces, notamment vis-à-vis des pays du Sud. La période de transition doit énoncer un calendrier précis et s'assurer que l'application de cette décision n'engendre pas de distorsion de concurrence dans sa mise en œuvre au sein de l'Union européenne.

3-5 Usage du glyphosate en Outremer (Antilles, Guyane & La Réunion)⁵.

3-5-1 Le constat sur les usages actuels d'herbicides dont le glyphosate

Aux Antilles françaises, les usages d'herbicides sont généralisés sur environ 50% des surfaces agricoles, correspondant aux surfaces en canne à sucre et banane.

Actuellement l'usage sur canne à sucre autorise 16 spécialités applicables en culture dont aucune ne contient de glyphosate. Et pourtant, la canne est responsable de 30% de l'usage du glyphosate en Guadeloupe.

Selon la base E-Phy, le glyphosate n'apparaît pas comme herbicide autorisé pour la canne à sucre mais bien dans 55 produits autorisés pour les « traitements généraux ». Ceci recouvre toutes les opérations avant mise en culture : élimination jachère et restes de la culture précédente (Banane et Canne) ; entretien des abords. En canne il est même utilisé dans les inter-rangs pour lutter contre les adventices les plus vivaces. Il est également utilisé pour la destruction de la plantation en fin de production. C'est là qu'est toute l'ambiguïté car les « Traitements généraux » peuvent déborder sur les parcelles légalement (et parfois par un usage abusif).

Sur banane, 7 spécialités sont autorisées, dont le glyphosate. Sur banane, un des usages du glyphosate (en dehors du contrôle de l'enherbement) concerne la destruction chimique des bananeraies avant leur mise en jachère. Cet usage permet notamment d'accélérer l'élimination des bioagresseurs telluriques (nématodes et charançon du bananier). Les systèmes de culture intégrant cette destruction chimique, l'assainissement du sol et la replantation de vitroplants de bananiers ont permis de réduire drastiquement, voire d'éviter l'emploi de nématicides et d'insecticides en bananeraies.

Pour les autres situations productives (arboriculture, maraîchage, tubercules et ananas), le glyphosate peut être utilisé avant l'implantation des cultures à cycle court ou durant le cycle pour les

⁵ Notamment J.M. Blazy, F. Bussière, R. Tournebize, J.L. Diman et L. Guindé pour la Guadeloupe, P. Jacolot et D. Laplace pour la Guyane (DAAF) et F. Le Bellec, L. De Lapeyre et P. Marnotte (CIRAD)

cultures pérennes (généralement sous la frondaison des arbres ou sur la ligne de plantation). Les quantités utilisées restent limitées du fait de la SAU concernée par ces cultures de diversification. Les usages domestiques ne sont pas connus mais vraisemblablement en augmentation et à surveiller. Quant aux surfaces en savanes (prairies permanentes) elles sont bien évidemment exemptes d'usages d'herbicides (30% SAU).

En Guyane (informations de la DAAF), les données relatives au glyphosate comptabilisées pour alimenter la base BNV-D sont celles ayant fait l'objet d'une importation légale. En 2015, les herbicides représentaient par exemple 80% des quantités de pesticides importées, dont plus de 90% pour le glyphosate. Les volumes de glyphosate varient dans une fourchette de 5,3 à 9,8 tonnes entre 2010 et 2016. On sait toutefois qu'il y a aussi quelques importations illégales transitant par le Surinam dont les plus importantes concernent du glyphosate d'origine chinoise ainsi que du Paraquat. Peu de données sont disponibles pour décliner les principaux usages réalisés par les agriculteurs.

A la Réunion, 75 % des pesticides importés sont des herbicides (BNV-D 2014). Le glyphosate et le 2,4-D sont les plus utilisés et représentent les 2/3 des volumes importés d'herbicides avec environ 50 t de matière active par an pour chacun d'entre eux. Le système de culture cannier consommerait environ 30 % de ce volume (avant implantation de la culture, sur les bordures de champ (en particulier contre une graminée, le chiendent pieds-de-poule *Cynodon dactylon*) et en solution de rattrapage sur certaines adventices difficiles à maîtriser telles que les fataques et chiendents). La clé de répartition des 70 % restants n'est pas connue avec précision mais tout comme la situation antillaise, le glyphosate est utilisé dans quasiment tous les autres systèmes de culture avec les mêmes types d'usages (en traitements généraux ou durant le cycle de culture).

3-5-2 Les alternatives

La recherche d'alternatives à l'utilisation du glyphosate et plus généralement des herbicides a été conduite dans le cadre du déploiement du plan Ecophyto. Certaines restent exploratoires ou encore sous forme de tests concrets en vraie grandeur pour différentes productions végétales. Des référentiels ont été constitués et elles sont actuellement disponibles pour offrir un panel de possibilités dans chacune des grandes rubriques agronomiques préventives, physiques, biologiques et chimiques (Tableau 7 ci-après). En 2015, le guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires a été financé par le plan Ecophyto. Outre la méthode de conception proposée, il fait l'inventaire de toutes les solutions de substitution à l'emploi des herbicides pour tous les principaux systèmes de culture tropicaux. L'écriture de ce guide a mobilisé une cinquantaine d'acteurs de tous les DOM.

Tableau 7 – Alternatives aux herbicides et au glyphosate en régions tropicales

Alternatives aux herbicides	Références
Aspects généraux et solutions de substitutions aux pesticides	Guide tropical Ecophyto : Guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires (Buchon et al., 2015) https://cosaq.cirad.fr/outils-d-aide-a-la-decision/guide-tropical
	Le Guide des bonnes pratiques de désherbage de la canne à sucre : http://cultures-tropicales.ecophytopic.fr/ct/itinéraires-et-systèmes/guides-et-manuels/les-bonnes-pratiques-de-désherbage-de-la-

	canne-à-sucre-
	Le portail Wikwio, qui présente les monographies des espèces se comportant comme mauvaises herbes : http://portal.wikwio.org/
	Martin J., Maillary L., Dutripon S., Chaulet G., Antoir J., Masson J., 2016 L'IFT herbicides canne à sucre à La Réunion : la baisse semble amorcée. 23 ^e Conférence du COLUMA : Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. 2016-12-06/2016-12-07, AFPP. Dijon (France). 11 p.
	La revue Caro Canne dans laquelle de nombreux articles portent sur le désherbage de la canne à sucre: http://www.carocanne.re/
Mécaniques Physiques Electriques	DAAF Guyane : Catalogue outils agricoles ¹
	Grossard F., Grolleau O. 2016. Le désherbage mécanique en culture de canne à sucre : exemples de Guadeloupe et de Martinique. 23 ^e Conférence du COLUMA : Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. 2016-12-06/2016-12-07, AFPP. Dijon (France). 10 p.
Plantes de service	Catalogue des plantes de service de l'IT2 https://drive.google.com/file/d/0BxlDA5mXa72aUEtEWDJkLU14NTA/view
	Grolleau O., Grossard F., 2016. L'utilisation des plantes de service dans la culture de la canne en Guadeloupe et en Martinique : une voie qui mérite notre attention ! 23 ^e Conférence du COLUMA : Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. 2016-12-06/2016-12-07, AFPP. Dijon (France). 10 p.
Mulch	CIAG Guyane Octobre 2017 / R. Tournebize (mise en ligne à la mi-novembre)
Pulvérisation	Vinegar, an alternative to glyphosate – Université du Maryland

¹ Montage réalisé par P. Jacolot (DAAF Guyane) pour le CIAG de Guyane (octobre 2017) à partir de vidéos techniques et publicitaires reprenant une bonne partie de l'outillage disponible (Contact P. Jacolot)

Pour la culture du bananier, le Cirad et l'IT2 ont développé depuis plusieurs années des systèmes de culture dans lesquels l'implantation de plantes de services permet un contrôle de l'enherbement dans les systèmes bananiers. Différents profils d'espèces ont été explorés pour limiter l'enherbement au cours du premier cycle de culture (fort ensoleillement/forte compétition avec les adventices) ou bien lors des cycles ultérieurs (plantes de service supportant de faibles ensoleillements). Des technologies innovantes ont été développées pour faciliter l'implantation et la gestion de ces couverts végétaux. De plus, des itinéraires de conduite 'type' ont été proposés pour la gestion des adventices en bananeraie exploitant une approche de végétation spontanée fauchée mécaniquement (petit gyrobroyeur avec plantation double rang).

Pour la canne, les solutions alternatives combinent l'agronomie pour travailler dans de bonnes conditions d'installation ou gérer les adventices par tous les moyens. Ces divers moyens sont :

- les interventions manuelles selon la disponibilité de la main d'œuvre,
- le travail mécanique notamment le sarclage de l'inter-rang réalisable dans les premiers mois du cycle cultural,
- le paillis qu'offrent, dès la deuxième année de culture, les cannes à sucre, à condition de ne pas exporter la paille pour l'élevage (ne pas avoir moins de 10 t de matière sèche par hectare),
- les barrières vivantes de type couvert végétal de l'inter-rang (cette technique ne peut être utilisée en cas de forte pression de l'enherbement),
- le choix de variétés vigoureuses à l'installation adossé aux conditions qui garantissent ce résultat.

Le désherbage mécanique par tracteur (rotobèche) mais avec modification du schéma de plantation (passage au double rang) a été travaillé et précisé. Les contraintes techniques imposées par les options retenues peuvent conduire à privilégier des schémas de plantation en double rang.

La diversité des adventices et des situations nécessitent des ajustements adaptés et appelle donc des besoins d'appui technique, d'outil d'aide à la décision et de formation.

Les cultures de melon et d'igname ont fait l'objet d'évaluation de mulchs biologiques et papiers (projet en cours). Sur l'ananas et le maraichage en général, des travaux concernent le paillage papier ou plastique (biodégradable), ou l'utilisation de Bois Raméal Fragmenté (BRF).

L'enherbement permanent fauché (spontané ou semé de plantes de service) est aujourd'hui la technique la plus répandue en vergers dans les DOM, lorsque la mécanisation est possible. Cette gestion présente l'intérêt supplémentaire d'offrir des habitats refuges aux auxiliaires des cultures.

3-5-3 Les conséquences économiques et organisationnelles

Du fait de son efficacité, son spectre et son faible coût, l'usage du glyphosate a apporté une solution technique assez satisfaisante à beaucoup d'étapes importantes de conduite des cultures. Dans le cas de la canne, cela s'avère efficace pour la conduite de la culture de son installation à sa destruction en fin de cycle (dessouchage), de la gestion de la concurrence des adventices dans et autour des parcelles.

De façon générale, la réduction de l'usage des herbicides passe par une amélioration de leurs conditions d'emploi, plus techniques et plus professionnelles (choix des produits selon la flore à maîtriser et le stade de la culture, réglage des équipements, etc.) et par l'amélioration des conditions de préparation des sols pour augmenter l'efficacité des herbicides pré-levée.

Dans le cas de la culture de la banane, il n'y a pas encore d'alternative technique efficace pour remplacer la destruction chimique des bananeraies, point de départ des systèmes jachère/vitroplants ayant permis de limiter drastiquement l'emploi de nématicides et d'insecticides pour contrôler les bio-agresseurs telluriques. Cette technique a permis d'obtenir un assainissement rapide (environ un an) et efficace des sols par rapport aux méthodes de destruction mécanique anciennement utilisées

Les conséquences économiques sont négatives en absence de soutiens publics. Le désherbage chimique est imbattable économiquement sur les grandes surfaces ou les surfaces difficiles d'accès (pente accentuée) en comparaison des alternatives présentées ci-dessus. Actuellement, un

traitement herbicide avec glyphosate coûte environ 70 €/ha, hors frais d'épandage. Aujourd'hui, en bananeraie, on peut néanmoins considérer la maîtrise des plantes de services comme avérée via l'import de semences ou via l'achat de plaques chez des pépiniéristes. Pour l'utilisation de plaques, il faut compter environ 1200 €/ha pour un achat. Via l'auto production, il faut 1000 m² de pépinière pour enherber 1 ha et la mise en production revient alors à environ 500 €. Des éléments chiffrés sont disponibles en lien avec les travaux de certification des MAEC pour la DAAF. Les premiers résultats confirment que ces alternatives sont efficaces techniquement mais plus chères que le glyphosate, avec un surcoût moyen de l'ordre de 700 €/ha/an. Il faudrait s'interroger sur les conséquences que pourraient avoir une valorisation en production animale de certaines des espèces utilisées en couverts, et notamment les *Desmodium*. Ces légumineuses pourraient être une source de protéines, combinée avec les écarts de tri de banane qui constitue une source d'énergie dans les rations alimentaires animales.

En Guyane, les solutions mécaniques et physiques existent, certaines plus évoluées que d'autres. Ce qui effraie le producteur, c'est le coût de ces solutions alternatives à l'achat et leur fiabilité mécanique, particulièrement en Guyane où les achats en commun sont rares, et les services après-vente souvent peu opérationnels.

En canne, comme en banane, les freins majeurs identifiés pour déployer les alternatives, outre le coût plus élevé sont de trois ordres : pour les interventions manuelles ou à bas débit de chantier (dessouchage), la charge de main d'œuvre est problématique. Les deux autres freins dépendent des caractéristiques parcellaires : forte pente et parcelles fortement empierrées. Ces deux causes parfois disjointes, parfois superposées conduisent à privilégier les solutions chimiques où l'on ne touche évidemment pas le sol. Ils soulignent une des incidences du glyphosate qui est précisément d'avoir permis de faire de la canne à sucre dans des endroits qui ne le permettaient initialement pas. Deux questions se posent alors si on ne peut gérer l'impasse : i) quel pourcentage des surfaces cela représente-t-il et est-ce en mesure de mettre en péril la filière si cette contribution à son approvisionnement fait défaut ? ii) Y a-t-il des cultures de substitution (de rente) pour valoriser autrement ces terres et cela peut-il induire des besoins d'investissement pour adapter l'aménagement à ces nouveaux usages des terres (paliers supports, irrigation, etc.) ?

Les conséquences organisationnelles sont une augmentation du temps de travail et/ou un besoin d'équipements (et intrants type semences de plantes de service). Du fait de la petite taille des exploitations, ceci peut s'avérer difficile sans des organisations collectives (ex: CUMA, groupements d'employeurs, ou mise en place de nouveaux prestataires) qui sont généralement moins présentes dans les DOM.

3-5-4 Les mesures d'accompagnement

Les solutions présentées dans le Guide Tropical sont intéressantes mais insuffisantes pour certains systèmes de culture, en raison de la très grande diversité de ces systèmes et des situations. Un outil d'aide à la décision, dédié aux méthodes alternatives, physiques et mécaniques, serait utile, voire sous forme d'application nomade avec une veille technologique et une mise à jour informant des nouveautés qui risquent d'être de plus en plus nombreuses vue la fin annoncée du glyphosate. Ce type d'outil est en cours de développement par l'ACTA (outil CONCEPT) ; ce dernier est basé sur les guides Ecophyto... Un soutien à ce développement permettrait d'en accélérer la mise à disposition

des agriculteurs. Il est par ailleurs important de développer de nouvelles méthodes performantes pour la destruction des bananeraies et l'assainissement des sols lors des périodes de jachère

Les MAEC constituent des labels de durabilité pour valoriser les productions issues de système "glyphosate-free", et encadrent les interdictions d'usage sur zones sensibles (proximité captage d'eau de Grande Terre ou rivières de Basse Terre). 8 MAEC ont été calibrée avec pour but principal ou secondaire l'objectif de réduction de l'usage d'herbicides : Préservation du jardin créole, limitation du nombre de traitements herbicides dans les systèmes maraîchers et fruitiers, absence de traitements herbicides dans les systèmes maraîchers, vivriers et fruitiers, absence de traitements phytosanitaires dans les systèmes maraîchers, remplacement du deuxième traitement de post levée par un désherbage manuel en culture de canne, limitation à un désherbage chimique de prélevée en culture de canne à sucre, absence de traitement herbicide chimique en culture de canne à sucre, épillage de la canne à sucre & gestion durable de la Bananeraie supprimant 2 traitements herbicides par an soit -45%.

Dans le cadre de l'observatoire OPALE, depuis plus d'un an des chroniques de contamination des eaux superficielles et souterraines par différents produits dont le glyphosate et ses produits de dégradation sont enregistrées. Parallèlement, des travaux en cours visent à analyser et à accompagner un collectif d'acteurs à la reconception des systèmes de culture dans un bassin versants (travaux menés dans le cadre du projet Rivage en Martinique par le CIRAD), ce réseau va permettre de relier les pratiques à leurs effets.

3-5-5 Analyse transversale

Trois approfondissements découlent aussi assez directement du constat.

Hormis en culture de canne à sucre, l'efficacité des mulchs et paillis pose la question de leur production dans ou à proximité des parcelles et évidemment de leur retrait et recyclage éventuel si nécessaire. Outre une MAEC, d'autres formes de soutien ou d'organisation peuvent avoir du sens et une coopérative ou une interprofession peut vouloir en évaluer la faisabilité et l'intérêt. L'application de bâches qui seraient à la fois biodégradables et susceptibles d'apporter un amendement favorable à une installation rapide de la canne mériterait d'être plus instruite.

Les couverts vivants reprendront une partie de l'avantage des couverts et paillis et ils seront aussi très complémentaires des paillis pour entretenir une activité biologique en surface (dont auxiliaires et pollinisateurs, par ex.). Les clés pour les choisir se précisent entre un bon pouvoir couvrant pour étouffer les adventices et peu d'impact sur les cultures. Il semble important de faire le point sur la liste des espèces végétales susceptibles seules ou en association de remplir cette fonction. Peu de chance a priori que la même 'solution' s'impose partout et il faut donc aborder la question via les caractéristiques biologiques et fonctionnelles des espèces de couvert envisageables (dont période de végétation, port, compétition pour les ressources...). Certaines espèces spontanées peuvent finalement aussi être de bons candidats comme cela est actuellement étudié en verger d'agrumes à la Réunion (projet biodiversité-Ecophyto Agrum'Aide).

Avec le retrait du glyphosate, les solutions passe-partout devront sans doute céder la place à des solutions différenciées à l'intérieur de la parcelle ; à l'instar du sarclage, des couverts d'inter-rang, etc. Il y a donc lieu de prendre en considération l'ensemble des conséquences et besoins que peut induire une gestion visant à maintenir cette hétérogénéité intra-parcellaire.

Même si les pratiques sont connues (faux-semis, sarclages, paillis, plantes de services), il reste à les positionner dans le calendrier cultural sous la contrainte de l'organisation des travaux et du développement des mauvaises herbes. De très nombreuses questions se posent encore quant à l'efficacité spécifique de ces pratiques (par exemple, le paillage est très efficace sauf pour les espèces lianescentes et *Rottboellia cochinchinensis*), et surtout leur mise en place dans les itinéraires techniques, sachant que, la biologie des espèces qui se comportent comme mauvaises herbes est très mal connue.

Relativement à la situation de la canne à sucre, le recours au glyphosate en bananeraie semble donc plus simple, sauf pour la destruction où le glyphosate permet des économies ultérieures en insecticides et nématicides. Différentes espèces végétales utilisables seules ou en mélange permettent de réaliser des couverts végétaux d'entretien assez aisé. En canne à sucre, l'installation des plantes de services reste à vulgariser, mais leur utilisation ne sera probablement pas possible dans toutes les situations pédoclimatiques et selon la flore des mauvaises herbes. Des semences sont généralement disponibles, mais l'approvisionnement pour de grandes surfaces reste à organiser. Une filière et un marché sont à créer, ce qui offre une opportunité nouvelle. Une organisation locale est en train de voir le jour sous l'impulsion d'IT2 et eRcane. Les deux freins majeurs à l'adoption par les agriculteurs sont la technicité et le surcoût économique.

3-6 Les situations orphelines et les pistes à travailler

3-6-1 Situations orphelines bien caractérisées

- Le cas particulier des stratégies de semis direct sous couverture végétale en grandes cultures céréalières

Les agriculteurs mettant en œuvre la stratégie de semis direct sous couvert végétal au sens strict, systématiquement sur l'ensemble de leur exploitation, qui se retrouvent sous le terme 'Agriculture de conservation', sont peu nombreux (de l'ordre de 3%), mais importants du point de vue social. Ce sont des agriculteurs très techniques, structurés socialement, et revendiquant d'innover, de faire évoluer leurs pratiques vers une agriculture conciliant des performances économiques avec certaines performances environnementales. De fait, l'absence totale de travail du sol, combinée à une couverture quasi permanente des sols avec des couverts végétaux, dont les résidus sont restitués au sol, réduit les risques d'érosion (éolienne et par ruissellement), favorise la flore microbienne (bactéries et champignons), y compris la flore antagoniste des organismes pathogènes, favorise la macro-faune souterraine (vers de terre, arthropodes), favorise la circulation de l'eau et réduit les problèmes d'excès d'eau et d'asphyxie des cultures en période humide, favorise les insectes dont certains sont des auxiliaires des cultures, favorise la diversité cultivée dans les couverts d'interculture, avec souvent des plantes à fleurs diverses favorables aux insectes pollinisateurs, appuie le stockage de carbone. Cet effet semble davantage lié à la forte production végétale permise par la valorisation du rayonnement solaire tout au long de l'année, et par la restitution des résidus des couverts non récoltés, qu'à l'absence de travail du sol. Mais ces types de systèmes émettent en général davantage de GES. De plus, un certain nombre de ces effets (par exemple l'accroissement de stockage de C dans le sol ou l'augmentation de certains organismes) n'est que faiblement perturbée (stockage C), ou n'est perturbée que très transitoirement (dynamique de macro-faune, par exemple), avec un retour rapide aux états initiaux, après la mise en œuvre d'une intervention de travail du sol dans ces systèmes. Ces systèmes sont actuellement très dépendants du glyphosate, dont ces

agriculteurs n'arrivent qu'exceptionnellement à s'affranchir, y compris ceux qui le souhaiteraient. On peut même considérer qu'ils n'ont vu le jour que parce que le glyphosate était disponible.

Tous les agriculteurs du réseau Dephy en stratégie de semis direct sous couvert utilisent du glyphosate, souvent à faible dose, et pas nécessairement tous les ans. Certaines années, le couvert végétal implanté en interculture est très compétitif vis-à-vis des adventices, et peut être détruit par la combinaison du gel et de moyens mécaniques, mais ces conditions idéales ne se rencontrent finalement que rarement. Un agriculteur Dephy en semis direct, avec la volonté affichée de s'affranchir du glyphosate, a testé la technique du travail du sol hyper-superficiel avec un 'scalpeur' à dents à ailettes. Cependant, l'efficacité de cet outil pour détruire les adventices varie avec les années et les conditions climatiques, et n'a pas été suffisant pour arrêter complètement l'utilisation du glyphosate. Par ailleurs, l'utilisation de cet outil, en perturbant la structure des horizons très superficiels du sol, perturbe la réalisation du semis avec les semoirs à disques très spécifiques permettant de semer dans des résidus abondants. Des travaux conduits par l'ISARA ont visé à accompagner des agriculteurs en Agriculture Biologique (donc n'utilisant pas le glyphosate) cherchant à réduire le travail du sol dans une philosophie d'agriculture de conservation. La plupart de ces agriculteurs ont abandonné le labour, mais aucun d'entre eux n'a réussi à passer durablement en semis direct, sans aucun travail du sol. Enfin, aucun système de semis direct sous couvert vrai (i.e. sans aucun travail du sol) n'est conduit sans glyphosate sur les essais conduits par l'Inra dans ses domaines expérimentaux. Il est donc clair que les moyens techniques actuels ne permettent pas de persister dans une stratégie de semis direct sous couvert si le glyphosate n'est plus utilisable. Il est probablement possible de réduire encore les doses, de traiter un peu moins souvent, mais pas d'arrêter complètement le glyphosate en maintenant la stratégie innovante de semis direct sous couvert.

L'interdiction du glyphosate se traduira inévitablement par une réintroduction du travail du sol, éventuellement très superficiel mais systématique, avec probablement une perte (temporaire) d'une partie des bénéfices environnementaux imputables au semis direct. Au cours d'un entretien, le président de l'Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable (APAD) avance des chiffres sur la puissance de traction requise : alors que 0.9 chevaux/ha suffisent aux pratiques de semis direct, une fourchette de 2 à 2,5 chevaux/ha semble la norme pour ceux qui pratiquent les Techniques Culturelles Simplifiées. Du point de vue social et psychologique, ce changement de réglementation sera paradoxalement vécu par beaucoup de ces agriculteurs pionniers comme un coup de frein brutal à l'innovation agronomique, et à la recherche de solutions techniques prenant en compte l'écologie des sols et la durabilité de l'agriculture. D'autres verront au contraire une opportunité de repenser les systèmes de culture, avec une large gamme de stratégies reposant sur une intensification du travail du sol (y compris le semis direct), associée à un ensemble d'autres leviers agronomiques, physiques, chimiques alternatifs et biologiques. On recense quelques initiatives exploratoires en ce sens⁶. Dans tous les cas, ce changement de réglementation devra être associé à des mesures d'accompagnement pour gérer une transition vécue comme majeure.

- Gestion de l'enherbement en vigne dans les situations de coteaux sans recours au travail manuel

L'interdiction du glyphosate va remettre en cause des stratégies d'entretien du sol, avec l'introduction du travail du sol et/ou du recours aux couverts végétaux en complément ou substitution totale de l'usage des herbicides. L'introduction de ces techniques se heurte à la problématique spécifique de vignobles implantés sur des fortes pentes, et souvent associées à des sols superficiels. C'est le cas par exemple des vignobles de la région de Banyuls, de certains secteurs

⁶ voir par exemple, Félix Noblia - ferme Larrous

des côtes du Rhône septentrionales (Côte Rôtie, Condrieu, Cornas), ou certains secteurs du vignoble du Beaujolais. S'ils représentent une superficie relativement limitée, ces vignobles possèdent une valeur patrimoniale et paysagère reconnue. Les fortes pentes, associées à une densité de plantation parfois élevée, sont peu compatibles avec la mécanisation du vignoble pour les opérations de travail du sol ou d'entretien des couverts végétaux. Ces opérations ne peuvent souvent être réalisées que manuellement ou à l'aide de la traction animale. Par ailleurs, si le travail mécanique améliore la porosité du sol, le risque érosif s'accroît fortement sur ce type de vignoble en cas de pluie à caractère orageux. Aussi, l'abandon total du désherbage chimique représenterait actuellement une impasse technique majeure pour ce type de vignoble.

3-6-2 Les options de recherche

Une question soulevée par la saisine relève de la relation entre l'usage du glyphosate d'une part, et la gestion de la flore adventice dans sa globalité d'autre part. On a pu constater qu'il n'y avait pas de report sur le glyphosate pour gérer les plantes adventices en ayant moins recours aux herbicides en culture. De même, nous n'avons pas constaté la relation inverse, où le non-recours au glyphosate se traduirait par une attention particulière au désherbage conduit pendant la saison culturale, y compris en ayant recours aux herbicides autorisés. Gérer la sortie du glyphosate et gérer la flore adventice avec ou sans herbicides sont donc des questions très différentes.

Pour autant, on a aussi vu que la gestion de certaines vivaces problématiques pouvait se faire à travers les matières actives homologuées pour un usage en culture (à l'instar de la gestion du chardon avec le clopyralid, même si l'on sait que l'efficacité sur les rhizomes peut être limitée en cas d'infestation installée depuis plus d'un an). Par ailleurs, le fait de disposer d'une solution efficace, facile à mettre en œuvre, et peu chère pouvait conduire à accepter certains niveaux d'enherbement. Nous n'avons pas d'éléments chiffrés suffisant pour documenter l'évolution de l'état des stocks de semences adventices dans les sols français. Il apparaît toutefois dans plusieurs cas de figure, que le degré de satisfaction, voire la faisabilité de telle ou telle alternative dépendra grandement du risque pris de générer une situation difficilement gérable par la suite. Ainsi, l'habitude de mener des actions préventives systématiques vis-à-vis de la flore adventice, prise dans sa globalité, conduit bien à faciliter l'adoption d'itinéraires sans glyphosate.

Il convient de distinguer la recherche/développement pouvant déboucher à court terme sur des solutions appropriables rapidement par les agriculteurs, de la recherche d'innovations technologiques à plus long terme. Classiquement, le niveau de maturité technologique d'une technique est caractérisé par une échelle à neuf classes (échelle *Technology Readiness Level*, dite *TRL* ; 1 : Observation du principe de base ; 2 : Formulation du concept technologique, 3 : Preuve expérimentale du concept ; 4 : Validation des fonctions clés du concept en laboratoire ; 5 : validation de la technologie en environnement représentatif ; 6 : démonstration dans un environnement réel simulé ; 7 : démonstration dans un environnement réel simulé ; 8 : Qualification du système complet dans un environnement opérationnel ; 9 : Validation du système dans un environnement réel). Nous avons regroupé différentes classes manière à simplifier son utilisation et à l'adapter à la problématique :

Classe A -> TRL 9, méthode commercialisée ou ayant démontré son efficacité au travers d'un ensemble d'exemples dans des exploitations agricoles

Classe B -> TRL 7-8, validation de la méthode dans des conditions expérimentales particulières

Classe C -> TRL 5-6, méthode ayant démontré son efficacité au travers d'expérimentations et de démonstrations

Classe D -> TRL 3-4, preuve de concept fournie. Une recherche/développement active est initiée.

Classe E -> TRL 1-2, plus bas niveau de maturité technologique. Principes de base observés et rapportés

On peut regrouper les méthodes de contrôle de gestion des adventices et des couverts en cinq grandes familles, qui seront caractérisées en termes de maturité technologique plus loin à l'aide de ces classes.

Prophylaxie pour limiter les apports de semences d'adventices sur la parcelle (P)

Cette première famille de méthodes ne concerne que la gestion des plantes adventices. Il s'agit de limiter l'arrivée de semences dans le sol, que ce soit par des contaminations extérieures ou par des apports locaux (cas des plantes adventices réussissant à grainer). Pour ce faire, il est nécessaire de limiter le taux de graines adventices présentes dans les semences au moment du semis ou de la plantation. Les lots commercialisés sont certifiés pour assurer un certain niveau de pureté des semences utilisées. Dans le cas des semences de ferme, il sera utile de réaliser un tri afin de limiter au maximum les apports de semences adventices. Le nettoyage des pneumatiques des tracteurs, ainsi que des outils de travail du sol est également un moyen de contrôler les transports de semences entre parcelles. En ce qui concerne les contaminations par le vent, il est possible d'implanter des haies, et de manière générale de bien gérer les bordures de parcelles pour limiter les apports exogènes. Dans le cas d'apports de fumier, il sera utile de réaliser un compostage afin de limiter les capacités germinatives des semences adventices en présence. Enfin, la gestion des menues pailles au moment des moissons est un moyen efficace et pratiqué dans d'autres pays, pour limiter le nombre de graines adventices qui tombent au sol. Néanmoins, toutes les moissonneuses-batteuses ne peuvent être équipées de cette option. Les éléments d'une prophylaxie efficace contre les apports de semences d'adventices sont identifiés mais rarement reconnus comme des enjeux prioritaires en termes de recherche. Il est néanmoins essentiel que les éléments de connaissance disponibles soient largement diffusés dans la sphère agricole, que de nouvelles références viennent combler les manques et que les techniques associées soient appliquées.

Méthodes agronomiques et génétiques (A)

- Diversification des successions culturales et amélioration génétique

Ce levier va préférentiellement peser sur la réduction globale de la pression adventices et de façon plus limitée, sur les usages pour lesquels le glyphosate est une ressource difficilement contournable aujourd'hui. Une manière classique de gérer la flore adventice est d'alterner des espèces semées au printemps, et des espèces semées à l'automne. En outre, la diversification des cultures de rente permettant un allongement des successions culturales, il peut être important de **poursuivre des objectifs d'amélioration de leur valeur génétique en regard des attentes des agriculteurs et des marchés mais aussi en tenant compte des évolutions des modes de conduite**. Parmi les options génétiques, un exemple intéressant, sans doute difficile à reproduire est celui de l'orge. Très présente en tant qu'orge d'hiver dans des successions à dominante céréalière et à cultures d'automne, cette espèce est donc souvent associée à des spécialisations de flore adventice, en particulier le vulpin, qui deviennent progressivement résistantes aux herbicides de la famille des sulfonyles. Ceci pousse alors à recourir au glyphosate en intercultures. L'option suivie aujourd'hui par certains acteurs de la filière céréalière consiste à sélectionner des variétés d'orge de printemps, ce qui permet de disposer d'une plus longue interculture pour intervenir mécaniquement et de ne plus être exposé à la même population de vulpin, même si celle-ci montre une capacité d'adaptation évolutive vers une phénologie d'espèce de printemps. Outre le fait qu'une orge de printemps ne sera jamais aussi productive qu'une orge d'hiver, le frein à cette évolution a longtemps été le niveau

génétique des variétés. Mais cette impasse est levée par la capacité pour des orges de printemps, grâce à un cycle biologique plus court d'avoir des cycles de sélection raccourcis (3 ans contre 4,5 ans pour une orge d'hiver) et donc une accélération du progrès génétique. En outre, un travail d'amélioration variétal, ou de progrès technologique du traitement des semences sur leur capacité à concurrencer les plantes adventices pendant la phase d'implantation du couvert viendrait soutenir une adoption élargie.

- Implantation de couverts d'interculture, plantes de services, et cultures associées.

On attend d'une augmentation de la biodiversité planifiée, une plus grande résilience aux stress biotiques. Outre la diversification des espèces cultivées et l'alternance des périodes de semis, il est également possible d'augmenter la biodiversité planifiée à travers le choix des couverts (mono ou pluri-spécifiques) pendant l'interculture, en implantant des plantes de service, ou en associant plusieurs espèces cultivées dans une même parcelles. Ces approches que l'on peut qualifier d'agroécologiques engendrent un niveau de complexité des agroécosystèmes supérieur et nécessite des efforts soutenus d'investigation afin de les optimiser, non seulement en ce qui concerne la maîtrise des plantes adventices, mais d'une manière plus générale sur les bouquets de services et de dyservices écosystémiques associés.

- Travail du sol et non travail du sol sous couverture permanente

Les opérations de travail du sol ont pour origine la nécessité de préparer les parcelles pour les opérations de semis. Il existe une large gamme d'opérations allant du labour plus ou moins profond induisant un retournement des horizons de sol, à des opérations sans retournement plus ou moins profondes. La technique de déchaumage a pour objectif initial d'enfouir les pailles restées en place après la récolte afin de favoriser leur décomposition ; elle est aussi utilisée pour réaliser des faux semis afin d'initier la germination/levée des plantes adventices qui seront maîtrisées avant la phase d'implantation de la culture. Les impacts de ces opérations sont généralement bien connus, mais les interactions entre ces opérations et les autres éléments du système de culture et le pédoclimat d'une part, et les caractéristiques biologiques des semences adventices à gérer, ainsi que leur répartition dans le profil d'autre part, nécessitent d'être mieux caractérisées afin de les optimiser. De plus, des progrès en machinisme agricole pourraient également contribuer à améliorer les efficacités de ces stratégies (ratio entre efficacité du contrôle des adventices et l'énergie dépensée pour le faire ou le coût économique associé).

Les Semis directs sous Couverture Végétale (SCV) reposent sur une stratégie de perturbation minimale du sol, de manière à permettre une meilleure activité biologique et favoriser les régulations. Néanmoins, l'impact de ces systèmes sur le fonctionnement biotique et abiotique des agroécosystèmes n'est encore qu'insuffisamment compris. De même, il est nécessaire de produire une large gamme de connaissances sur les effets d'implantation de couverts en interculture afin de pouvoir optimiser leur mise en œuvre (e.g. choix des espèces et des variétés, composition des associations).

La disponibilité du glyphosate et l'utilisation généralisée de cette molécule a pu concourir à porter une attention moindre au volume et à la composition de la banque de graines ou d'organes de reproduction végétative d'adventices présent dans le sol. Toutefois, l'hypothèse qu'il puisse en découler un lien entre les caractéristiques de cette banque de graines et l'usage des herbicides en

général et du glyphosate en particulier mériterait d’être mieux étayée. On peut imaginer que toute réduction effective du stock limite d’autant les besoins futurs de recourir aux herbicides et que c’est, en premier lieu, la fraction représentée par les adventices vivaces qui va déterminer la capacité à s’extraire de la dépendance au glyphosate. On manque actuellement de capacité à évaluer cette grandeur de manière rapide et fiable.

Sous réserve de la validité de cette hypothèse, différents leviers pour appauvrir le stock doivent être mobilisés. La gestion de l’interculture est bien évidemment essentielle, à la fois par la pratique des faux-semis et par l’implantation de couverts qui vont engendrer une forte concurrence vis à vis de la flore adventice spontanée. Le travail du sol va interagir avec les autres éléments des systèmes de culture en entraînant des déplacements verticaux (et horizontaux) des semences, et en modifiant l’état structural des horizons travaillés, modulant ainsi les conditions physiques de la phase de germination-levée (température, humidité, contraintes mécaniques). A titre d’exemple, la figure 17 représente la densité de semences adventices dans trois horizons de sol (0-5, 5-10, 10-15 cm), en fonction du travail du sol réalisé dans des systèmes de culture à base de maïs (Swanton et Shrestha, 2001 ; cité par Thomas, 2015). Ces résultats indiquent que le stock semencier est le plus élevé avec le labour. On remarquera que dans ce cas, seul un tiers de ce stock est à risque (horizon 0-5 cm). Avec le non retournement des horizons du sol (chisel et semis direct), le stock global diminue, mais se concentre en surface pour une pression adventice quasi équivalente. La technique de culture sur billon, qui intègre deux binages/buttages pendant la culture du maïs est celle qui conduit à la pression adventice la plus faible (d’un facteur 3 à 4 par rapport aux autres opérations de travail du sol). Contrairement aux cultures d’hiver, ce sont les graminées annuelles qui sont les plus affectées par le changement de pratique alors que l’impact est quasi nul sur le dicotylédones estivales (Swanton et Shrestha, 2001 ; cité par Thomas, 2015).

Profondeur stock adventices

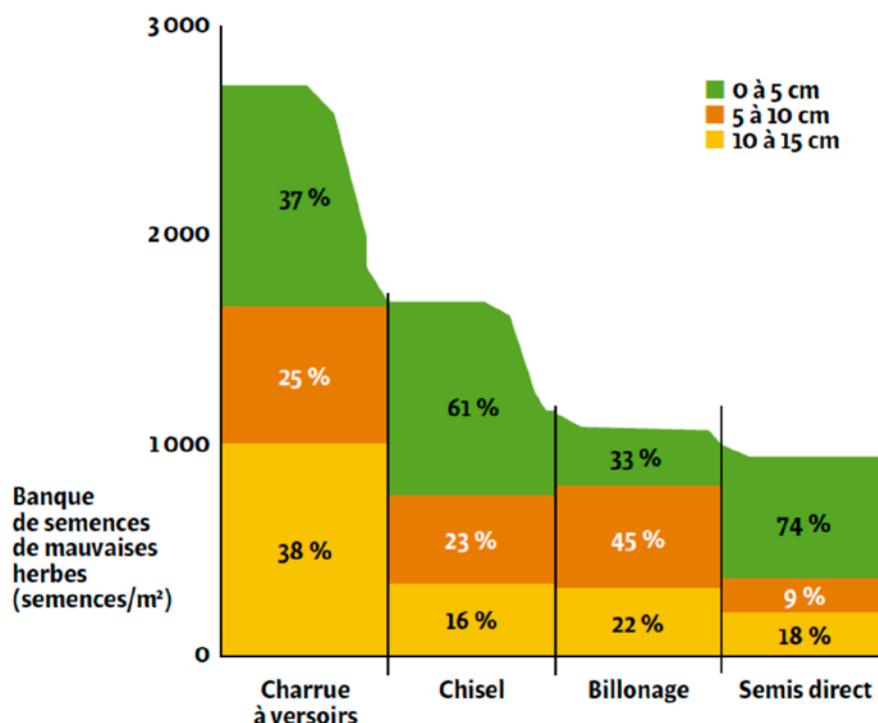


Figure 17 : Distribution des semences dans le sol en fonction du type du travail du sol : culture de maïs (Canada). Swanton et Shrestha (2001), cité par Thomas F (2015).

Conduite de la culture

Chaque élément du système de culture est susceptible d'impacter l'état sanitaire d'une culture. Outre le travail du sol, le choix de la date et de la densité de semis, le choix variétal, la fertilisation ou encore l'irrigation sont autant d'opérations susceptibles d'engendrer des modifications du fonctionnement des agroécosystèmes qui pourront être mises à profit pour maîtriser la flore adventice. La complexité des interactions entre pratiques agricoles, composantes physiques, biologiques et chimique du milieu, et l'espèce, ou les espèce(s) cultivées nécessitent également des efforts de compréhension, notamment en ce qui concerne la maîtrise de la flore adventice. Etre en mesure d'adosser à ces connaissances des outils de pilotage, constituerait une aide reconnue et appréciée.

Agriculture de précision

La gestion des hétérogénéités spatiales au sein des parcelles est sans aucun doute un point sur lequel la recherche et la recherche appliquée doivent concentrer des travaux de recherche de façon prioritaire. Les adventices vivaces, les plus difficiles à maîtriser, sont en général réparties sur des zones limitées. Outre la quantification des coûts et bénéfices d'une gestion localisée des adventices et de l'hétérogénéité spatiale, les questions posées relèvent des points suivants :

- la capacité à détecter les adventices de manière plus ou moins automatisée, ce qui suppose de les reconnaître (capture d'images sous une large gamme spectrale), et de disposer d'une capacité de traitement des images en vue d'une action rapide ou immédiate
- l'intervention localisée, soit avec une intervention chimique, mécanique, voire thermique, soit avec un robot. Ce dernier point est très prospectif et fait l'objet de développements technologiques actuellement (Consortium Robagri).

Méthodes physiques (φ)

Les couverts peuvent être détruits à l'aide d'opérations de broyage ou le passage de rouleaux massiques blessant les plantes et les rendant d'autant plus sensible aux dégâts du gel. Si les interventions mécaniques spécifiques contre les plantes adventices constituent une alternative fréquemment rencontrée dans différents systèmes de culture (e.g. herse étrille, houe rotative, bineuse ou encore paillage/mulch constituant un obstacle physique à l'émergence des plantules), les méthodes thermiques (par jet de vapeur ou d'eau chaude, épandage de mousse, ou passage d'électrodes) ne sont actuellement qu'exceptionnellement sorties du statut de prototype. Il en va de même pour la robotisation des opérations de désherbage qui peut être efficace dans certaines situations de production, mais qui est encore très loin d'être généralisée. Les méthodes physiques pour maîtriser les adventices et les couverts constituent néanmoins une activité de recherche/développement active et travaillée par des start-up et des PME, offrant de réelles opportunités pour une économie verte accompagnant la transition agroécologique.

Méthodes chimiques (χ)

La recherche/développement a su proposer un ensemble de matières actives permettant d'agir sur le fonctionnement physiologique des plantules et des plantes adventices. Leurs impacts sur la biodiversité, et les risques sanitaires associés ont logiquement conduit les pouvoirs publics à durcir les critères d'obtention d'Autorisation de Mise sur le Marché. La voie pour identifier de nouvelles

molécules ou de formulations permettant la maîtrise des adventices sans impact sur la biodiversité et sans risque sur la santé humaine reste ouverte. Dans le cadre du biocontrôle, il existe des spécialités issues des substances naturelles et homologuées pour maîtriser les plantes adventices (notamment à base d'acide pélargonique). C'est une voie qu'il convient d'explorer, même si l'origine naturelle des substances ne garantit pas leur innocuité écotoxicologique et toxicologique. Quelques rares exemples illustrent la possibilité d'envisager le couplage des approches chimiques et de biocontrôle.

Méthodes biologiques

Enfin, il est possible d'imaginer des stratégies mobilisant des organismes vivants (hors pâturage) pour maîtriser les plantes adventices, via une réduction du stock semencier et d'organes de reproduction végétatives. Différentes approches restent à envisager et combiner. Il s'agit par exemple de favoriser la prédation des graines à l'instar de certaines espèces de carabes. Ceci suppose d'une part que les graines soient à la surface et d'autre part que la structure et la gestion de la parcelle et la gestion de ses abords (éléments fixes) permettent d'accueillir des populations significatives de ces prédateurs. Plus généralement, on peut imaginer qu'il y a aussi des marges de manœuvre inexplorées pour tirer profit de la capacité de certains micro-organismes à peser négativement sur le stock de graines d'adventices en affectant leur viabilité.

Par ailleurs, le fait d'avoir dressé une liste des quelques espèces adventices les plus problématiques ouvre sans doute des possibilités de chercher des auxiliaires plus spécifiques.

3-6-3 Les options, leur niveau de maturité technologique, leur efficacité et leur facilité de mise en œuvre

Le tableau 8 présente un ensemble de techniques relevant d'une action sur la flore (plantes et semences d'adventices et couverts) en grande culture. Elles sont caractérisées par leur niveau de maturité technologique (selon l'échelle présentée précédemment), leur efficacité et leur facilité de mise en œuvre. Dans cette liste non exhaustive, certaines sont déjà largement utilisées quand d'autres, évoquées, ne constituent pas des alternatives mobilisables à court terme. Elles ne seront généralement pas de simples substitutions mais devront être pensées et utilisées de manière combinée. Outre leur immaturité technologique, elles seront susceptibles d'entraîner d'autres effets de blocage qu'il s'agira d'identifier.

Dans la majorité des cas, on ignore la marge de progrès qui pourrait résulter de leur mise en premier plan. Quand les alternatives à l'usage du glyphosate semblent ne pas donner satisfaction, il reste difficile d'isoler ce qui résulte du fait que leur optimisation n'a pas été encore conduite, de ce qui découle d'une propriété intrinsèque qu'il sera toujours difficile de contourner. Le coût des équipements relève d'un frein considéré comme plutôt transitoire car pouvant faire l'objet de mesures d'accompagnement. En revanche, les débits de chantiers lents ou l'incapacité matérielle de les déployer dans certaines zones à l'instar de certains travaux du sol dans des zones impraticables car fortement empierrées par exemple, constituent des impasses techniques.

Ayant toutes ces précautions en tête sur ce que cette compilation signifie et ne signifie pas, les grandes options se rangent dans une typologie qui réunit les mesures préventives (dont cultures intercalaires et associées & rallongement des rotations), puis les mesures curatives d'ordre chimique, physique (plusieurs formes selon stade ciblé : bâche, tonte, travail du sol), biologique (lutte bio mais surtout couvert). Il y a parfois des synergies exploitables dans un couplage mécanique/chimique, biologique/chimique (= enherbement essentiellement) contribuant à diminuer les doses employées.

En présentant cette partie sur les pistes d'alternatives à explorer pour les faire progresser, nous ne voulons pas laisser croire que les pistes sont nombreuses, prêtes et qu'elles aboutiront à court terme. C'est le propre de la recherche et de la recherche appliquée d'explorer des pistes dont certaines n'aboutiront pas *in fine*. Dans le même temps, c'est là que nous voyons les meilleures opportunités.

	MATURITE	FAISABILITE	EFFICACITE											
			Vivaces dicotylédones	Vivaces graminées	Interculture dicotylédones	Interculture graminées	Semis direct interculture dicotylédones	Semis direct interculture graminées	Interculture couvert végétal	Semis direct interculture couvert végétal	Semis direct couvert permanent	Destruction des prairies	Régulation des couverts (jachères)	
Glyphosate (χ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Nouv. herbicides (χ)			*	*	*1		*1		*	*	*	*	*	*
Subst. naturelles (χ_b)					*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2			*2
Pureté semences (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Nettoyage mat. (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Menues pailles (P)			**	**	**	**3	**	**3	**	**	**	**	**	**
Bordures/haies (P)			**	**	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4	**4
Compostage (P)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Rotation/espèces (A)			**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Choix variétal (A)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Date de semis (A)					*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6
Densité semis (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fertilisation (A)			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Labour (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Faux semis (A)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Roulage et gel (φ)										*7	*7	*7	*7	*7
Broyage (φ)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Robots (φ)														

Tableau 8. Analyse des potentialités de différentes méthodes pour maîtriser les plantes adventices et les couverts en grande culture. Chaque méthode est caractérisée par son niveau de maturité technologique (M), sa facilité de mise en œuvre (F), et son efficacité (E). Les codes couleurs suivants sont utilisés pour chacun des trois critères. Niveau de maturité technologique ; vert foncé : déjà commercialisé et/ou utilisé ; vert clair : a démontré son efficacité dans de nombreux cas ; orange : méthode validée dans des conditions expérimentales particulières ; jaune : preuve de concept fournie, phase de recherche active ; rouge : plus bas niveau, les principes de bases sont uniquement formalisés. Faisabilité et l'efficacité ; vert foncé : très élevée ; vert clair : élevée ; orange : moyenne ; jaune : mauvaise ; rouge : très mauvaise. Les codes couleurs des cellules divisées en deux indiquent les classes extrêmes encadrant la variabilité du critère concerné. En gris : non concerné.

* : effet sur l'année n, directement sur la culture quel que soit le niveau d'infestation ; ** : effet à terme ou contribution au maintien d'un faible stock semencier.

Signification des remarques numérotées de 1 à 7 (Source ITA). 1. Seule la combinaison de plusieurs substances actives permettrait de retrouver un spectre large mais plus limité que celui du glyphosate, 2. Contraintes économiques (> 300€/ha) et logistiques (12 à 16 l/ha), 3. Ne fonctionne pas sur vulpin, 4. Ne fonctionne que sur certaines flores ; notamment, gaillet, brome, chardon-marie, ambroisie, 5. Levier adapté à la réduction d'herbicides, 6. Plus facile à réaliser et plus efficace en culture de printemps. Forte contrainte avant céréales. Impossible en colza, 7. selon disponibilité le nombre de jours de gel ; efficace dans le grand Nord-Est.

4-Mesures d'accompagnement – transition Glyphosate

4-1 Synthèse des situations difficiles requérant une attention particulière

Nous proposons de définir la gradation : 'évolutif' signifiant qu'il est possible d'en sortir rapidement, 'majeur' quand les alternatives peuvent poser des difficultés plus ou moins généralisées, et 'impasse' pour les situations où l'on ne perçoit pas d'autre moyen de pallier le retrait qu'à travers le recours à la main d'œuvre pour réaliser une intervention manuelle dans les champs.

A travers les lectures, interviews et échanges, nous avons identifié quelques grandes situations de transition particulièrement difficiles, voire d'impasses dont le tableau suivant présente la synthèse. Les ITAs ont réalisé une synthèse qui suit un découpage via les situations et cibles. Ce document dont nous partageons l'esprit et les conclusions est apporté en annexe D.

Tableau 9 - Synthèse des situations et gradation du niveau de difficulté.

Situation(s) concernée(s)	Caractère bloquant	Alternative(s)	Surface (hectares)	Volume de glyphosate (approx. tonne)	Besoins induits	Conséquences probables
Récolte de fruits à coque (noisette)	Evolutif à (gérer la récolte)	Récolter dans un couvert préalable-ment tondu ras ou sur des bâches	4 10 ⁺³ ha	10	Autre équipement de récolte (sans étape de balayage sur sol nu), couvert adapté à cet usage	
Agriculture dite 'de conservation en semis-direct (sous couvert) sans travail du sol'	Impasse de principe (ne pas toucher au sol)	Quasi aucune sans changer de système ; combiner couvert adapté et techniques de destruction/broyage ras	4% de 15 10 ⁺⁶ , soit 600 10 ⁺³	4% des GC (1600 t) soit 64 t env.	Couverts gélifs, bonne destruction par roulage, caractérisation des hétérogénéités pour action ponctuelle isolée, intervention par scalpage	Retour majoritaire aux techniques de TCS, évolution des méthodes de gestion des couverts
Filière de production de semences certifiées	Majeur (gestion des impuretés, espèces cultivées durablement peu compétitives à l'instar d'espèces potagères)	Pratiques agronomiques de préparation de la parcelle en amont du semis, autres herbicides	(dont 24 10 ⁺³ pour luzerne)	> 8	Caractérisation des hétérogénéités, trieur densimétrique et optique sur la chaîne de conditionnement ; mise au points d'itinéraires de conduite	Délocalisation pour les grands groupes

						alternatifs (FNAMS)
Entretien des vignes en forte pente et terrain très caillouteux	Impasse ponctuelle, majeur sinon	Action manuelle, animaux de traits ?	de	Beaujolais, vignobles de Banyuls, Maury, Côtes Rotie, Condrieu, soit 3 10 ⁺³ ha env.	>6	Herbicides alternatifs, travail du sol adapté
Rouissage du lin	Majeur (trouver le bon compromis pour laisser le lin au sol sans risquer son recouvrement)	Aucune substitution ; travail amont sur le risque de levées d'adventices pendant la période critique	de	70% des surfaces en lin		Moindre capacité de valorisation d'un savoir faire leader mondial
Absence d'impuretés dans la quatrième gamme des légumes frais cultivés en plein (pousses de salade, mâche)	Majeur (dans cahier des charges de la filière pour couvrir ce marché)	Aucune substitution ; travail sur le stock, la préparation du lit de semence, le tri sur la chaîne de conditionnement	de		< 1 tonne	Ponctuellement, désherbage thermique ; robotisation ; des pistes de biocontrôle ciblées sur les espèces adventices toxiques
Gestion des couverts d'interculture	Evolutif (économique & variablement réversible)	Désherbage mécanique étendu au-delà des zones vulnérables actuelles ; adaptations de l'itinéraire technique		15 10 ⁺⁶		Agriculture de précision pour des actions plus localisées dans la parcelle, dev ^t de caractérisation du milieu pour ajustement des interventions, généralisation de couverts d'intercultures, gestion différenciée sur et entre rangs (desherbinage, passage en culture sarclée)
Vergers en	Evolutif	Désherbage		Fourchett	15% de	Système de La

production ne présentant ni le bon écartement ni l'irrigation adaptée	(modification d'implantation à repenser en amont)	mécanique	e de 10 à 20 % des vergers	10 ⁺³ , soit 10 ⁺³	tonte, système d'irrigation surélevé (enfouis ?), travail du sol sur le rang, couplage des interventions, couverts adaptés, mulch et paillage ; gestion des hétérogénéités et différenciation sur et entre rangs	concurrence de l'enherbement non maîtrisé en verger se traduit par une perte de calibre, pénalisant en France plus que dans d'autres pays de l'union
Culture de la canne à sucre (DOM)	Evolutif, impasse ponctuelle (en terrain à risque ou difficile)	Autres herbicides, désherbage mécanique, dévitaliseuse par broyage mécanique				Rotation ou assolement à repenser dans certaines zones ; entrée de pesticides en fraude ?
Absence de contaminants toxiques dans les vergers de petits fruits	Evolutif	Paillage, agronomie prophylactique			Développement de solutions de biocontrôle, renforcement des chaînes de conditionnement, accroissement de main d'oeuvre	
Toutes	Majeur (tendances profondes des 30 dernières années)	Cohérence des systèmes, outils de production, et des marchés, des investissements sur l'exploitation, de la charge morale qui pèse sur les décisions quand elles deviennent plus pointues			Polyculture-élevage, Diversification des assolements et des rotations	Charges de main d'œuvre, pénalités et manques de débouchés, réorganisation des filières de collecte ; voire de transformation

L'irréversibilité des chemins empruntés

Depuis sa mise sur le marché en 1974, le glyphosate s'est partout progressivement imposé comme un produit bon marché, facile à mettre en œuvre, et efficace. Sa popularité ayant conduit à un usage généralisé, la remise en cause de son utilisation souligne le degré de verrouillage de certains itinéraires y ayant largement recours. L'agriculture de conservation illustre bien cette situation. Les structures des exploitations (augmentation de leur taille conjuguée à la réduction du nombre d'Unité

de Travail Humain) ainsi que les parcs d'agroéquipements en lien avec l'adoption d'autres approches du travail du sol, constituent deux traductions concrètes des évolutions conduites au cours des dernières décennies.

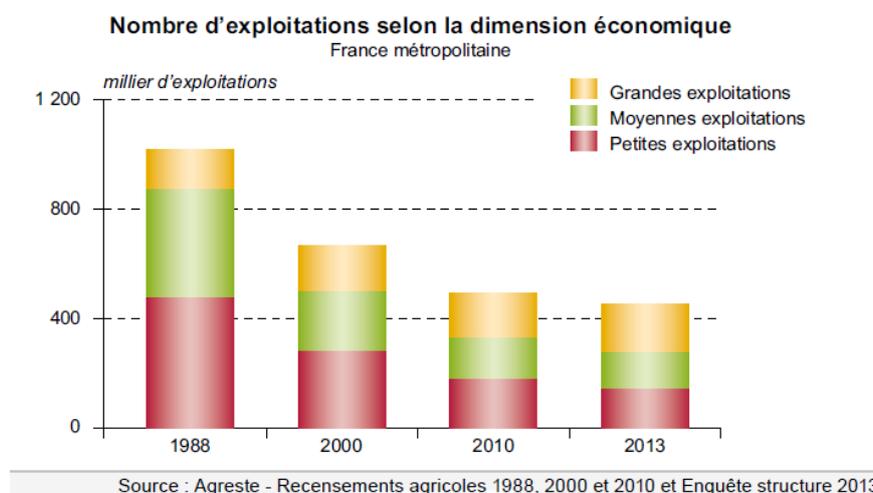


Figure 16 : Evolution du nombre d'exploitations et de la répartition de leur taille. Source : http://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2014/11/07/taille-des-exploitations-revenus-le-monde-agricole-francais-en-chiffres_4519653_4355770.html

Cette mutation est soutenue par une augmentation des débits de chantier, favorisée par la mécanisation et l'emploi des pesticides. Ces gains de productivité ont également été accompagnés d'une capacité accrue à s'affranchir des hétérogénéités spatiales au sein des parcelles, en les masquant.

On a vu que certaines exploitations pouvaient gérer les adventices et intercultures sans glyphosate ; toutefois, cette évolution du contexte réglementaire, alliée aux différents constats des limites énoncées à travers l'analyse des données Dephy soulignent la déstabilisation transitoire ou profonde que créera un retrait du glyphosate, déstabilisation qu'il y aura lieu d'alléger à travers un accompagnement. Les mesures qui suivent sont présentées en tenant compte de cette transition, et des mesures économiques, techniques et pédagogiques à coordonner.

4-2 Instruments de réduction du risque économique et financier

4-2-1 Aide à l'investissement

Comme la cohérence des politiques publiques est un point d'attention, un préambule précisant deux paradoxes nous semble nécessaire.

Une perspective d'interdiction totale constitue une rupture à la logique de simple réduction d'usage des produits phytopharmaceutiques. Il est alors naturel de vouloir revisiter les mesures incitatives à l'aune de cette différence de poids, chaque fois que l'objectif d'optimisation et de réduction ne s'inscrit pas dans une logique compatible avec une sortie totale. Toutefois, se présente alors un risque de perdre des pans entiers de R&D intéressants, notamment pour la période de transition ; d'autant que ces innovations pourraient présenter un intérêt générique tous pesticides confondus.

Ainsi, la focalisation sur le glyphosate et la mise de côté de la cohérence d'ensemble des actions de réduction des produits phytopharmaceutiques peuvent avoir des incidences de moyen / long terme

qui ne seront pas nécessairement prévisibles et souhaitables, allant jusqu'à l'augmentation de la consommation d'autres herbicides ou d'autres pesticides (cf le cas des bananeraies). Il apparaît par exemple que l'emploi raisonné du glyphosate pourrait être un levier pour réduire fortement la banque de graines du sol et donc, à terme, réduire son propre usage. Cette remarque peut paraître contre intuitive par rapport à ce qui est observé aujourd'hui avec les gammes d'utilisation moyennes ; pourtant ce potentiel, déjà bien compris et maîtrisé par une petite fraction d'agriculteurs, pourrait être mis en œuvre durant la période de transition.

La flore adventice vivace est la plus difficile à gérer et sur laquelle le glyphosate s'avère être le plus difficile à substituer. Ces vivaces sont généralement réparties de façon très hétérogène dans les parcelles agricoles. Le mode d'action du glyphosate permet en outre de détruire les organes souterrains qui sont souvent des éléments de la multiplication végétative de ces espèces. La prise en compte des hétérogénéités spatiales implique de pouvoir passer d'une application généralisée à une intervention en localisé qui doit intégrer :

- La caractérisation de l'hétérogénéité et reconnaissance automatique des adventices, voire en simultané de foyers de maladies, pour économie globale de produits phytosanitaires
- La robotique, l'automatisme et les drones
- La modélisation de la propagation inter-annuelle des hétérogénéités
- La mise en place de filières et services associés de paillage.

D'autre part, l'interdiction du glyphosate conduit à distinguer les équipements associés à des stratégies de reconception de ceux associés des stratégies de « substitution » (remplacement du désherbage chimique par du désherbage mécanique) et d'« amélioration de l'efficacité » (optimisation de la pulvérisation). Les optimisations se limitent à réduire les quantités de matière active sans chercher à reconcevoir les systèmes de culture pour s'affranchir totalement des herbicides. Les catégories d'investissement permettant la construction de systèmes moins dépendants du glyphosate et des herbicides en général ne sont actuellement pas présentes dans les listes d'investissements agro-environnementaux éligibles aux soutiens publics (Ecophyto 2 notamment). Il conviendrait de les créer pour pouvoir flécher les aides et favoriser ce type d'investissements.

D'après les conclusions de l'étude, il convient de mettre en avant ce qui permet de favoriser :

- La diversification de la biodiversité planifiée (espèces cultivées, couverts d'interculture, plantes de service ; trieurs-séparateurs de graines pour les cultures en mélange, par exemple) ;
- L'installation rapide des cultures (espèces et variétés à forte vigueur à l'installation) ;
- Les actions prophylactiques pour limiter les contaminations de proche en proche ;
- La limitation des stocks de graines sur la parcelle (écimeuses, gestion des menues pailles, etc.) ;
- La différenciation du désherbage dans la parcelle (sur ou entre rangs, en tache par tache, en pied de ceps et d'arbres fruitiers) ;
- Le désherbage mécanique des cultures ;
- Le paillage
- Les débits de chantier pour les actions préventives (préparation des semis et semis eux-mêmes) et curatives (désherbage par action mécanique (scalpeurs à ailettes ou pattes d'oie, robots de désherbage en viticulture...)) ;

- La création de filières spécifiques de prestations de désherbage (aide à l'utilisation d'animaux pour gestion de flores difficiles en parcelles à dominante céréalière ; soutien à des initiatives de gestion collective de troupeaux)
- La recherche/développement sur les innovations technologiques (automatique, leviers thermiques, chimiques, biologiques).

En conséquence, durant la période de transition, les aides à l'investissement (PCAE, Ecophyto 2...) seraient affectées de façon prioritaire aux exploitations agricoles qui n'utilisent pas de glyphosate. Les listes d'actions éligibles à ces aides s'enrichiraient des agroéquipements permettant l'affranchissement de l'usage du glyphosate.

4-2-2 Mobilisation des MAEC Systèmes

La sortie du glyphosate est déjà prise en compte dans les MAEC Systèmes, puisque certaines d'entre elles intègrent une réduction de l'IFT. Dans l'optique d'une sortie du glyphosate, ces MAEC doivent être soutenues même si elles ne visent pas spécifiquement cette molécule. A pas de temps plus long, et dans l'optique d'une réduction accrue de la dépendance aux produits phytopharmaceutiques, il serait envisageable de développer les MAEC systèmes qui intègrent une réduction de l'IFT d'au moins 30 % et des pratiques (rotations par exemple) permettant de réduire la pression adventice sur les cultures (SPE – élevage, SPE – cultures, SPE – monogastrique, SGC).

Cette idée est soutenue par le fait que les MAEC systèmes mentionnent déjà de nombreuses techniques favorables à la sortie du glyphosate :

- favoriser la diversification des cultures,
- alterner les périodes de semis des cultures de la rotation,
- retarder les semis d'automne,
- combiner des déchaumages avec des outils à dents et à disques,
- mieux positionner les déchaumages,
- améliorer la profondeur du travail du sol lors des déchaumages.

Dans l'objectif de rendre les MAEC plus performantes, on pourrait y ajouter les mesures qui favoriseront des cultures à forte densité de couverts, notamment grâce aux associations d'espèces. Si il n'y a pas d'infestation préalable par des vivaces, les couverts d'interculture, introduits comme une obligation dans la directive nitrate, peuvent être choisis pour permettre la réduction globale de la flore adventice, notamment les vivaces en limitant l'alimentation de la banque de graines du sol.

En conséquence, il faudrait étendre les MAEC pour favoriser la gestion des cultures intermédiaires qui constituent le levier important à actionner pour peser sur la flore adventice : choix de la nature des espèces à planter et amélioration de leur conduite (semier tôt, dense, modalités de destruction notamment). Il faudrait accompagner cette extension, d'une autorisation à ne pas planter la culture intermédiaire dans les situations d'infestation avérée forte d'adventices dont des vivaces mais de la remplacer par une période de répétition de travail du sol appropriée pour faire germer, épuiser les stocks et réduire drastiquement les infestations.

4-3 Mobiliser le partage d'expériences, le conseil et la formation

Au-delà des moyens que l'agriculteur devra mettre en œuvre, l'étude a montré que les itinéraires techniques, et les successions de culture devront changer. De plus, les pratiques s'attacheront plus aux particularités des parcelles.

Le conseil aux agriculteurs se transforme et va s'orienter vers :

- l'accompagnement à la conception de nouveaux systèmes de culture et notamment pour la question du glyphosate au choix et à la gestion de cultures intermédiaires et au positionnement du travail du sol et l'entretien des couverts ;
- L'accompagnement vers une réflexion stratégique et tactique pluri-annuelle ;
- L'appropriation et la mise en place des interventions techniques pour réduire la banque de graines du sol, tout en réduisant l'usage d'herbicides ;
- La sensibilisation aux alternatives non chimiques et la pédagogie pour enseigner les actions plus techniques et potentiellement plus délicates à mettre en œuvre ;
- Plus largement, l'animation de collectifs d'agriculteurs à l'agro-écologie à bas niveau de pesticides (action des 30 000). Dans ce cadre, il pourrait être pertinent d'introduire un critère « zéro glyphosate » dans les prochaines grilles de sélection des collectifs candidats à l'action des 30 000 (éco-conditionnalité stricte).
- Le repérage par les conseillers des agriculteurs non utilisateurs de glyphosate afin de favoriser le partage de leurs expériences.
- La mise à disposition de tous (agriculteurs et conseillers), dans l'outil GECO de l'accompagnement à la réduction d'usage de pesticides, des techniques alternatives efficaces et des expériences réussies d'agriculteurs non utilisateurs de glyphosate. Ces actions seront également à traduire en fiches-actions CEPP.

Il faudra également traduire l'évolution qui se met en place dans les référentiels de la formation initiale de l'enseignement agricole, référentiels qui ont été récemment revisités dans le cadre du plan « Enseigner à produire autrement ».

En conséquence, il faudrait accompagner et enrichir les dynamiques de partage d'expériences entre agriculteurs par les conseillers de terrain. Accroître les échanges entre les dispositifs Ecophyto 2 (action des 30 000, CEPP) et l'ensemble des agriculteurs.

4-4 Le levier réglementaire

La réglementation constitue une pierre angulaire de tout dispositif d'innovation et de transition, et le retrait d'une molécule ou d'une AMM fait partie de cette panoplie réglementaire.

Les différentes options relèvent d'un encouragement à la transition, d'une recherche de cohérence entre politiques publiques pour éviter les injonctions paradoxales, et enfin le maintien de solutions chimiques de secours.

- Modulation des CEPP, en renforçant la valeur des fiches-actions contribuant à la disparition de l'usage du glyphosate
- Mobiliser l'information des réseaux Dephy pour faire évoluer la réglementation au service d'une agriculture sans glyphosate
- Adapter les cahiers de charges et les standards de marché pour favoriser l'émergence de filières et de signes de reconnaissance officielle pour des productions '*sans glyphosate*' pendant la phase de transition.
- Cohérence des politiques publiques

- L'interdiction de travail du sol en été dans certaines régions ne permet pas le passage d'outils à disques et à dents, dont l'action sur les adventices est très efficace en périodes chaudes et sèches,
- Une interdiction totale du glyphosate peut générer des reports et réduire l'incidence d'autres travaux conduits en R&D et visant d'autres pesticides ou une réduction globale des phytosanitaires,
- Cohérence entre pays et risque de distorsion de concurrence en limitant et traçant l'importation de produits ayant 'bénéficié' de l'application de glyphosate
- En vue d'une application en plein, et à terme en localisé, maintien dans la pharmacopée des molécules permettant de gérer les adventices vivaces, contrôlées jusqu'ici par le glyphosate. Ces molécules sont identifiées dans l'annexe C du document où leur spectre de danger est aussi précisé.

4-5 Renforcer l'organisation collective

Les innovations organisationnelles constituent des leviers importants pour accompagner la transition en vue d'une sortie du glyphosate.

- Favoriser le travail et les investissements en commun entre exploitations agricoles. On peut évoquer
 - Les trieurs pour les semences de ferme
 - La gestion des menues pailles, autrement que leur destruction par brûlage
- Favoriser le développement d'une offre d'Entreprises de Travaux Agricoles (ETA) dotées d'équipements nouveaux pour une gestion différenciée intra-parcellaire de la flore adventice
- Mise en place de dispositifs partenariaux entre recherche et recherche appliquée pour explorer et proposer des innovations spécifiques sur des sujets ponctuels comme ici la suppression du glyphosate.

4-6 Recherche et recherche appliquée : modalités et priorités

L'analyse de l'ensemble du champ des possibles pour sortir du glyphosate a montré des manques de connaissances et des besoins d'innovations.

Les dispositifs DEPHY-Expé doivent être mobilisés, en particulier au moment où se mettent en place la nouvelle génération de dispositifs. Il s'agit de repérer et mettre en avant les systèmes et pratiques qui contribuent à réduire leur pression adventice sans consommer de glyphosate ni d'herbicide de substitution pour autant (plusieurs réseaux le font déjà). D'autre part, dans le cadre des travaux du Comité Scientifique d'Orientation-Recherche & Innovation d'Ecophyto, il faut orienter le présent appel d'offres. Ceci pourra également mobiliser les appels à projets du Casdar et notamment les appels à projets « Recherche Technologique » et « Innovation et Partenariat ».

Parmi les thématiques prioritaires, nous avons identifié :

- Reconception de systèmes moins dépendants des herbicides, et de manière plus prospective des pesticides en général, y compris les traitements de semence
- Renforcement de la recherche sur les intercultures pour produire des couverts à forte biomasse à fort pouvoir concurrentiel et faciles à détruire : choix des espèces et variétés, densité de semis.
- Robotique et automatisme pour une mobilisation accrue du désherbage mécanique et pour la maîtrise des hétérogénéités spatiales et plus largement recherche sur le désherbage

mécanique. *Organisation de confrontations entre équipes avec, en incidence, la définition de normes pour la qualité du désherbage mécanique et la gestion des hétérogénéités intra-parcellaires.*

- Rédaction de corpus de fiches-actions CEPP dédiées à la réduction d'usage du glyphosate
- Analyse *ex ante* et *ex post* des impacts socio-économiques et organisationnels de la disparition du glyphosate. Ce point est particulièrement important, car l'analyse économique est délicate, mais déterminante du choix des opérateurs.
- Développement d'outils d'aide à la décision dédiés à une sortie sans risque et sans arrière-effet d'une dépendance au glyphosate.
- Analyse de l'occupation historique des terres pour étendre ou rationaliser les transferts sur d'autres cultures compatibles avec l'absence de glyphosate (zones à risque élevé d'érosion, pente, bancs de cailloux, etc.)
- Un programme axé sur le biocontrôle d'espèces vivaces ou problématiques, et sur l'altération de la banque de graines, y compris les organes de multiplication végétative. *Organisation de confrontations entre équipes avec, en incidence, la définition de normes pour la quantification de la banque de graines du sol.*

5-Conclusion

La réflexion sur la sortie du glyphosate est bien évidemment à contextualiser dans la trajectoire globale de réduction de l'usage et de l'impact de l'ensemble des produits phytopharmaceutiques, dont les herbicides, incarnée en France par le plan Ecophyto, déclinaison nationale de la directive européenne 2009/128. Et pourtant, par rapport à cette trajectoire générale, le glyphosate occupe une place très particulière, car il ne se substitue pas aux autres herbicides car il permet soit de résoudre des situations d'enherbement spécifiques, soit une gestion simple de l'ensemble de la flore adventice.

En effet, en analysant ses seuls aspects économiques et agronomiques, le glyphosate combine de nombreux atouts que l'on peut résumer à une palette élargie d'efficacité, alliée à un faible coût et une facilité certaine d'utilisation. Maintenant objet de controverses, son profil d'impact environnemental a été jugé plutôt favorable lors des différentes évaluations préalables aux mises en marché. Des atouts mis à profit dans de nombreuses situations où le glyphosate a permis d'intervenir dans des terrains difficiles, s'est substitué à du travail manuel pénible, a permis de dévitaliser les plantes vivaces et pérennes en fin de cycle, a remplacé du travail mécanique visant à garantir un bon désherbage. Depuis son introduction en 1974, le glyphosate a progressivement conquis ces nouveaux créneaux, venant parfois en remplacement de molécules dont l'AMM a été retirée. Indéniablement, le glyphosate a pu accompagner les développements d'une partie importante de l'agriculture. La France, comme d'autres pays, n'a jamais franchi le pas de cultiver des variétés OGM tolérantes à son usage. Mais pour les autres usages, certains agriculteurs ont pu étendre leur exploitation en bénéficiant de meilleurs débits de chantiers, d'autres arrêter de labourer et faire évoluer en conséquence leur parc d'agroéquipements, d'autres encore introduire son usage dans les pratiques pour planter des cultures sur des terrains sinon peu propices ou récolter dans de meilleures conditions. Autant de situations qui, à présent, se retrouvent dans des difficultés et impasses plus ou moins marquées. On savait faire de l'agriculture avant et on saura en faire 'après', mais les changements de structure et d'organisation éprouvés par l'agriculture française (et européenne) au cours des dernières décennies, dont certains rendus possibles justement grâce à l'utilisation du

glyphosate, ne permettent pas d'envisager un retour à 'avant' et obligent à construire un 'après' différent.

Les alternatives techniques doivent permettre de maintenir une pression sur les adventices, assurer la destruction des couverts pour installer les cultures, pour entretenir vignes et vergers et faciliter la récolte dans des situations maîtrisées. En cas de retrait du glyphosate, pour maintenir leur niveau de revenu et de rendement, les agriculteurs devront mobiliser ces alternatives seules ou de façon combinée :

- La destruction physique par le désherbage mécanique et le travail superficiel du sol, en particulier au cours de la période d'interculture pour les cultures annuelles, ou au pied des ceps et des arbres dans le cas de la viticulture et de l'arboriculture respectivement. Ceci inclut aussi le recours au bâchage ou à la couverture des sols à l'aide de paille.
- Le labour pour assurer la destruction par enfouissement de l'ensemble de la végétation. Ceci entraîne également l'enfouissement des graines d'adventices qui sont en surface, ce qui empêche leur levée au cours de la saison suivante, mais limite leur prédation par les insectes.
- Une somme de stratégies d'évitement partiel dont le recours au gel hivernal des couverts intermédiaires, *via* le choix des espèces adaptées, ou l'utilisation d'agro-équipements spécifiques permettant le hachage de la végétation. Ceci évite ainsi le recours à une destruction chimique totale.
- La culture sous mulchs vivants, qui induit une modification profonde de la flore adventice et une limitation des adventices vivaces ou problématiques.
- L'utilisation ciblée d'autres herbicides homologués (mais qui peuvent avoir des profils tox/écotox plus défavorables que celui du glyphosate), pourra être nécessaire pendant une période de transition pour traiter les adventices vivaces qui résisteraient aux options précédentes.

Les difficultés ou impasses identifiées comme les plus profondes concernent les débits de chantiers en lien avec l'extension de la taille des exploitations (associée à une modification démographique profonde dans les campagnes dont on imagine mal qu'elle puisse être réversible), l'évolution des implantations dans des systèmes sans travail du sol (agriculture de conservation) (pour cause d'évolution du parc d'équipement et de motorisation ainsi que de choix de principe), les modifications d'assolement notamment dans les situations difficiles de sols facilement engorgés, caillouteux, en pente ou propices à l'érosion (car dans la lignée d'une spécialisation accrue des territoires), les cultures pour des marchés spécifiques avec fortes contraintes techniques (production de semences, légumes de frais et de conserve cultivés en plein champ) et enfin le choix de productions et d'outils qui requièrent une surface sans végétation ni terre libre pour balayer puis aspirer la récolte (pour cause de dépendance au chemin dans la construction des agroéquipements). Les freins généralisés concernent le bilan économique, surtout au cours de la transition, avant que les alternatives se soient adaptées et qu'elles aient bénéficié d'une compression de leur coût en corolaire de leur usage accru.

Les mesures d'accompagnement recommandées concernent les aides à l'investissement, la mobilisation des MAEC Systèmes, la mobilisation des dynamiques collectives d'agriculture et le conseil et la formation, l'utilisation de la réglementation et notamment des CEPP et les organisations de filières, notamment en favorisant le reconnaissance de produits issus de filières sans glyphosate. La recherche et la recherche appliquée joueront également un rôle, à la fois pour la maîtrise des hétérogénéités intra-parcellaires, pour créer des options nouvelles, via par exemple le biocontrôle.

Evidemment, sans vision sur le temps de transition, sans connaître les marges d'améliorations des différentes alternatives, sans maîtriser le rattrapage possible sur les prix et consentement à payer

des produits finaux, sans savoir ce que feront nos voisins, il est tentant de souligner les impasses réelles et supposées, de privilégier le *statu quo*. De fait, puisque l'on a retenu d'autres chemins, il n'est pas aisé de savoir s'il est possible de ramasser des noisettes par aspiration sur un couvert tondu à ras, si d'autres cultures sont possibles sur des terrains jugés difficiles, si suffisamment de paillis sera disponible pour couvrir les situations qui y auraient recours, et surtout si les défauts d'approvisionnement de certaines filières ou lieux de collecte avec un changement d'assolement peuvent induire des effets en cascade plus ou moins marqués.

Pour ne pas être prisonniers des difficultés de projection, nous avons privilégié de partir de situations réelles. Nous n'ignorons pas qu'elles peuvent toutes résulter d'historiques différents et de trajectoires de long terme pour arriver au stade où elles ont été identifiées. Aussi, l'existence d'une situation B n'utilisant pas de glyphosate en de très nombreux points similaire d'une situation A utilisant du glyphosate ne dit que peu de choses sur le temps et le chemin à emprunter pour aller de A à B. Nous n'avons pas vu de besoins majeurs d'ajustement de l'équipement ni de la puissance de motorisation (dans les exceptions, les agriculteurs en semis direct qui voudront repasser à des techniques culturales simplifiées avec le retrait du glyphosate, et les fermes de grande taille où les débits de chantier sont devenus un élément structurant). De même, si nous avons noté des modifications logiques de calendrier avec plus d'interventions de travail du sol à l'approche des semis, ces modifications semblent d'ampleur modérée et souvent par décalage plus que par ajout d'interventions (dans les exceptions, la destruction mécanique du couvert d'interculture si cette intervention doit avoir lieu à un moment spécifique). En revanche, nous n'avons pas à disposition d'indicateurs rendant compte de l'état des stocks d'adventices dans les sols, élément qui peut faire la différence entre des situations qui nécessiteront un gros effort pour contenir les adventices et d'autres où cela sera relativement aisé. La connaissance du stock de graines d'adventices semble ainsi un facteur-clé, pourtant à ce jour très difficilement accessible. Nous n'avons pas non plus de mesure de la charge mentale pouvant résulter de l'obligation de pratiques plus fines, basées sur l'observation, à réaliser dans des délais plus longs parfois avec l'aide de personnel employé alors même que le nombre de jours favorables pour intervenir mécaniquement peut être plus faible ; bref nous ne pouvons rendre compte de la quiétude relative que pouvait engendrer la facilité d'emploi alliée à la relative certitude du résultat.

L'analyse des diverses situations souligne que la sortie du glyphosate ne se fera pas par l'utilisation d'une option unique pour tous, ni même d'une option technique unique pour une exploitation agricole ou un système de culture donné. C'est donc plutôt vers l'identification de combinaisons techniques adaptées localement que s'orientent les recommandations. Ceci contribue à la complexité apparente et à la charge mentale, en particulier pendant la phase de transition.

L'analyse des jeux de données issues de conditions réelles, et de la littérature scientifique et technique met en évidence des solutions qui relèvent de niveaux de maturité technologique différents, depuis des options techniques déjà disponibles, à des options demandant encore des développements et même, des établissements de preuve de concept. La recherche et la recherche appliquée doivent être poursuivies sur la problématique de la sortie du glyphosate, et plus largement sur la réduction de l'usage et de l'impact des produits phytosanitaires. Mais l'étude conduite pour cette saisine introduit une rupture paradigmatique forte qu'il conviendra d'approfondir. La situation du glyphosate et les situations d'impasse potentielle enregistrées incitent à réfléchir une autre modalité d'utilisation des pesticides en général, et herbicides en particulier. En effet, ce sont surtout contre les adventices vivaces et les fragments végétatifs souterrains qui peuvent permettre leur propagation que l'usage de cette molécule va être le plus difficile à remplacer. Or, ces adventices ne couvrent dans bien des cas, qu'une faible part des surfaces et l'enjeu nouveau est donc clairement la

prise en compte des hétérogénéités spatiales, leurs caractérisations et leur prise en compte dans les programmes d'interventions et de protection des cultures. Dans le champ de l'agriculture de précision, cette attente paraît insuffisamment relayée et travaillée.

Le rapport n'a pas traité des dimensions réglementaires et de la décision publique, mais de la question de la transition. Si l'utilisation du glyphosate incarne par bien des aspects une situation de verrouillage technologique autour d'une molécule, l'enclenchement et le déroulement de la transition nécessitent une vraie lisibilité et stabilité de la décision publique et de la réglementation.

Enfin, tout au long de ce rapport et en reconnaissant les différences, les auteurs ont cherché à ne pas isoler le glyphosate de l'ensemble de la problématique de réduction des pesticides. En effet, il serait erroné de croire que la recherche d'une trajectoire de réduction des usages et des risques des pesticides puisse passer seulement par l'analyse des effets de la suppression de molécules prises séparément, fussent-elles d'un usage aussi massif, en tonnage et en NOMBRE de Doses Unités (NODU), que le glyphosate. En effet, la disponibilité du glyphosate a permis de résoudre des difficultés engendrées par des programmes de protection non raisonnés à d'autres étapes des successions culturales, comme le développement de flores adventices de graminées résistantes à des sulfonilurées. Mais *a contrario*, le retrait du glyphosate va vraisemblablement engendrer des usages, en volumes plus limités, de molécules à profils toxicologiques moins favorables pour contrôler la flore la plus difficile, voire d'autres bioagresseurs comme dans le cas de la gestion des bananeraies. C'est donc bien l'ensemble de la protection des cultures qui doit être et rester la priorité, en privilégiant les re-conceptions de systèmes économes et avec des cadres réglementaires encourageant la conception et la mise en œuvre d'actions vertueuses, tout en conservant la capacité d'une adaptation aux conditions locales.

En terme de ressources analytiques, le travail dans le cadre de la présente saisine a montré la puissance de calcul et d'analyse qu'offrait le réseau Dephy Ferme par sa largeur (diversité des situations décrites, précision des informations sur les systèmes de culture) et par sa profondeur (suivi dans le temps des trajectoires d'exploitations agricoles). Ce système d'information constitue une ressource de première importance pour la transition de l'agriculture française vers des systèmes économes en produits phytopharmaceutiques.

6-Références

- A. G. R. E. S. T. E. (2017) Mémento 2016, exploitation et population agricoles, <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memo16exploitations.pdf>
- Agrotransfert (2016) Biologie et moyens de Gestion des adventices vivaces sans herbicides, www.agro-transfert-rt.org
- Alaphilippe A, Simon S, Brun L, Hayer F, Gaillard G (2013) Life cycle analysis reveals higher agroecological benefits of organic and low-input apple production. *Agronomy Sustainable Development* 33, 581-592
- Ambiaud, E. (2015). Enquête Pratiques culturales en viticulture 2013. Nombre de traitements phytosanitaires.
- Andreotti G., Koutros S., Hofmann J.N., Sandler D.P., Lubin J.H., Lynch C.F., Lerro C.C., De Roos A.J., Parks C.G., Alavanja M.C., Silverman D.T., Freeman L.E.B, 2018. *Glyphosate Use and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study*. *J Natl Cancer Inst* (2018) 110(5): djx233
- Autret, B., Mary, B., Chenu, C., Balabane, M., Girardin, C., Bertrand, M., ... & Beaudoin, N. (2016). Alternative arable cropping systems: A key to increase soil organic carbon storage? Results from a 16 year field experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 232, 150-164.
- Beckert M., Dessaux Y., Charlier C., Darmency H., Richard C., Savini I., Tibi A. (éditeurs), 2011. *Les variétés végétales tolérantes aux herbicides. Effets agronomiques, environnementaux, socio-économiques*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, CNRS-INRA (France), 84 p. <https://www6.paris.inra.fr/depe/Projets/Varietes-Vegeales-Tolerantes-aux-Herbicides>
- Bruchon L., Le Bellec F., Vannière H., Ehret P., Vincenot D., De Bon H., Marion D., Deguine J.P., 2015. Guide Tropical – Guide pratique de conception de systèmes de culture tropicaux économes en produits phytosanitaires. Le Bellec F. (Ed.), CIRAD, Paris, 210 pages.: <https://cosaq.cirad.fr/outils-d-aide-a-la-decision/guide-tropical>
- Casagrande, M., Alletto, L., Naudin, C., Lenoir, A., Siah, A., & Celette, F. (2017). Enhancing planned and associated biodiversity in French farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(6), 57.
- Chikowo, R., Faloya, V., Petit, S., & Munier-Jolain, N. M. (2009). Integrated Weed Management systems allow reduced reliance on herbicides and long-term weed control. *Agriculture, ecosystems & environment*, 132(3), 237-242.
- Cordeau, S., Ryan, M. R., Bohan, D. A., Reboud, X., & Chauvel, B. (2017). Which Traits Allow Weed Species to Persist in Grass Margin Strips?. *Weed Science*, 65(3), 381-394.
- Cordeau, S., Smith, R. G., Gallandt, E. R., Brown, B., Salon, P., DiTommaso, A., & Ryan, M. R. (2017). Timing of tillage as a driver of weed communities. *Weed Science*, 65(4), 504-514.
- Coulon-Leroy, C., Charnomordic, B., Thiollet-Scholtus, M., & Guillaume, S. (2013). Imperfect knowledge and data-based approach to model a complex agronomic feature—Application to vine vigor. *Computers and electronics in agriculture*, 99, 135-145.

- Coulon-Leroy, C., Morlat, R., Barbeau, G., Gary, C., & Thiollet-Scholtus, M. (2012). The vine functioning pathway, a new conceptual representation. In *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 241-264). Springer Netherlands.
- CTIFL, (2012). Solarisation sous abri et en plein champ, *Point sur les méthodes alternatives*, 10, 2p
- Datalab essentiel n°94 (Mars 2017) Pesticides : évolution des ventes, des usages et de la présence dans les cours d'eau depuis 2009. <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/2668/1108/pesticides-evolution-ventes-usages-presence-cours-deau.html>.
- Groshens E. (2014) Spatialisation des données de ventes de pesticides, Rapport sur les possibilités et limites d'une extrapolation de la démarche à l'échelle nationale, 37p, <http://prodinra.inra.fr/ft?id=A0AAACD7-8A76-4EF7-B5A3-8B51C88EBDBF>
- Kehlenbeck, H., Saltzmann, J., Schwarz, J., Zwerger, P., Nordmeier, H., Roßberg, D., ... & Freier, B. (2015). Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland. *Julius-Kühn-Archiv*, (451).
- Leather, S. R., & Atanasova, D. (2017). Without up - to - date pest thresholds sustainable agriculture is nothing but a pipe - dream. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(4), 341-343.
- Lechenet, M. (2017). *Peut-on concilier un faible usage de pesticides, une bonne performance économique et environnementale ? Analyse d'un réseau national de fermes de démonstration Ecophyto* (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne Franche-Comté (COMUE), FRA). <http://prodinra.inra.fr/record/403698>.
- Lefèvre, V., Capitaine, M., Peigné, J., & Roger-Estrade, J. (2012). Soil conservation practices in organic farming: overview of french farmers' experiences and contribution to future cropping systems design. In *Producing and reproducing farming systems. New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow. 10th European IFSA Symposium, Aarhus, Denmark, 1-4 July 2012*. International Farming Systems Association.
- Lefèvre, V., Capitaine, M., Peigné, J., & Roger-Estrade, J. (2014). Farmers and agronomists design new biological agricultural practices for organic cropping systems in France. *Agronomy for sustainable development*, 34(3), 623-632.
- Mailly, F., Hossard, L., Barbier, J. M., Thiollet-Scholtus, M., & Gary, C. (2017). Quantifying the impact of crop protection practices on pesticide use in wine-growing systems. *European Journal of Agronomy*, 84, 23-34.
- Peigné, J., Lefèvre, V., Craheix, D., Angevin, F., & Capitaine, M. (2015). Évaluation participative de prototypes de systèmes de culture combinant agriculture de conservation et agriculture biologique. *Cahiers Agricultures*, 24(2), 134-141.
- Pocock, M. J., Evans, D. M., & Memmott, J. (2012). The robustness and restoration of a network of ecological networks. *Science*, 335(6071), 973-977.
- Rollin, O., Benelli, G., Benvenuti, S., Decourtye, A., Wratten, S. D., Canale, A., & Desneux, N. (2016). Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for sustainable development*, 36(1), 8.

Synthèse, A. G. R. E. S. T. E. (2010). *Le colza est très dépendant des pesticides dans les rotations courtes sans labour*, n 121 (Août 2010). Paris: Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

Swanton C J, Shrestha A. 2001. Tillage, soil type and weed seed bank dynamics. Ontario Corn Producer March 2001. p. 28.

Thomas F. 2015. Agronomie, Ecologie et Innovation. TCS n°84:18-30.

7-Liste des experts rencontrés ou associés et leur position professionnelle

Philippe Vissac, Acta

Laure Dreux, Acta

Clothilde Toqué, Arvalis

Nathalie Verjux, Arvalis

Lise Gautellier –Vizioz, Arvalis

Alain Rodriguez, Acta

Eric Chantelot, IFV

Rémy Duval, ITB

Franck Deroueix, Terres Inovia

Jean-Pierre Chanet, Irstea

Virginie Brun, APCA

Benjamin Foully, APCA

Marie Debandt, APCA

Irène Félix, Arvalis

Nicolas Chartier, Idele

Franck Baechler, Chambre d'Agriculture du Loir et Cher

Bertrand Omon, Chambre d'Agriculture de l'Eure

Sandrine Gelin, Inra

Cécile Détang-Dessendre, Inra

Claire Chenu, AgroParisTech

Quentin De La Chapelle, FNCIVAM

Benoît Lavier, APAD

Pascal Marnotte, Cirad

Fabrice Le Bellec, Cirad

Luc de Lapeyre, Cirad

Mission Pesticides du CGEDD-IGAS-CGAAER : Robert Tessier, Didier Gueriaux, Alexis Delaunay

8-Annexes

Annexe A - Texte de la Saisine



MINISTÈRE DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE DES SOLIDARITÉS
ET DE LA SANTÉ

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR, DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION

Les Ministres

à

Monsieur le Président Directeur Général
de l'INRA

Paris, le **02 NOV. 2017**

N/Réf : TR507024

Objet : Saisine sur les mesures alternatives à l'utilisation du glyphosate.

L'approbation européenne du glyphosate expire le 15 décembre 2017 et les discussions sont en cours sur la proposition de la Commission européenne. Celle-ci a proposé de renouveler l'approbation pour une période de 10 ans, assortie notamment de cette condition pour les Etats membres :

« porter une attention particulière aux aspects suivants lors de l'évaluation des produits contenant du glyphosate, en adoptant les mesures appropriées de réduction du risque :

- la protection des eaux souterraines dans les zones vulnérables, en particulier pour les usages non agricoles ;*
- la protection des opérateurs ;*
- les risques pour les vertébrés terrestres et les plantes terrestres non ciblées ;*
- la conformité des utilisations en pré-récolte avec les bonnes pratiques agricoles ».*

Les autorités françaises ont indiqué que cette période de 10 ans était trop longue compte tenu des incertitudes qui subsistent sur la substance.

... / ...

Le 25 septembre dernier, le Premier ministre a annoncé que la France définira d'ici la fin de l'année les conditions d'un plan de sortie du glyphosate, compte tenu de l'état de la recherche et des alternatives disponibles pour les agriculteurs et en fonction des conclusions des Etats généraux de l'alimentation.

Afin de préparer cette échéance, il est demandé à l'INRA de procéder aux études suivantes, en lien avec l'IRSTEA, les instituts techniques de l'ACTA et les autres sources d'expertise pertinentes (dont la Commission d'Evaluation indépendante des CEPP du plan Ecophyto) :

- identifier les principaux usages agricoles du glyphosate, y compris leur évolution au cours des dernières années à partir des données transmises par les pouvoirs publics ;
- préciser, pour chacun d'entre eux, les alternatives possibles, notamment mécaniques ou biologiques, en tenant compte de l'ensemble des projets de recherche et de recherche appliquée (Ecophyto et al) ;
- estimer pour les alternatives identifiées les conditions nécessaires et les modalités de cette mise en œuvre, y compris les adaptations requises et l'évolution induite des pratiques au niveau des exploitations agricoles et des filières. Vous examinerez tout particulièrement comment favoriser les alternatives évitant la substitution par d'autres produits phytopharmaceutiques. Vous pourrez, lorsque les données sont disponibles, évaluer les impacts économiques et environnementaux de ces alternatives.

Pour le cas particulier des outre-mer, l'étude devra s'appuyer sur l'expertise du Réseau innovation et transfert agricole (RITA) coordonné par le CIRAD et l'ACTA.

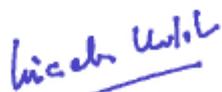
En complément de ces éléments, vous proposerez des mesures d'accompagnement des exploitations agricoles et des filières (aides à l'investissement, formation, conseil...), pour chacun des usages et de ses alternatives identifiées, qui pourraient contribuer à faciliter la transition vers la non-utilisation du glyphosate, en tenant compte des programmes existants pour la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques.

Vous proposerez également les besoins en recherche et développement qui permettraient de développer de nouvelles alternatives à moyen terme.

.../...

Vous veillerez à prendre l'attache de la mission conjointe CGAAER-CGEDD-IGAS sur les produits phytosanitaires, afin d'assurer la bonne articulation et complémentarité de vos travaux.

Vous nous rendrez vos conclusions au plus tard pour le 30 novembre,



Nicolas HULOT



Agnès BUZYN



Stéphane TRAVERT



Frédérique VIDAL

Annexe B - Tracer les usages de glyphosate en France par culture rangée en grandes catégories
Point en lien direct avec la sollicitation n°1 de la saisine et avant la présentation de notre typologie extraite de Dephy. *‘Identifier les principaux usages agricoles du glyphosate à partir des données transmises par les pouvoirs publics et commentez les évolutions constatées au cours des dernières années’*

Travail réalisé à partir des enquêtes SSP - Agreste. L’extraction à été réalisée directement par le service de la statistique et de la prospective du ministère.

Les différentes cultures ont fait l’objet d’enquêtes réalisées des années différentes.

Espèces	Années de campagne	
Grandes cultures	2011	2014
Légumes	2013	
Arboriculture	2012	2015
Viticulture	2010	2013

Compte tenu de la qualité de valeur extrapolée du croisement région * culture, la recommandation sur la validité de ces résultats sera limitée à 3 points :

- le niveau moyen des apports par culture,
- la répartition à grand trait du glyphosate entre les cultures,
- et la part relative moyenne du glyphosate dans les traitements herbicides appliqués par culture.

Série de tableaux synthétiques rangés selon la consommation moyenne décroissante de glyphosate.

NB : La convention veut que l’on attribue la gestion de l’interculture à la culture suivante.

Grandes cultures

Légende des colonnes : Liste des variables : Espèce, Région, $quantite_totale_glyphosate$ = quantité totale de glyphosate utilisée – en g, $quantite_moy_glyphosate$ = quantité moyenne de glyphosate utilisée – en g/ha, $nb_traitements_tot_glyphosate$ = nombre total de traitements avec un produit contenant du glyphosate, $nb_traitements_moy_glyphosate$ = nombre moyen de traitements avec un produit contenant du glyphosate, $nb_traitements_herbicide_tot$ = nombre total de traitements herbicides, $nb_traitements_herbicide_moy$ = nombre moyen de traitements herbicides, $part_moy_glyphosate$ = part moyenne de traitements avec un produit contenant du glyphosate parmi les traitements herbicides. *NB :* cet indicateur est la moyenne des parts individuelles de traitements avec un produit contenant du glyphosate parmi les traitements herbicides. Il n'est donc pas équivalent au ratio global [$nb_traitements_tot_glyphosate / nb_traitement_herbicide_tot$]

Les données sont calculées sur une campagne.

Espèce	Région	quantite_tot ale glyphosate	quantite_m oy glyphosate	nb_traiteme nts_tot_gly phosate	nb_traiteme nts_moyen _glyphosat e	nb_traiteme nts_herbici de_tot	nb_traiteme nts_herbici de_moy	part_moyen ne_glyphos ate
tournesol	Ensemble - 2011	179 663 953	263,0	226 814	0,33	1 331 531	1,95	13,3
pois protéagineux	Ensemble - 2011	25 496 634	159,9	34 428	0,22	447 950	2,81	6,4
maïs grain	Ensemble - 2011	194 529 247	132,2	220 001	0,15	4 249 282	2,89	4,3
orge	Ensemble - 2011	166 848 573	126,3	244 543	0,19	2 654 889	2,01	6,3
maïs fourrage	Ensemble - 2011	132 203 078	123,1	163 446	0,15	3 189 271	2,97	4,2
triticale	Ensemble - 2011	35 813 453	103,8	34 779	0,10	528 628	1,53	4,3
colza	Ensemble - 2011	137 065 565	97,7	226 501	0,16	3 406 221	2,43	4,7
blé dur	Ensemble - 2011	31 152 045	89,8	45 757	0,13	615 096	1,77	4,5
betterave sucrière	Ensemble - 2011	32 751 294	89,5	44 721	0,12	5 418 675	14,81	0,7
blé tendre	Ensemble - 2011	389 485 556	84,8	532 894	0,12	9 689 327	2,11	3,8
pomme de terre	Ensemble - 2011	8 283 386	58,3	9 333	0,07	619 205	4,36	1,3

Note de lecture : en 2011, 389 485 556 g de glyphosate ont été répandus sur les parcelles de blé tendre. Les exploitants de culture de blé tendre ont utilisé en moyenne 84,8 g/ha au cours de la campagne 2011. Au total, 532 894 traitements ont été fait avec un produit contenant du glyphosate, et en moyenne, les exploitants de blé tendre ont réalisé 0,12 traitement avec un produit contenant du glyphosate. Le nombre total de traitements herbicides sur le blé tendre en 2011 était de 9 689 327, soit 2,11 traitements herbicides en moyenne sur le blé tendre. En moyenne, 3,8 % des traitements herbicides sur le blé tendre ont été faits avec un produit contenant du glyphosate.

Espèce	Région	quantite_tot ale glyphosate	quantite_m oy glyphosate	nb_traiteme nts_tot_gly phosate	nb_traiteme nts_moyen _glyphosat e	nb_traiteme nts_herbici de_tot	nb_traiteme nts_herbici de_moy	part_moyen ne_glyphos ate
tournesol	Ensemble - 2014	155 721 383	250,1	201 279	0,32	1 327 955	2,13	11,1
pois protéagineux	Ensemble - 2014	24 810 672	199,6	29 552	0,24	366 058	2,95	6,7
triticale	Ensemble - 2014	48 183 684	131,9	43 979	0,12	610 609	1,67	5,4
colza	Ensemble - 2014	187 712 878	130,8	279 459	0,19	4 273 603	2,98	5,1
orge	Ensemble - 2014	210 833 815	128,3	294 732	0,18	3 673 226	2,24	5,8
blé tendre	Ensemble - 2014	562 271 390	115,3	693 985	0,14	12 107 992	2,48	3,9
maïs grain	Ensemble - 2014	196 167 028	112,9	242 272	0,14	5 102 642	2,94	3,8
canne à sucre	Ensemble - 2014	2 912 475	104,9	18 251	0,66	100 649	3,62	17,3
maïs fourrage	Ensemble - 2014	132 388 530	102,3	140 738	0,11	3 825 698	2,96	3,3
blé dur	Ensemble - 2014	26 394 080	99,2	29 213	0,11	521 105	1,96	3,6
betterave sucrière	Ensemble - 2014	30 902 335	80,4	42 894	0,11	5 381 519	14,00	0,9
pomme de terre	Ensemble - 2014	7 444 911	50,1	9 270	0,06	581 802	3,91	1,2

NB Canne à sucre (Guadeloupe et la Réunion) uniquement dans le tableau 2014.

Légumes

Espèce	Région	quantite_totale glyphosate	quantite_moy glyphosate	nb_traitements _tot_glyphosat	nb_traitements _moyen	nb_traitements _herbicide_tot	nb_traitements _herbicide_moy	part_moyenne _glyphosate
Melon	Ensemble - 2013	1 156 578	102,3	1053	0,09	6 509	0,58	5,6
Carotte	Ensemble - 2013	1 052 189	88,1	1297	0,11	68 829	5,76	1,5
Salade	Ensemble - 2013	1 194 079	62,8	687	0,04	9 874	0,52	2,6
Poireau	Ensemble - 2013	158 282	33,7	137	0,03	9 805	2,09	1,0
Tomate	Ensemble - 2013	194 301	32,8	140	0,02	8 423	1,42	0,7
Autres choux	Ensemble - 2013	126 786	23,0	86	0,02	3 603	0,65	1,3
Fraise	Ensemble - 2013	34 893	17,6	45	0,02	1 285	0,65	1,3
Choux fleur	Ensemble - 2013	50 425	2,3	77	0,00	22 413	1,01	0,2

Note de lecture : en 2013, 1 194 079 g de glyphosate ont été répandus sur les parcelles de salade. Les exploitants de salade ont utilisé en moyenne 62,8 g/ha au cours de la campagne 2013. Au total, 687 traitements ont été faits avec un produit contenant du glyphosate, et en moyenne, les exploitants de salade ont réalisé 0,04 traitement avec un produit contenant du glyphosate. Le nombre total de traitements herbicides sur la salade en 2013 était de 9 874, soit 0,52 traitements herbicides en moyenne sur la salade. En

moyenne, 2,6 % des traitements herbicides sur la salade ont été faits avec un produit contenant du glyphosate en 2013.

Arboriculture

Espèce	Région	quantite_totale glyphosate	quantite_moy glyphosate	nb_traitements _tot_glyphosate	nb_traitements _moyen _glyphosate	nb_traitements _herbicide_tot	nb_traitements _herbicide_moy	part_moyenne _glyphosate
Pêche	Ensemble - 2012	11 974 257	1 009,95	8 588	0,72	19 873	1,68	30,2
Prune	Ensemble - 2012	13 363 878	722,09	16 153	0,87	27 265	1,47	48,4
Abricot	Ensemble - 2012	10 140 337	707,50	8 797	0,61	15 925	1,11	37,4
Cerise	Ensemble - 2012	4 281 860	506,59	4 430	0,52	7 182	0,85	38,6
Pomme	Ensemble - 2012	19 276 154	482,53	26 877	0,67	74 420	1,86	27,5

Espèce	Région	quantite_totale glyphosate	quantite_moy glyphosate	nb_traitements _tot_glyphosate	nb_traitements _moyen _glyphosate	nb_traitements _herbicide_tot	nb_traitements _herbicide_moy	part_moyenne _glyphosate
Abricot	Ensemble - 2015	11 250 510	1 004,34	10 267	0,92	19 025	1,70	51,6
Pêche	Ensemble - 2015	7 868 102	943,37	7 942	0,95	15 218	1,82	44,9
Banane	Ensemble - 2015	7 306 705	936,41	11 637	1,49	28 899	3,70	40,7
Pomme	Ensemble - 2015	23 704 165	684,70	31 518	0,91	77 336	2,23	37,1
Cerise	Ensemble - 2015	3 892 147	641,66	4 574	0,75	6 870	1,13	57,3
Prune	Ensemble - 2015	7 405 508	482,87	17 157	1,12	27 029	1,76	59,3

NB : Banane dans un des deux tableaux seulement

Note de lecture : en 2015, 23 704 165g de glyphosate ont été répandus sur les parcelles de pommes. Les producteurs de pomme ont utilisé en moyenne 684,70 g/ha au cours de la campagne 2015. Au total, 31 518 traitements ont été faits avec un produit contenant du glyphosate, et en moyenne, les producteurs de pomme ont réalisé 0,91 traitement avec un produit contenant du glyphosate. Le nombre total de traitements herbicides sur la pomme en 2015 était de 77 336, soit 2,23 traitements herbicides en moyenne sur la pomme. En moyenne, 37,1 % des traitements herbicides sur la pomme ont été faits avec un produit contenant du glyphosate en 2015.

Viticulture

Région	quantite_totale glyphosate	quantite_moy glyphosate	nb_traitements _tot_glyphosat	nb_traitements _moyen	nb_traitements _herbicide_tot	nb_traitements _herbicide_mo	part_moyenne _glyphosate
Ensemble - 2010	337 049 598	471,4	616 113	0,86	1 240 717	1,74	44,3
Ensemble - 2013	370 694 967	510,8	675 025	0,93	1 498 827	2,07	41,7

Note de lecture : en 2010, 337 0449 598 g de glyphosate ont été répandus sur les parcelles de vigne. Les viticulteurs ont utilisé en moyenne 471,4 g/ha au cours de la campagne 2010. Au total, 616 113 traitements ont été faits avec un produit contenant du glyphosate, et en moyenne, les viticulteurs ont réalisé 0,86 traitement avec un produit contenant du glyphosate. Le nombre total de traitements herbicides sur la vigne en 2010 était de 1 240 717, soit 1,74 traitement herbicide en moyenne sur la vigne. En moyenne, 44,3 % des traitements herbicides sur la vigne ont été faits avec un produit contenant du glyphosate en 2010.

Annexe C - Tableau des substances actives herbicides communes avec leurs mentions de danger

NB : Avec 120 références et de nombreuses associations à d'autres matières actives herbicides, ce tableau rend compte de la largeur de la gamme d'action du glyphosate et de sa disponibilité dans le domaine public. Les mentions de dangers soulignent les profils diversement favorables des autres molécules.

Nom de la substance active	Mention de dangers ¹	Nombre indicatif de références commerciales avec la substance seule	Substances actives disponibles en mélanges formulés
Glyphosate	H318, H411	120	Diflufenicanil, 2-4 MCPA, Flazasulfuron, 2-4D, Dichloprop-p, Flufenacet, Pyraflufen-ethyl, Acide pélargonique
2-4 D	H302, H317, H318, H335, H412	10	2-4MCPA, Mecoprop-p, Dicamba, Clopyralid, Dichloprop, Glyphosate , Sulfate de fer, Triclopyr
Acide pélargonique	H314	3	Glyphosate , Hydrazide maléique
Aclonifen	H317, H351, H400, H410	3	Clomazone, Flurtamone, Isoxaflutole
Carfentrazone éthyl	H400, H410	5	Mecoprop-p, Metsulfuron-méthyl, Flupyrsulfuron-méthyl
Chlorotoluron	H351, H361d, H400, H410	10	Bifenox, Diflufenicanil, Pendimethaline, Isoxaben,
Clopyralid	H318	9	2-4MCPA, 2-4D, Florasulame, Fluroxypyr, Triclopyr
Dicamba	H302, H318, H412	7	2-4D, 2-4MCPA, Mecoprop-p, Bentazone, Bromoxynil, Prosulfuron, Sulfate de fer, Tritosulfuron
Dimethenamide-p	H302, H304, H315, H317, H319, H400, H410	2	Quinmérac, Métazachlore, Pendiméthaline
Flazasulfuron	H400, H410	4	Glyphosate
Flumioxazine	H360D, H400, H410	2	-
Fluroxypyr	H412	4	Aminopyralide, Clopyralid, Florasulame, 2-4MCPA, Triclopyr
Isoproturon	H351, H400, H410	8	Beflubutamide, diflufenicanil, flurtamone,
Metazachlore	H317, H351, H400, H410	6	Clomazone, imazamox, quinmerac, DMTA-P,
Metsulfuron-méthyl	H400, H410	16	Carfentrazone éthyle, Diflufenicanil, Florasulame, Thibenuron méthyle, flupyrsulfuron méthyle, thifensulfuron méthyle
Oryzalin	H317, H351, H400, H410	0	isoxaben
Oxyfluorène	H410	0	Pendimethaline, propyzamide,
Pendimethaline	H317, H400, H410	15	Chlortoluron, Diflufenicanil, Clomazone, DMTA-P, Flufenacet, Imazamox, Oxyfluorène, Picolinafen

Propoxy-carbazone	H400, H410	1	Iodosulfuron, Méthyl sodium, Amidosulfuron, Mefenpyr dietyl
Propyzamide	H351, H400, H410	20	Aminopyralide, Oxyfluorfen, Oxyfluorfen, Oxyfluorfen
Prosulfocarbe	H302, H317, H411	6	Clodinafop Propargyl, Cloquintocet méthyl, Metribuzine
S-metolachlore	H317, H400, H410	1	Mesotrione, Benoxacor,
Sulfosulfuron	H400, H410	1	-
Thifensulfuron méthyl	H400, H410	3	Flupyrsulfuron méthyl, Metsulfuron méthyl, Thibenuron méthyl

¹ H302 Nocif en cas d'ingestion

H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires

H314 Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H315 : Provoque une irritation cutanée

H317 Peut provoquer une allergie cutanée

H318 Provoque des lésions oculaires graves

H319 : Provoque une sévère irritation des yeux

H335 Peut irriter les voies respiratoires

H351 Susceptible de provoquer le cancer

H360D Peut nuire à la fertilité ou au fœtus

H361d Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus

H400 Très toxique pour les organismes aquatiques

H410 Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

H411 Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

H412 Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

Annexe D - Document transmis par les ITAs faisant état des situations difficiles ou critiques
INTERDICTION DU GLYPHOSATE - SITUATIONS DIFFICILES OU CRITIQUES

ACTA – Instituts grandes cultures

L'objectif est d'identifier des situations qui rencontreront d'importantes difficultés dans le cas d'une interdiction du glyphosate. Nous avons identifié 4 catégories de situations jugées comme très difficiles ou critiques (absence totale d'alternatives) : flore invasive ou à enjeu de santé publique, productions sensibles, semis direct sous couverts, utilisations conjoncturelles imposées par le contexte pédoclimatique.

Flore invasive ou à enjeu de santé publique

Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*) voire ambroisie trifide (*Ambrosia trifida*) : cette adventice fait l'objet d'une lutte obligatoire en raison de son pollen allergisant. Cette nuisance est renforcée par une longue période de floraison et l'émission d'un pollen très abondant et facilement disséminé. Le glyphosate peut être employé avant les semis de printemps pour éliminer les premières levées (lutte conseillée par les Instituts et les acteurs du développement) et lors des intercultures pour éviter la floraison et la montée à graines. La situation critique reposerait sur l'impossibilité d'utiliser le glyphosate dans cette phase d'interculture, en rattrapage, sur ambrosies développées suite à une gestion pendant la culture et les travaux de sol post-récolte insuffisamment efficace.

Flore invasive : le glyphosate est utilisé pour gérer des adventices invasives pendant l'interculture. On peut citer les grandes renouées (*Reynoutria japonica*, *Reynoutria sachalinensis*, *Polygonum polystachyum*), pour lesquelles nous n'avons aucune solution sur ces invasives qui rentrent dans les parcelles de cultures estivales irriguées, ou des plantes exotiques envahissantes redoutables pour la perte de biodiversité qu'elles engendrent (exemple : Grand Pétasite, Grande Berce du Caucase, Impatiens glanduleux...).

Productions sensibles

Lin textile :

Le processus de rouissage (isolement progressif en conditions humides des fibres par désagrégation des tiges laissées au sol) peut être perturbé par plusieurs types d'adventices pouvant provoquer des échauffements des andains, gêner le retournage ou l'enroulage lors de la récolte et/ou polluer les fibres produites. Les pertes de rendement et de qualité peuvent être conséquentes jusqu'à la destruction de la récolte. Ces adventices sont :

- Le lin lui-même, dont les capsules perdent leurs graines qui germent (dormance quasi-nulle pour certaines variétés) et envahissent l'andain ;
- Les adventices rampantes comme les renouées des oiseaux, renouées liseron, pâturins annuels, chiendents, véroniques, arroches... ;
- Les restes de plantes érigées ayant survécu à l'arrachage comme le colza ou les chénopodes dont les bourgeons axillaires repartent.

Ce besoin de désherber pendant le rouissage n'est pas systématique mais en cas d'échec des stratégies préventives (printemps sec), cette pratique est indispensable. En 2017, sur les 100 000 ha de lin fibre produit en France, 60 à 70% ont nécessité un désherbage pendant la période de rouissage.

Aujourd'hui, seul le diquat (menacé) et le glyphosate sont disponibles depuis le récent retrait du BASTA F1. Le glyphosate est utilisé à la dose maximale de 3l/ha pour une formulation à 380g/L, l'application se fait en juillet-août. Il n'y a pas de problématique de résidus en raison de l'utilisation non alimentaire de lin fibre.

La France est le premier producteur mondial de lin fibre.

Luzerne porte-graines

La production de semences doit répondre à des normes qualitatives pour la certification. La principale difficulté est le respect des normes de pureté et notamment l'absence de graines d'adventices dans les lots de semences.

Pureté spécifique minimale	% maxi en Graines d'Autres Plantes (GAP)	Adventices avec normes particulières
97% (semences pures)	1.5 %	Rumex, cuscute, folle avoine, mélilot

Sur luzerne, de nombreuses adventices étant difficiles à éliminer au triage en usine, le contrôle se fait d'abord au champ. La maîtrise des adventices commence dès l'automne en sortie de couvert (implantation généralement faite au printemps sous tournesol). Depuis 2011, l'homologation d'herbicides à base de glyphosate (ROUND UP Innov, GIBSON ...) a considérablement amélioré l'efficacité des programmes de désherbage sur luzerne installée.

Le glyphosate appliqué à faible dose (360 g sa /ha) en hiver pendant le repos végétatif de la culture constitue la base des programmes de désherbage actuels. Cette substance active est particulièrement efficace contre certaines adventices pluriannuelles ou vivaces (helminthie, plantain, jeunes rumex...). Aucune autre solution n'est à ce jour disponible.

La production de semences de luzerne s'est fortement développée au cours des dernières années. La France est l'un des premiers pays producteurs en Europe (avec l'Italie) avec environ 24 000 ha en 2017.

Tabac :

La culture est confrontée au développement d'une plante parasite, l'orobanche rameuse (*Phelipanche ramosa*), principalement dans deux secteurs : l'Alsace et la zone Poitou Charentes/Pays de Loire. Plus de 70% des tabaculteurs sont concernés dans ces secteurs, soit plus de 1000 ha. Après récolte, il reste toujours des repousses de tabac qui permettent à l'orobanche de continuer à faire son cycle et à se multiplier. Une application de glyphosate pendant l'interculture sur les repousses de tabac mais aussi les adventices hôtes, comme certaines astéracées, permet de couper le cycle du parasite et ainsi limiter la réalimentation du stock semencier. De plus, l'interculture est la période la plus adaptée pour identifier et stopper un début d'infestation, une étape cruciale pour éviter la progression exponentielle du parasite les années suivantes (1 million de graines produite par pied).

Aucune autre méthode de lutte chimique ou agronomique ne donne de résultats satisfaisants contre cette adventice parasite. La présence d'orobanche conduit à abandonner les parcelles infestées.

Semis directs sous couvert végétal permanent

Les producteurs qui pratiquent ce type de système sans aucun travail du sol et avec une couverture permanente des sols sont unanimes : l'interdiction du glyphosate remet totalement en question ce type de pratiques.

Le glyphosate est utilisé en régulation des couverts et pour gérer les adventices dont les vivaces dans les intercultures. Les doses appliquées varient de 1 à 3 l/ha (à 380 g/l) par passage selon la présence ou non de vivaces. Les systèmes sont excessivement variables en fonction de la succession pratiquée. Les figures ci-dessous présentent chacune un cas réel montrant les successions de cultures et de couverts et le niveau d'utilisation du glyphosate (rectangles bleus) pour chaque situation.

Une enquête auprès d'un groupe de producteurs suivis par Arvalis montre qu'il serait possible de limiter la dose totale à 1500 g de glyphosate/ha et /an en intégrant du roulage (rouleau hacheur par exemple) et la possibilité de mélange avec des antidicotylédones (carfentrazone, sulfos...). Soit environ la moitié de la dose maxi/ha et /an.

Les retours de ces agriculteurs indiquent des utilisations de fioul réduites autour de 18-25 l/ha et /an en système de semis direct sous couvert comparativement à plus de 100l/ha et /an en systèmes avec travail du sol.

Utilisations conjoncturelles imposées par le contexte pédoclimatique

En contexte d'hiver et début de printemps humides, l'utilisation du glyphosate peut être rendue indispensable en cas de pluviométrie élevée ou sur les sols sensibles aux excès d'eau (limons argileux hydromorphes par exemple) ne permettant pas de travaux du sol à ces périodes. Il s'agit de préparer les semis, c'est à dire détruire les adventices et les couverts en situations où l'usage d'herbicide est permis pendant l'interculture, mais aussi de pouvoir détruire des prairies temporaires dans ces situations. Il n'y a pas d'alternatives, les autres herbicides utilisables ne permettent pas un semis rapide après application.

Sur des sols à forte teneur en argile, qui ne peuvent pas être retravaillés au printemps, l'usage du glyphosate permet l'implantation de cultures de printemps en gérant le reverdissement ou les couverts si la technique est permise. C'est notamment le cas des sols de Marais à forte teneur en argile dans l'ouest de la France en Bretagne, Sud Vendée et Rochefortais. L'utilisation du glyphosate se fait avant semis, mais peut aussi s'effectuer en post semis pré levée dans le cas du maïs, du tournesol ou du soja par exemple en association avec d'autres herbicides (pour des produits disposant de ces usages). Il faut souligner que le fait que ne pas retoucher le sol avant semis évite de générer de nouvelles levées à devoir les contrôler en culture. C'est un des principes de la lutte contre l'ambrosie également.

Une autre situation a été identifiée et pourrait être analysée en terme d'occurrence. Il s'agit de situations avec faibles précipitations pendant l'interculture. Dans ces situations, le glyphosate permet de détruire les repousses et adventices sans travailler le sol avant semis, ce qui permet de garder la fraîcheur et assurer une levée rapide de la culture.

SEMIS DIRECTS SOUS COUVERTS

