

## SYNTHESE RESULTATS

### PROJET HERBICIBLE 2022

#### I-LES PROTOCOLES TESTES

Chacun des partenaires a adapté un protocole comparatif aux cultures étudiées en y ajoutant éventuellement des modalités afférentes portant sur des techniques alternatives (bineuse, herse étrille) ou des positionnements de traitements en plein (PSPL, pré-semis...)

Dans cette synthèse, nous nous cantonnerons aux modalités comparant ARA à une intervention similaire réalisée en plein

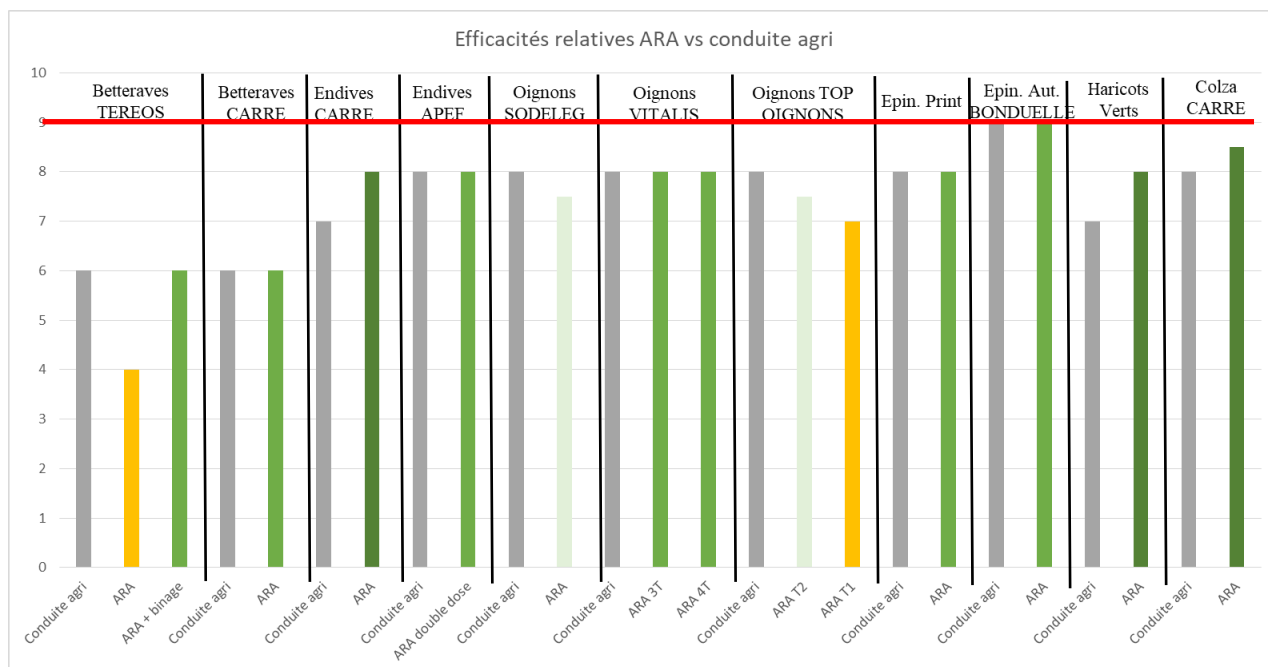
Dans les grandes lignes, une couverture en plein est généralement réalisée afin de permettre au pulvérisateur ARA d'arriver sur une parcelle relativement propre. Le cas échéant, la densité d'adventices remettrait en cause l'intérêt de réaliser une pulvérisation ciblée

PARTENAIRE	CULTURE	MODALITE	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TEREOS	<b>BETTERAVE</b>	Conduite agri	en plein	en plein	en plein	binage		
		ARA	en plein	ARA	ARA	ARA		
		ARA + binage	en plein	ARA	ARA	ARA	binage	
CARRE	<b>BETTERAVE</b>	Conduite agri	en plein	en plein	en plein	binage	en plein	
		ARA	en plein	en plein	ARA	binage	ARA	
CARRE	<b>ENDIVES</b>	Conduite agri	impasse	impasse	binage			
		ARA	ARA bords de champ et fourrière	ARA	binage			
APEF	<b>ENDIVES</b>	Conduite agri	en plein	en plein				
		ARA double dose	ARA	ARA				
SODELEG	<b>OIGNONS</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein	en plein	en plein	en plein. Antigraminées	en plein. Rattrapage
		ARA	En plein, PSPL	ARA	ARA	ARA	En plein	En plein
VITALIS	<b>OIGNONS</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein	en plein	en plein	en plein	
		ARA 3	en plein, PSPL	en plein	ARA	ARA	ARA	

		ARA 4	en plein, PSPL	ARA	ARA	ARA	ARA	
TOP OIGNONS	<b>OIGNONS</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein	en plein	en plein	en plein. Antigraminées	en plein. Rattrapage
		ARA 2	en plein, PSPL	en plein	ARA	ARA	en plein. Antigraminées	en plein. Rattrapage
		ARA T1	en plein, PSPL	ARA	ARA	ARA	en plein. Antigraminées	en plein. Rattrapage
BONDUELLE	<b>EPINARDS DE PRINTEMPS</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein	en plein			
		ARA	en plein, PSPL	ARA	ARA			
	<b>EPINARDS D'AUTOMNE</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein				
		ARA	en plein, PSPL	ARA				
	<b>HARICOTS VERTS</b>	Conduite agri	en plein, pré- semis	en plein, PSPL	en plein, PL			
		ARA	en plein, pré- semis	ARA, PSPL	ARA			
CARRE	<b>COLZA</b>	Conduite agri	en plein, PSPL	en plein, antigrami nées	impasse			
		ARA	en plein, PSPL	en plein, antigrami nées	ARA			

## II- EFFICACITES ET PERFORMANCES TECHNIQUES

### 1) Efficacités moyennes sur les interventions ARA



Comme l'ensemble des résultats le suggère, nous n'observons aucune différence réellement significative entre les conduites ARA et « pulvérisateur classique » : dans les grandes lignes, on n'assiste à **aucun échec de désherbage**.

Dans le détail, les quelques échecs s'expliquent plus par des retards d'intervention sur des adventices trop développées que par une efficacité intrinsèque stricto sensu.

Nous pouvons remarquer que la note de 9, considérée comme un minimum en termes de propreté de parcelle, n'est quasiment jamais atteinte, que ce soit en pulvérisation classique ou ARA en raison des conditions climatiques de l'année 2022

### 2) Effet parapluie de la culture : la principale cause d'échecs

Sur les Epinars de printemps, un passage à couverture du rang fait perdre 20 points d'efficacité comparé à un passage à 2F. En Colza, le rattrapage anti-dicots, comparé à une impasse de désherbage n'apporte qu'une très légère amélioration : l'effet parapluie empêche non seulement l'atteinte des adventices par la bouillie comme pour toute intervention classique, mais surtout la détection de celles-ci.

### 3) Une sélectivité accrue sur la culture :

Comme le montrent les situations en cultures sensibles à la phytotoxicité (Oignons, Endives, Epinard), on observe un réel gain de sélectivité, variable selon les situations.

Ainsi, en Epinards de printemps, une phytotoxicité divisée par 5 comparée à la conduite conventionnelle a même entraîné une surmaturité de la culture lors de la récolte en raison d'une avance de stade due à des plantes en parfaite santé n'ayant pas besoin d'utiliser de l'énergie pour détoxifier.

En Haricots verts, on a amélioré de 10 points la sélectivité sur la culture comparé à une conduite classique.

Chez Top Oignons, une avance de stade –environ 1 feuille- a été constatée sur les modalités traitées par ARA, tandis que chez Vitalis, si aucune différence de stade n'a été significativement observée, la modalité « conduite conventionnelle » présentait des oignons d'aspect visuel plus chétif.

#### **4) Bugs informatiques et solutions de contrôle**

Lors de plusieurs applications, il s'est avéré que le système pulvérisait à retardement voire pas du tout. Dans ces cas, compte-tenu du fait qu'en utilisation classique, personne ne sera derrière le pulvérisateur pour vérifier, il semble important d'ajouter une sécurité en avertissant l'opérateur dès qu'un écart trop important à la moyenne de la parcelle est constaté

#### **5) Des questions restent sur le potentiel de relevées :**

L'année 2022 restera la plus sèche et chaude jamais enregistrée « depuis qu'on utilise des herbicides », pour rester dans des considérations pratico-pratiques. Dans ces conditions, si l'on peut regretter une efficacité correcte des solutions chimiques de désherbage, il n'en demeure pas vrai que les levées

d'adventices

sont

très

limitées.

Température et pluie par semaine du 02/05/2022 → 31/08/2022

● Température °C

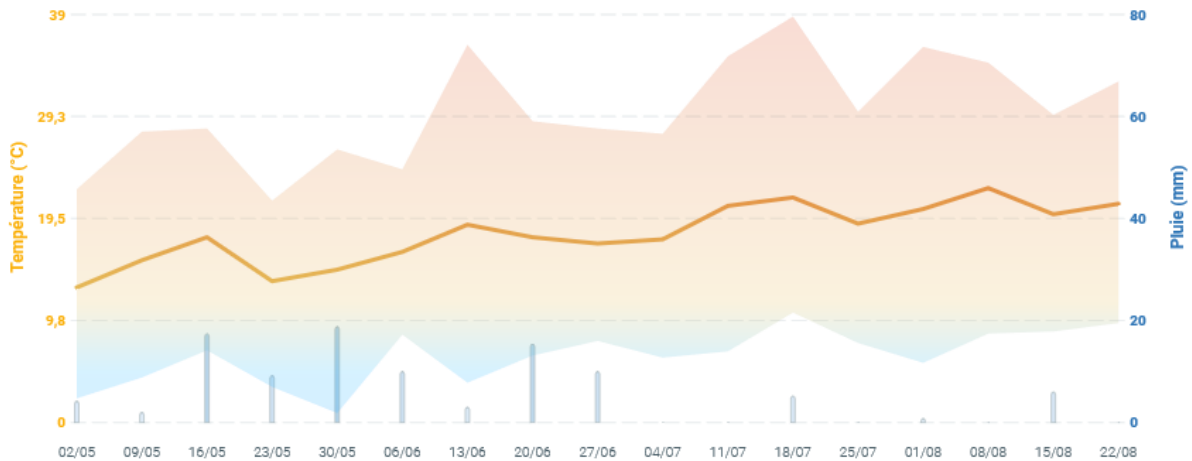
Moy. 18 Min 0,9 Max 38,8

● hors prévision

● Pluie mm

Cumul 102 Min 0 Max 18,8

● hors prévision



Gouy Sous Bellonne SERVICAR  
Exporté depuis l'application Weenat le 13/12/2022

Comme on peut le voir sur ce relevé météo, le cumul de précipitations sur 4 mois, de Mai à Aout, est de 102 mm soit moins de la moitié d'un cumul normal

Or, la stratégie ARA reposant sur une pulvérisation ciblée sans couverture de produits racinaires à action anti-germinative, on peut redouter qu'en année humide, les relevées d'adventices soient très nombreuses sur les zones non couvertes par la pulvérisation. Il sera très important de suivre ce critère lors des prochaines expérimentations, voire même d'adapter les protocoles et indicateurs de suivi.

## 6) Nos programmes classiques sont-ils adaptés ?

Deux axes de réflexion doivent attirer notre attention car cette technologie va faire évoluer le raisonnement des programmes herbicides :

⇒ **Travailler en concentration de bouillie plutôt qu'en quantité/ha :**

Un pulvérisateur classique travaillant en débit/ha constant, il est logique de raisonner en litrage de bouillie par ha ainsi qu'en dose de produit phytosanitaire/ha. A débit constant, la cible recevra une dose létale de bouillie, définie sur la base d'expérimentations. D'ailleurs, on va juste adapter cette concentration létale via le tableur utilisé avant chaque expérimentation en prenant en compte la quantité de produit utilisée en conduite classique (par exemple, 1.5l de BETANAL/ha), le volume de traitement utilisé par ARA ainsi que la quantité de bouillie à préparer

Sachant que sur cette campagne d'expérimentation, la question du débit réel de l'appareil a parfois été assez flottante, il serait peut-être utile de travailler directement en concentration de bouillie à partir d'un tableur reprenant les produits utilisés et les leurs cibles

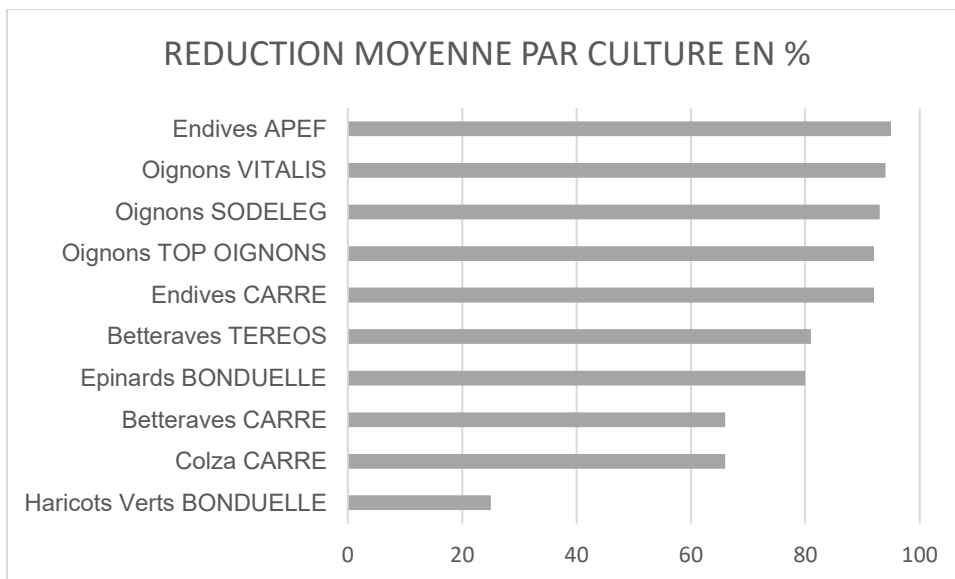
⇒ **Diminuer les racinaires, monter les foliaires**

ARA n'intervenant que sur des adventices développées, l'utilisation de produits à mode d'action purement racinaire (éthofumesate en Betteraves, bentazone et aclonifen en Oignons, DMTA-P ou pyroxsulame en endives...) revêt un intérêt beaucoup moins important au vu des faibles surfaces traitées : si l'on n'intervient que sur 95% de la surface de la parcelle, factuellement seuls 5% seront protégés de relevées potentielles.

Il faudra donc adapter les programmes usuels en diminuant la place des racinaires pour privilégier des substances foliaires (phenmédiphame, fluoroxypir,...) ou mixtes (triflurosulfuron, clomazone...)

### III- REDUCTIONS MOYENNES PERMISES

#### 1) Des réductions très significatives et pour la plupart inédites



Avec une **réduction moyenne toutes situations confondues de 78%**, la technologie ARA pulvérise tous les leviers connus jusqu'alors pour limiter les quantités de phyto épandues, que ce soit en travaillant sur la localisation (télé-détection par drone) ou sur la qualité de pulvérisation (traitement de l'eau, adjuvantation...).

Nous pouvons raisonnablement qualifier ces résultats de très haute précision, en phase avec les recommandations de la société ECOROBOTIX. En outre, les « mauvais » scores obtenus en Betteraves notamment sont dus à un retard d'intervention et un manque de préparation de la parcelle : en utilisant ARA sur une parcelle préalablement sale, il était compliqué de diminuer les doses plus avant.

Faisons un focus sur les Haricots Verts dont le résultat pourrait nous laisser circonspects sur l'intérêt de l'ARA : la réduction de quantité de phyto est assez limitée, mais quand on y adjoint un binage comme cela a été testé par Bonduelle dans ses autres modalités, on peut alors monter jusqu'à 80% de réduction de dose de produit phytosanitaire à efficacité égale : ARA doit s'inscrire dans des itinéraires intégrés et pas seulement remplacer une pulvérisation conventionnelle pour exprimer son plein potentiel.

## 2) Réduire sans diminuer la quantité de substance absorbée par la cible

La réduction des IFT est un réel enjeu, conduisant les agriculteurs à remettre en question chaque intervention et chaque préparation, surtout avec des mélanges extemporanés qui conduisent à une élévation « mathématique » des IFT. On constate d'ailleurs très souvent une approche arithmétique de la démarche de réduction des IFT consistant à appliquer un coefficient de réduction aux doses prévues.

Parallèlement à ces calculs très théoriques, la plupart des cibles – champignons, insectes et ici dans le cadre de notre expérimentation, adventices- peuvent développer des résistances par détoxification, leur permettant de « digérer » des quantités modérées de substances actives.

En diminuant la dose utilisée à l'hectare sans modifier la concentration reçue par la cible, la technologie ARA permet de s'affranchir des risques de résistances et ne constitue pas de pression de sélection des mutants résistants dits « RNLC » (Résistance Non liée à la Cible, autrement dit par détoxification).

En outre, on peut même imaginer monter la concentration de la bouillie comme cela a été testé en Endives par l'APEF : la cible peut ainsi recevoir bien plus de molécules herbicides qu'en pulvérisation classique tandis que la technologie, permettant une réduction de plus de 80% des volumes utilisés, assure le respect du cadre réglementaire et de l'homologation de produits phytosanitaires : très souvent, la dose n'est pas bridée par la réglementation mais par le risque de phytotoxicité sur la culture. En ciblant les adventices tout en limitant le contact avec la culture, on peut donc s'affranchir de ce risque.

## IV – ERGONOMIE ET UTILISATION DE LA MACHINE

### 1) Débit de chantier réel

Cet indicateur est toujours compliqué à appréhender car il dépend de plusieurs facteurs indépendants de la technologie : dimensionnement du parcellaire, éloignement et desserte de la parcelle, forme de la parcelle....

Quelques relevés de débit de chantier ont été réalisés, chaque fois sur des surfaces conséquentes afin d'éviter tout phénomène de perte de temps pour des manœuvres répétées dues à des courts-tours ou formes de parcelles atypiques

CULTURE	BETTERAVES, T2	BETTERAVES, T3	OIGNONS, T2	ENDIVES, T1	MOYENNE
DEBIT REEL	1.25 ha/h	1.46 ha/h	1.75 ha/h	2.54 ha/h	<b>1.75 ha/h</b>

Même s'il reste acceptable pour la largeur considérée, le débit de chantier réel est quand même significativement éloigné des promesses initiales (4 ha / h). Il inclut bien entendu la phase de préparation de la bouillie, mais même en comptant un temps de travail « départ bout de champ », il semble compliqué d'atteindre les 4ha / h annoncés. Parmi les causes de « perte de temps » : le rechargement de la cuve, les bugs informatiques et parfois des parcelles relativement sales nécessitant une consommation plus importante.

## 2) Sécurisation du poste de préparation

Les EPIs ainsi que les éprouvettes sont rangés dans des bacs plastiques fixés sur le châssis de la cuve à eau. C'est un système ingénieux mais qui induit le rangement de matériel potentiellement souillé dans des logements qui seront à leur tour contaminés. De plus, sans un système de rinçage des éprouvettes, celles-ci sont juste rincées avec un peu d'eau claire rajoutée à la préparation, voire même, avec la bouillie directement.

*Ce poste doit impérativement être repensé pour la sécurisation de l'opérateur et afin d'éviter tout risque de pollution ponctuelle lors de la préparation de la bouillie.*

## 3) Prévision des quantités nécessaires : la réelle difficulté de l'exercice

La technologie ARA repose sur une pulvérisation ciblée permettant une diminution des quantités de bouillie utilisées. Or, il faut dans ce cadre définir une quantité à préparer, surtout dans un cadre expérimental où la machine n'interviendra que sur quelques ares ou hectares afin de limiter au minimum le fond de cuve en fin d'intervention. Cette contrainte pourra d'ailleurs se retrouver lors d'un déploiement de la technologie lors d'interventions ciblées et ponctuelles.

Dans le cadre de notre expérimentation, en amont de l'intervention, un tour de parcelle a été réalisé afin de calculer à l'aide d'un tableur la quantité à préparer. Cela a rarement été réellement concluant : généralement, soit la quantité déterminée était insuffisante et conduisait à re préparer une cuve, soit elle était largement surestimée et posait des problèmes de gestion de la bouillie.

Deux pistes d'amélioration peuvent être envisagées à court terme :

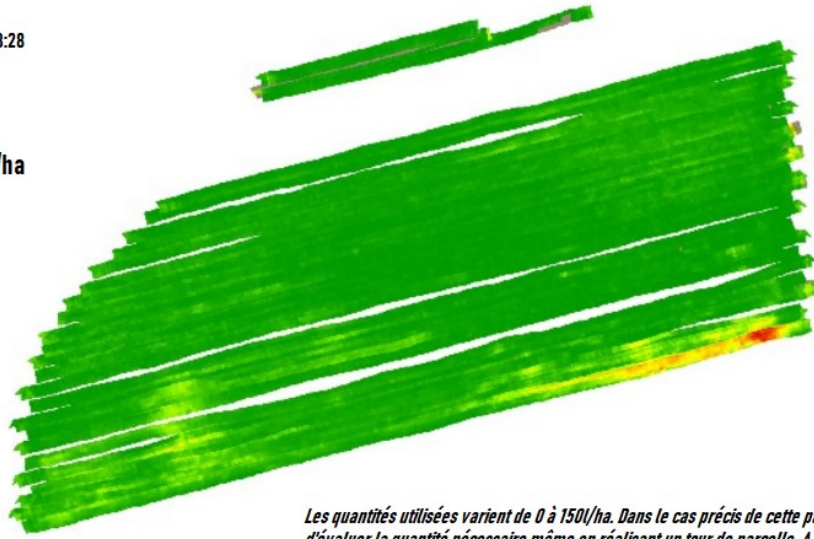
- ⇒ **S'appuyer sur la cartographie d'intervention pour affiner les besoins lors d'une deuxième intervention**



CARTOGRAPHIE DE LA PARCELLE DE BETTERAVES DE GOUY SOUS BELLONNE AU DEUXIEME TRAITEMENT

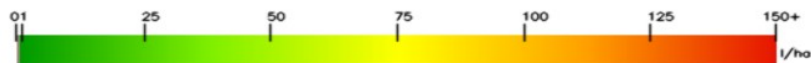
Date: 2022-05-16 06:33:28  
Field Name: gouy  
Surface: 5.35 ha  
Field Owner: Carré

Average: 20.74 l/ha



Les quantités utilisées varient de 0 à 150l/ha. Dans le cas précis de cette parcelle, il est compliqué d'évaluer la quantité nécessaire même en réalisant un tour de parcelle. A posteriori, en cas d'intervention ultérieure, le volume moyen utilisé est une bonne base de départ pour préparer le prochain traitement

Scale:



Lors du traitement suivant –si nécessaire- on pourra s'appuyer sur le volume utilisé (ici 20.74 l/ha) en le pondérant par le salissement de la parcelle

- ⇒ **Corréler un outil type Echelle de Barralis** qui mesure l'enherbement d'une parcelle, à un volume nécessaire à préparer. Cette échelle qui mesure la densité et le stade des adventices, permettrait en outre d'adapter les concentrations de substances actives nécessaires pour atteindre convenablement les adventices en fonction de leur densité et leur développement. C'est finalement ce que font les prescripteurs après un tour de plaine, mais en version « rationalisée »

Quand faut-il observer?			Comment faut-il noter?					
✓ Deux sessions d'observation par an			<div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>Le temps de l'observation ne doit pas excéder 1h00</b> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ identifier les adventices jusqu'à l'espèce (si possible).</li> <li>✓ Evaluer visuellement la densité des adventices avec l'échelle de notation Barralis modifiée</li> <li>✓ Noter le stade phénologique dominant</li> </ul>					
Cultures	1ère session	2ème session						
<b>Cultures d'hiver</b>								
Céréales, colza, pois et féverole,	sortie d'hiver avant désherbage	avant fermeture rang / floraison						
<b>Cultures de printemps</b>								
Céréales, pois, féverole,	1 mois après semis	avant fermeture rang / floraison						
<b>Cultures d'été</b>								
Mais, tournesol, sorgho, soja, betterave,	avant les désherbages post-levée	avant fermeture rang / floraison						
<b>Cultures pluriannuelles</b>								
Prairie	sortie hiver avant la première fauche	avant la dernière fauche						
			Classe	plantes/m <sup>2</sup>	Classe	Stade	Dicotylédone	Graminée
			1	0,1 < D ≤ 1 pl/m <sup>2</sup>	A	plantule	cotylédons à 1-3 ou 2-4 feuilles	1 à 3 feuilles
			2	1 < D ≤ 3 pl/m <sup>2</sup>	B	plante jeune	au-delà de 3 ou 4 (6) feuilles	1 à 2 talles
			3	3 < D ≤ 10 pl/m <sup>2</sup>	C	plante adulte	ramifications	plein tallage / montaison
			4	10 < D ≤ 20 pl/m <sup>2</sup>	D	floraison	boutons floraux	épiaison
			5	20 < D ≤ 50 pl/m <sup>2</sup>	E	grenaison	dissémination des semences	grenaison
			6	50 < D ≤ 250 pl/m <sup>2</sup>				
			7	250 pl/m <sup>2</sup> ≤ D				

Echelle de Barralis, source : INRAE Dijon – Projet CASIMIR

#### 4) Précision des préparations de bouillie

Plus les quantités de bouillie préparée sont infimes, et plus le risque d'erreur de dosage est important. Or, dans le cadre des expérimentations suivies cette campagne, les quantités nécessaires étaient de

l'ordre de quelques dizaines de litres. Pour des produits utilisés à des doses infimes (CURSUS à 30g/ha en Endives, SAFARI à 20g/ ha en Betteraves, STARANE à 0.1l/ ha en Oignons...), le risque de sur ou de sous dosage est assez important et dépend de la précision du manipulateur. Si dans le premier cas, on risque une phytotoxicité sur la culture, limitée certes par la sélectivité de la pulvérisation, dans le deuxième cas, on risque un échec de traitement notamment sur des flores montrant des résistances aux herbicides par détoxification (Matricaires, Sénéçons...).

*Une sensibilisation de l'opérateur aux problématiques de dosages et à la rigueur expérimentale pourrait être à envisager en cas de reconduction des expérimentations ou tout simplement en vue du déploiement de la technologie*

## **5) Autonomie en eau**

Dans le cas de parcelles propres, généralement, les 600 litres de la cuve tampon ainsi que les 100 litres de préparation semblent suffisants. Néanmoins, dans le cas de parcelles sales ou de grandes surfaces à pulvériser, les allers-retours jusqu'à l'exploitation pour recharger en eau ont généré une perte de temps importante pour le débit de chantier réel.

## **6) Ecrasement de la culture et largeur de travail**

La faible largeur de travail (6m pour une largeur efficace de 5m40) impose un grand nombre d'allers-retours avec des passages de roues très proches des rangs des cultures. Le tracteur n'étant pas guidé par GPS dans le cadre de notre expérimentation, cela a conduit à l'écrasement des plantes sur le rang un grand nombre de fois, mais même sans aller jusque-là, on assiste à une détérioration de la structure à proximité des racines, malgré le faible poids de l'ensemble et même sur une année particulièrement sèche comme 2022.

*Le guidage GPS semble être un prérequis incontournable. Lors de printemps ou étés humides (ex 2014, 2016, 2021 pour les dernières campagnes particulièrement marquées), on pourrait même assister à une impossibilité de passer l'outil en raison de la trop forte pression exercée par les roues étroites*