

# DEFT : Durabilité Economique et Fermes Types

## Rapport final

Sébastien AUDREN, Alexis PATRY

### Table des matières

<b>1. RAPPEL DES OBJECTIFS INITIAUX DU PROJET</b> .....	<b>2</b>
<b>2. METHODOLOGIES MOBILISEES</b> .....	<b>2</b>
<b>3. REALISATIONS</b> .....	<b>4</b>
3.1. NOUVELLES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ACQUISES .....	4
3.1.1. <i>Evaluation 2023 des marges par cultures présentes au sein des FTB</i> .....	4
3.1.2. <i>Coût des solutions techniques les plus prometteuses</i> .....	- 7 -
3.1.2. <i>Considérations complémentaires</i> .....	- 14 -
3.1.3. <i>Récapitulatif des résultats</i> .....	- 16 -
3.2. LES SOLUTIONS OPERATIONNELLES PROPOSEES.....	- 17 -
3.3. ÉCARTS ENTRE LES OBJECTIFS INITIAUX, LES RESULTATS OBTENUS ET LES MODALITES DE RESOLUTION.....	- 18 -
<b>4. LES PRODUCTIONS</b> .....	<b>- 19 -</b>
4.1. LES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES .....	- 19 -
4.2. ACTIONS DE COMMUNICATION.....	- 19 -
4.3. PRODUCTIONS ENVISAGEES .....	- 19 -
<b>5. LES CONDITIONS DE DEROULEMENT</b> .....	<b>- 19 -</b>
5.1. INTERACTIONS AVEC LES AUTRES PROJETS DU PNRI ET VALEUR AJOUTEE CREE PAR CETTE INTERACTION .....	- 20 -
5.2. MISE EN PLACE DE BASE DE DONNEES PARTAGEES .....	- 20 -
5.3. REAJUSTEMENTS EN COURS DE PROJET.....	- 20 -
5.4. CONDITIONS DE DEROULEMENT DU PROGRAMME .....	- 20 -
<b>6. SUITES A ENGAGER OU PROPOSEES</b> .....	<b>- 20 -</b>
<b>7. ANNEXES</b> .....	<b>- 21 -</b>
ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES STRUCTURELLES DES FTB.....	- 22 -
ANNEXE 2 : ESTIMATION DES CHARGES BETTERAVIERES 2024 PAR DEPARTEMENT .....	- 26 -

## 1. Rappel des objectifs initiaux du projet

Dans le cadre de l'Axe 4 « Transition vers un modèle économique durable » du Plan National de Recherche et d'Innovation (PNRI) et au travers du projet DEFT, l'ARTB devait travailler à mesurer la **durabilité économique des solutions techniques développées**.

Pour ce faire et au regard des solutions techniques « systémiques » (i.e. à l'échelle de l'exploitation) initialement envisagées par le PNRI (cf. axe 3 - identification et démonstration des solutions de régulations à l'échelle de l'environnement, des plantes, des cultures et des paysages), le projet devait s'attacher à développer un cadre « normalisé » d'analyse grâce à la **construction de fermes-types betteravières (FTB dans la suite du document)**.

Une fois les fermes types construites, validées (via un travail de calibrage) et intégrées dans l'outil de modélisation SYSTERRE©, le projet devait - en s'appuyant sur les résultats des expérimentations terrain obtenues - pouvoir **déterminer les incidences économiques et organisationnelles des solutions techniques (prises isolément ou en combinatoire) du PNRI**.

## 2. Méthodologies mobilisées

La **première phase** des travaux a nécessité la **construction de FTB**.

Pour assurer l'homogénéité des calculs économiques des solutions techniques à l'échelle de l'exploitation, le logiciel SYSTERRE© - [utilisé et développé par ARVALIS en partenariat avec l'ITB, Terres Inovia et l'ACTA](#) - a été utilisé lors de cette étape.

Cette construction a nécessité des recoupements avec plusieurs sources officielles de données afin d'assurer la représentativité (et donc légitimité) des FTB.

Dans un premier temps, les données du RICA France ont permis de définir 5 archétypes régionaux. Ces archétypes ont ensuite été transmis pour revue critique aux responsables régionaux ITB et il a été décidé de scinder l'un des archétypes en deux, tout en ajustant les surfaces de certaines cultures faisant partie de l'assolement. Des îlots parcellaires et les rotations culturales associées ont ensuite été déterminés, puis de nouveau transmis aux responsables ITB. Ce travail a abouti à la construction de 6 FTB<sup>1</sup> qui, de par leur diversité d'assolement, leur localisation géographique et les rotations culturales retenues constituent un échantillon représentatif des principales régions betteravières françaises.

Les résultats économiques obtenus en sortie de modèle pour ces 6 FTB ont ensuite été comparés aux données réelles 2020 (dernières données disponibles au moment de la construction des FTB) des exploitations du RICA France. Au regard des différences dans les effectifs de main d'œuvre, les charges MSA et le coût du fermage, des ajustements ont été apportés. A l'issue de cette phase, des simulations intégrant les pertes régionales de rendement constatées en 2020 par rapport aux rendements régionaux moyens 5 ans de ces mêmes régions (2016, 2017 2018, 2019 et 2021) ont été effectuées. Les résultats obtenus ont alors confirmé que les fermes-types construites étaient économiquement réalistes aussi bien à l'échelle de l'exploitation que de la culture.

---

<sup>1</sup> Pour une description complète des caractéristiques structurelles (surfaces, assolement, îlots et rotations culturales associées), se référer à l'[Annexe 1](#).

Si tous ces travaux de calibrage ont garanti le réalisme des FTB développées, l'analyse des solutions techniques développées dans le PNRI nécessitait de se projeter dans un univers « post PNRI ». A ce titre, deux facteurs pouvant affecter les conditions dans lesquelles les exploitations betteravières se trouveraient à l'horizon 2023-24 ont été identifiés :

- L'entrée en vigueur de la nouvelle programmation PAC (2023-2027) à compter du 01 Janvier 2023,
- La modification du contexte énergétique et agricole européen et mondial à la suite de la reprise post-Covid et de l'émergence du conflit russo-ukrainien.

A ce titre, des simulations ont été réalisées pour déterminer si les FTB seraient en capacité de bénéficier des aides « écorégime<sup>2</sup> » en passant par la voie de la diversification des cultures. Quant à la modification du contexte économique, elle s'est traduite par un ajustement du prix des intrants, de la hausse des charges de structure et des prix de vente des différentes cultures présentes dans les FTB.

Dans la **deuxième phase** du projet, il s'agissait d'intégrer différentes informations en lien avec les solutions techniques les plus prometteuses pour estimer l'impact (et donc la pertinence) économique de celles-ci, qu'elles soient considérées de manière individuelle ou en combinatoire. Des échanges avec les projets FPE, Agriodor ou FLAVIE et la participation de l'ARTB aux échanges avec le projet SEPIM (auxquels étaient également conviés des interlocuteurs du projet modélisation paysagère) ont permis d'être informé des avancées des différents projets.

Il est toutefois apparu que, contrairement à ce qui était initialement envisagé par le PNRI, les solutions techniques sont des solutions « spécifique betterave » sans impact systémique pour l'exploitation. L'utilisation des FTB a dès lors paru moins pertinente et de nature à complexifier les résultats d'analyse, les rendant plus difficile à exploiter par les agriculteurs. Compte tenu de la volatilité du cours des matières premières agricoles, cela aurait pu, en outre, introduire un biais d'analyse : l'amélioration d'une donnée « systémique » en sortie de modèle pouvant trouver sa cause dans l'amélioration des conditions économiques associées à une autre culture de la rotation. Autrement dit, une solution « spécifique betterave » aurait potentiellement pu être jugée économiquement viable ou durable à l'échelle de l'exploitation en raison d'une amélioration des conditions économiques associées à une autre culture. L'ARTB a dès lors axé son travail sur le développement d'un tableur EXCEL.

Livrable opérationnel initialement non prévu par le projet, ce tableur - en s'appuyant sur certaines hypothèses de calcul et les données économiques des FTB (ajustables par son utilisateur s'il le souhaite) - permet d'estimer l'impact des solutions (prises individuellement ou en combinatoire) sur le niveau des marges betteravières que les agriculteurs utilisent pour piloter leurs orientations stratégiques (assolement, rotation) d'exploitation.

Il convient enfin de souligner que dans le cadre de l'évaluation de la solution « plantes compagnes », les paramètres d'entrée des FTB ont été intégrées dans l'outil CARBONEXTRACT© (outil certifié par les pouvoirs publics pour la certification de crédits carbone en vertu de la méthode « Grandes Cultures » du Label Bas Carbone) pour déterminer le « gain » carbone associé à cette solution et ainsi réduire le coût de cette solution. Malgré des résultats décevants (le gain carbone et la valeur économique associée étant très faibles), ce travail ouvre la voie à l'intégration plus systématique d'une valorisation carbone dans de futures évaluations économiques à mener.

---

<sup>2</sup> Suite à l'entrée en vigueur de la réforme de la PAC à partir de 2023, l'écorégime remplace le paiement vert de l'ancienne programmation PAC.

## 3. Réalisations

### 3.1. Nouvelles connaissances scientifiques acquises

#### *3.1.1. Evaluation 2023 des marges par cultures présentes au sein des FTB*

Au-delà de la construction des FTB dont les caractéristiques structurelles (surfaces, assolement, ilots et rotations culturales associées) sont fournies en [Annexe 1](#), le projet a permis de déterminer et comparer le niveau des marges par culture dans le contexte économique de la campagne 2023-24. Ces résultats ont été mis en perspective avec les résultats obtenus pour la campagne 2021-22 (Figure 1).

Ils illustrent la très forte variabilité du niveau des marges betteravières et, par conséquent, de la rentabilité de la culture betteravière par rapport aux autres cultures présentes dans les rotations des FTB. Cette variabilité résulte notamment de l'effet conjugué d'une très forte hausse du prix des betteraves payés aux producteurs et de l'amélioration des rendements sur la période considérée.

Compte tenu de l'impossibilité de prévoir ces variations d'une campagne à l'autre, **un raisonnement basé sur l'évaluation du coût des solutions techniques les plus prometteuses et de l'impact sur la marge betteravière a été privilégié et intégré dans un tableur EXCEL** (voir [2. Méthodologies mobilisées](#)).

Figure 1 – Comparaison des marges nettes (hors aides PAC) par culture présentes au sein des FTB – données 2023-24 et 2021-22

FTB Centre-Val-de-Loire 2023	Indicateur	Pomme de Terre	Betterave	Blé Dur d'Hiver	Blé Tendre d'Hiver	Orge d'Hiver	Colza d'Hiver	Orge de Printemps	Mais
	Rendement (t/ha)	41	85	6,8	9	6,9	3,25	5,6	8,37
Prix de vente (€/t)	210	50	320	210	200	420	260	205	
CA	8610	4250	2176	1890	1380	1365	1456	1716	
Ch Intrants Total (€/ha)	4678	1791	795	862	498	646	726	1551	
Marge Brute hors aides (€/ha)	3932	2459	1381	1028	882	719	730	165	
Ch structure (€/ha)	1215	1482	912	935	875	905	993	1358	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	2717	977	469	93	7	-186	-263	-1193	

FTB Centre-Val-de-Loire 2021	Indicateur	Pomme de Terre	Blé Dur d'Hiver	Colza d'Hiver	Blé Tendre d'Hiver	Orge d'Hiver	Orge de Printemps	Betterave	Mais
	Rendement (t/ha)	41	6,8	3,25	9	6,9	5,6	8,37	
Prix de vente (€/t)	300	360	620	235	215	235	29,5	225	
CA	12300	2448	2015	2115	1484	1316	2360	1883	
Ch Intrants Total (€/ha)	2961	503	409	546	315	459	1134	982	
Marge Brute hors aides (€/ha)	9339	1945	1606	1569	1168	857	1226	902	
Ch structure (€/ha)	1105	829	823	850	795	903	1347	1235	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	8235	1116	783	719	373	-46	-121	-339	

FTB Ile-de-France 2023	Indicateur	Betterave	Mais	Blé Tendre d'Hiver	Orge d'Hiver	Tournesol	Colza d'Hiver	Orge de Printemps
	Rendement (t/ha)	83	11	10	8,5	3,5	3,5	5,6
Prix de vente (€/t)	50	280	210	200	400	420	205	
CA	4150	3080	2100	1700	1400	1470	1148	
Ch Intrants Total (€/ha)	1644	1203	842	498	213	646	729	
Marge Brute hors aides (€/ha)	2506	1877	1258	1202	1187	824	419	
Ch structure (€/ha)	1215	953	853	846	847	865	834	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	1291	924	405	356	340	-41	-415	

FTB Ile-de-France 2021	Indicateur	Blé Tendre d'Hiver	Colza d'Hiver	Tournesol	Mais	Orge d'Hiver	Orge de Printemps	Betterave
	Rendement (t/ha)	10	3,5	3,5	11	8,5	5,6	70
Prix de vente (€/t)	235	620	530	225	215	235	29,5	
CA	2350	2170	1855	2475	1827,5	1316	2065	
Ch Intrants Total (€/ha)	533	409	135	761	315	461	1041	
Marge Brute hors aides (€/ha)	1817	1761	1720	1714	1512	855	1024	
Ch structure (€/ha)	775	786	770	866	769	758	1105	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	1042	975	950	847	743	96	-80	

FTB Marne-Aube 2023	Indicateur	Betterave	Orge de Printemps	Blé Tendre d'Hiver	Orge d'Hiver	Colza d'Hiver	Luzerne
	Rendement (t/ha)	90	7	9	8,5	3,5	11
Prix de vente (€/t)	50	260	210	200	420	100	
CA	4500	1820	1890	1700	1470	1100	
Ch Intrants Total (€/ha)	2213	581	767	786	1260	1354	
Marge Brute hors aides (€/ha)	2287	1239	1123	914	210	-254	
Ch structure (€/ha)	1332	831	845	851	896	497	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	955	408	278	63	-686	-751	

FTB Marne-Aube 2021	Indicateur	Blé Tendre d'Hiver	Colza d'Hiver	Orge d'Hiver	Orge de Printemps	Luzerne	Betterave
	Rendement (t/ha)	9	3,5	8,5	7	11	75
Prix de vente (€/t)	235	620	215	235	100	29,5	
CA	2115	2170	1827,5	1645	1100	2212,5	
Ch Intrants Total (€/ha)	485	797	497	368	857	1401	
Marge Brute hors aides (€/ha)	1630	1373	1330	1277	243	812	
Ch structure (€/ha)	768	815	774	755	452	1211	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	861	558	556	522	-209	-399	

FTB Normandie 2023	Indicateur	Pomme de Terre	Betterave	Lin Textile de Printemps	Mais	Blé Tendre d'Hiver	Orge d'Hiver	Colza d'Hiver
	Rendement (t/ha)	41	85	6	10	9	8,5	3,5
Prix de vente (€/t)	210	50	660	205	210	200	420	
CA	8610	4250	3960	2050	1890	1700	1470	
Ch Intrants Total (€/ha)	3490	1728	680	365	655	659	1088	
Marge Brute hors aides (€/ha)	5120	2522	3280	1685	1235	1041	382	
Ch structure (€/ha)	1959	1078	1893	1127	961	952	889	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	3161	1444	1387	558	274	89	-507	

FTB Normandie 2021	Indicateur	Pomme de Terre	Lin Textile de Printemps	Mais	Blé Tendre d'Hiver	Colza d'Hiver	Orge d'Hiver	Betterave
	Rendement (t/ha)	41	6	10	9	3,5	8,5	80
Prix de vente (€/t)	300	660	225	235	620	215	29,5	
CA	12300	3960	2250	2115	2170	1827,5	2360	
Ch Intrants Total (€/ha)	2209	430	231	415	689	417	1094	
Marge Brute hors aides (€/ha)	10091	3530	2019	1700	1481	1410	1266	
Ch structure (€/ha)	1781	1721	1025	874	808	865	980	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	8310	1809	994	827	673	545	286	

FTB Nord Pas-de- Calais 2023	Indicateur	Pomme de Terre	Betterave	Pois d'Hiver	Blé Tendre d'Hiver	Mais	Orge d'Hiver
	Rendement (t/ha)	41	83	7,5	10	10	9
Prix de vente (€/t)	210	50	400	210	205	200	
CA	8610	4150	3000	2100	2050	1800	
Ch Intrants Total (€/ha)	3467	1692	708	631	517	477	
Marge Brute hors aides (€/ha)	5143	2458	2292	1469	1533	1323	
Ch structure (€/ha)	2974	1233	1658	945	1488	1344	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	2169	1225	634	524	45	-21	

FTB Nord Pas-de- Calais 2021	Indicateur	Pomme de Terre	Blé Tendre d'Hiver	Mais	Orge d'Hiver	Pois d'Hiver	Betterave
	Rendement (t/ha)	41	10	10	9	7,5	80
Prix de vente (€/t)	300	235	225	215	300	29,5	
CA	12300	2350	2250	1935	2250	2360	
Ch Intrants Total (€/ha)	2194	399	327	302	448	1071	
Marge Brute hors aides (€/ha)	10106	1951	1923	1633	1802	1289	
Ch structure (€/ha)	2704	859	1353	1222	1507	1121	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	7402	1092	570	411	295	168	

FTB Picardie 2023	Indicateur	Pomme de Terre	Betterave	Blé Tendre d'Hiver	Pois d'Hiver	Orge d'Hiver	Colza d'Hiver
	Rendement (t/ha)	41	80	9	7,5	7,6	3,25
Prix de vente (€/t)	210	50	210	300	200	420	
CA	8610	4000	1890	2250	1520	1365	
Ch Intrants Total (€/ha)	3120	1969	635	678	525	1088	
Marge Brute hors aides (€/ha)	5490	2031	1255	1572	995	277	
Ch structure (€/ha)	2268	896	801	1339	947	869	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	3222	1135	454	233	48	-592	

FTB Picardie 2021	Indicateur	Pomme de Terre	Blé Tendre d'Hiver	Pois d'Hiver	Colza d'Hiver	Orge d'Hiver	Betterave
	Rendement (t/ha)	41	9	7,5	3,25	7,6	75
Prix de vente (€/t)	300	235	300	620	215	29,5	
CA	12300	2115	2250	2015	1634	2212,5	
Ch Intrants Total (€/ha)	1975	402	429	689	332	1246	
Marge Brute hors aides (€/ha)	10325	1713	1821	1326	1302	966	
Ch structure (€/ha)	2062	728	1217	790	861	815	
Marge nette hors aides PAC (€/ha)	8263	985	604	536	441	152	

### 3.1.2. Coût des solutions techniques les plus prometteuses

#### Plantes compagnes

Plusieurs paramètres peuvent influencer le coût d'implantation et de destruction des plantes compagnes, qui varie dans une fourchette comprise entre 21 et 107 EUR/ha (Figure 2).

**Figure 2 : Estimation du coût de l'implantation et de la destruction d'une plante compagne (hors pertes de rendement betteravier liées à la concurrence entre plantes)**

	Avoine rude (75 grains/m <sup>2</sup> )	Orge (75 grains/m <sup>2</sup> )	Féverole <sup>1</sup> (20 grains/m <sup>2</sup> )
Coût des semences [EUR/ha]	20	0 (semences de ferme)	30
Opération de semis supplémentaire [EUR/ha]	21	21	21
Destruction par traitement antigaminées <sup>2</sup> [EUR/ha]	56	0	56
<b>OU</b>			
Destruction par binage mécanique [EUR/ha]	24	24	24
<b>TOTAL [EUR/ha]</b>	<b>[65 – 97]</b>	<b>[21 – 45]</b>	<b>[75 – 107]</b>

<sup>1</sup> : La féverole n'a pas été intégré dans le tableur EXCEL qui privilégie l'utilisation des graminées compte tenu de leur meilleure efficacité pour réduire le nombre de pucerons

<sup>2</sup> : En cas de traitement antigaminées (centurion, venzar) déjà présent dans l'itinéraire technique le coût de l'opération est alors considéré comme nul

Les résultats d'essais avec présence de plantes compagnes montrent par ailleurs qu'il existe des pertes de rendement betteravier résultant de la concurrence directe entre plantes. Ces pertes sont de l'ordre de 4% à 5% en cas de destruction optimale au stade 4-6 feuilles<sup>3</sup>.

Dans ces conditions, **le coût des plantes compagnes (pertes de rendement incluses) - qui varie en fonction du rendement de référence historique de la parcelle et du prix de la betterave – peut varier très significativement** (Figure 3).

Cette très forte variabilité renforce la pertinence d'avoir privilégié le développement d'un tableur EXCEL que l'agriculteur pourra lui-même ajuster en fonction de la conduite culturale qu'il souhaite adopter.

<sup>3</sup> Source : Betteravier français n°1174 du 12/12/2023 – rubrique « Cahier technique de l'ITB »

**Figure 3 - Estimation du coût minimum et maximum de l'implantation et de la destruction d'une plante compagne (pertes de rendement betteravier liées à la concurrence entre plantes incluses)**

Coût économique de la perte de rendement associée à l'utilisation de plantes compagnes [EUR/ha]		Prix de betterave [EUR/t à 16°]							Coût économique de la perte de rendement associée à l'utilisation de plantes compagnes [EUR/ha]		Prix de betterave [EUR/t à 16°]						
		25	30	35	40	45	50	55			25	30	35	40	45	50	55
Rendement betteravier historique [t à 16°/ha]	50	50	60	70	80	90	100	110	Rendement betteravier historique [t à 16°/ha]	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5
	60	60	72	84	96	108	120	132		60	75	90	105	120	135	150	165
	70	70	84	98	112	126	140	154		70	87,5	105	122,5	140	157,5	175	192,5
	80	80	96	112	128	144	160	176		80	100	120	140	160	180	200	220
	90	90	108	126	144	162	180	198		90	112,5	135	157,5	180	202,5	225	247,5
Pourcentage de perte de rendement liée aux plantes compagnes	4%								Pourcentage de perte de rendement liée aux plantes compagnes	5%							
Coût minimum Plantes Compagnes (hors pertes de rendement)	21								Coût maximum Plantes Compagnes (hors pertes de rendement)	107							
Coût économique total de la solution [EUR/ha]		Prix de betterave [EUR/t à 16°]							Coût économique total de la solution [EUR/ha]		Prix de betterave [EUR/t à 16°]						
		25	30	35	40	45	50	55			25	30	35	40	45	50	55
Rendement betteravier historique [t à 16°/ha]	50	71 €	81 €	91 €	101 €	111 €	121 €	131 €	Rendement betteravier historique [t à 16°/ha]	50	169,5	182	194,5	207	219,5	232	244,5
	60	81 €	93 €	105 €	117 €	129 €	141 €	153 €		60	182	197	212	227	242	257	272
	70	91 €	105 €	119 €	133 €	147 €	161 €	175 €		70	194,5	212	229,5	247	264,5	282	299,5
	80	101 €	117 €	133 €	149 €	165 €	181 €	197 €		80	207	227	247	267	287	307	327
	90	111 €	129 €	147 €	165 €	183 €	201 €	219 €		90	219,5	242	264,5	287	309,5	332	354,5

Biocontrôle via l'utilisation de composés organiques volatils (COV)

Le coût des « blends » odorants que développent l'entreprise Agriodor reste encore incertain à ce jour. L'entreprise est en train d'affiner ses évaluations mais a évoqué, lors de certains échanges bilatéraux, un objectif chiffré de 95 EUR/ha devant représenter le coût maximum de la solution pour l'agriculteur (ce qui laisserait à supposer que ce coût inclut une quote-part correspondant à l'épandage des granulés au champs).

C'est donc ce chiffrage qui a été retenu en première approche. Il pourra le cas échéant être ajusté au sein du tableur EXCEL.

Sur cette base de calcul, **le tonnage de betterave supplémentaire par rapport au tonnage d'une parcelle témoin (sans COV) qui est nécessaire pour couvrir le coût de cette solution est, en fonction du prix de la betterave payé au producteur, compris entre 1,7 et 3,8 t de betteraves à 16°/ha.** Sur la base d'un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha, cela représenterait ainsi un gain de rendement compris entre 2,5 et 5,4% (Figure 4).



**Figure 4 - Estimation du tonnage de betterave supplémentaire nécessaire par rapport à une parcelle témoin pour couvrir le coût économique des COV et gain de rendement associé en pourcentage de la référence considérée**

	Prix de betterave [EUR/t à 16°]						
	25	30	35	40	45	50	55
Tonnage supplémentaire nécessaire pour couvrir le coût de la solution [t betterave à 16°/ha]	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 60 t/ha [%]	6,3%	5,3%	4,5%	4,0%	3,5%	3,2%	2,9%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha [%]	5,4%	4,5%	3,9%	3,4%	3,0%	2,7%	2,5%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 80 t/ha [%]	4,8%	4,0%	3,4%	3,0%	2,6%	2,4%	2,2%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 90 t/ha [%]	4,2%	3,5%	3,0%	2,6%	2,3%	2,1%	1,9%

#### Biocontrôle via l'utilisation de micro-organismes

Si plusieurs produits de biocontrôle ont été testés, l'utilisation d'un champignon entomopathogène appelé *Lecanicillium muscarium* a démontré l'efficacité la plus prometteuse. Appliqué en pulvérisation à raison de 2 kg/ha, le coût unitaire de la solution reste, comme pour les COV, très incertain à ce jour.

En première approche, le coût estimé retenu pour cette solution est de 200 EUR/ha. Ce niveau devra être reconfirmé ultérieurement et est significativement inférieur au prix d'achat pratiqué dans le commerce (de l'ordre de 300 EUR / 2 kg) mais qui concerne des granulés pour cultures légumières, petits fruits et plantes ornementales sous abri.

Sur cette base de calcul, **le tonnage de betterave supplémentaire par rapport au tonnage d'une parcelle témoin (sans utilisation de micro-organismes) qui est nécessaire pour couvrir le coût de cette solution est, en fonction du prix de la betterave payé au producteur, compris entre 3,6 et 8 t de betteraves à 16°/ha.** Sur la base d'un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha, cela représenterait ainsi un gain de rendement compris entre 5,2 et 11,4% (Figure 5).

**Figure 5 - Estimation du tonnage betterave supplémentaire nécessaire par rapport à une parcelle témoin pour couvrir le coût économique de l'utilisation de micro-organismes et gain de rendement associé en pourcentage de la référence considérée**

	Prix de betterave [EUR/t à 16°]						
	25	30	35	40	45	50	55
Tonnage supplémentaire nécessaire pour couvrir le coût de la solution [t betterave à 16°/ha]	8,0	6,7	5,7	5,0	4,4	4,0	3,6
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 60 t/ha [%]	13,3%	11,1%	9,5%	8,3%	7,4%	6,7%	6,1%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha [%]	11,4%	9,5%	8,2%	7,1%	6,3%	5,7%	5,2%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 80 t/ha [%]	10,0%	8,3%	7,1%	6,3%	5,6%	5,0%	4,5%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 90 t/ha [%]	8,9%	7,4%	6,3%	5,6%	4,9%	4,4%	4,0%

#### Biocontrôle via l'utilisation d'huile de paraffine

Cette solution nécessite 2 à 3 passages avec au total, l'équivalent de 30 L d'huile à appliquer par hectare. Contrairement à *Lecanicillium Muscarium*, son efficacité reste encore à confirmer en 2024.

En considérant un coût unitaire de 2,7 EUR/L, cette solution représente un coût total de 81 EUR/ha.

Sur cette base de calcul, **le tonnage de betterave supplémentaire par rapport au tonnage d'une parcelle témoin (sans utilisation d'huile de paraffine) qui est nécessaire pour couvrir le coût de cette solution est, en fonction du prix de la betterave payé au producteur, compris entre 1,5 et 3,2 t de betteraves à 16°/ha.** Sur la base d'un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha, cela représenterait ainsi un gain de rendement compris entre 2,1 et 4,6% (Figure 6).

**Figure 6 - Estimation du tonnage betterave supplémentaire nécessaire par rapport à une parcelle témoin pour couvrir le coût économique de l'utilisation d'huile de paraffine et gain de rendement associé en pourcentage de la référence considérée**

	Prix de betterave [EUR/t à 16°]						
	25	30	35	40	45	50	55
Tonnage supplémentaire nécessaire pour couvrir le coût de la solution [t betterave à 16°/ha]	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,5
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 60 t/ha [%]	5,4%	4,5%	3,9%	3,4%	3,0%	2,7%	2,5%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha [%]	4,6%	3,9%	3,3%	2,9%	2,6%	2,3%	2,1%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 80 t/ha [%]	4,1%	3,4%	2,9%	2,5%	2,3%	2,0%	1,8%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 90 t/ha [%]	3,6%	3,0%	2,6%	2,3%	2,0%	1,8%	1,6%

#### Aphicides de synthèse

Parmi les aphicides, les produits de synthèse conventionnels à base de spirotetramat « Movento » (en dérogation 120 jours sur betterave de 2019 à 2023) et flonicamide « Teppeki » sont les plus efficaces.

Leur application conduit à une réduction du nombre de pucerons (par rapport au témoin non traité) de 78,5 % [intervalle de confiance à 95 % = (69,4 ; 85,5)] pour le spirotetramat et 80,5 % [intervalle de confiance à 95 % = (74,5 ; 85,4)] pour le flonicamide, 14 jours après leur application aux doses homologuées<sup>4</sup>.

Le cout moyen 2023 de l'application de ces aphicides dépend du programme de traitement à effectuer et varie donc dans une fourchette comprise entre 35 et 130 EUR/programme (Figure 7).

**Figure 7 – Estimation du coût des programmes de passage aphicides**

Programme de traitement	Coût (mécanisation + MO*) [EUR / passage]	Coût des produits [EUR / passage]	Coût total [EUR / programme de traitement]
1 Teppeki + huile type Actirob	9,5	25	<b>34,5</b>
1 Teppeki + 1 Movento	19	63	<b>82</b>
1 Teppeki + 2 Movento	28,5	101	<b>129,5</b>

En considérant un programme incluant 1 traitement Teppeki et 1 traitement Movento, **le tonnage de betterave supplémentaire par rapport au tonnage d'une parcelle témoin (sans utilisation d'aphicides de synthèse) qui est nécessaire pour couvrir le coût de cette solution est, en fonction du prix de la betterave payé au producteur, compris entre 1,5 et 3,3 t de betteraves à 16°/ha.** Sur la base d'un

<sup>4</sup> Source : communication projet FPE

rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha, cela représenterait ainsi un gain de rendement compris entre 2,1 et 4,7% (Figure 8).

**Figure 8 - Estimation du tonnage betterave supplémentaire nécessaire par rapport à une parcelle témoin pour couvrir le coût économique moyen d'utilisation d'aphicides de synthèse (1 Teppeki + 1 Movento) et gain de rendement associé en pourcentage de la référence considérée**

	Prix de betterave						
	25	30	35	40	45	50	55
Tonnage supplémentaire nécessaire pour couvrir le coût de la solution [t betterave à 16°/ha]	3,3	2,7	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 60 t/ha [%]	5,5%	4,6%	3,9%	3,4%	3,0%	2,7%	2,5%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha [%]	4,7%	3,9%	3,3%	2,9%	2,6%	2,3%	2,1%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 80 t/ha [%]	4,1%	3,4%	2,9%	2,6%	2,3%	2,1%	1,9%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 90 t/ha [%]	3,6%	3,0%	2,6%	2,3%	2,0%	1,8%	1,7%

#### Solution génétique

Outre les solutions techniques décrites précédemment, les sélectionneurs travaillent au développement de variétés tolérantes aux différents virus de la jaunisse. Ces variétés doivent permettre une protection contre la jaunisse sans impacter le potentiel de rendement (par rapport aux variétés productives actuellement commercialisées) en l'absence de jaunisse.

Selon les échanges que nous avons eu avec certains responsables du projet FLAVIE, obtenir de telles variétés nécessitera encore plusieurs années de travail et aucun développement majeur n'est à attendre avant [2026 - 2028] a minima. Des variétés dites « tolérantes à la jaunisse » seront peut-être commercialisées avant 2026 mais elles auront vraisemblablement un potentiel de rendement moins élevé.

Quant au coût économique de cette solution, il correspond en réalité à un « surcoût » par rapport au prix des variétés actuellement disponibles. S'il est impossible de l'évaluer à date (aucun acteur n'étant en capacité de fournir un ordre de grandeur compte tenu du caractère hautement concurrentiel de ces travaux), on note toutefois qu'en 2023, le surcoût à l'achat d'une variété dite « tolérante à la jaunisse » (mais qui en réalité ne dispose pas d'un potentiel de rendement comparable à celui de variétés productives en l'absence de jaunisse) a été de l'ordre de 80 EUR/ha.

#### Solutions combinatoires

L'évaluation des combinaisons de solutions est possible via l'utilisation du tableur EXCEL. Il est cependant nécessaire de paramétrer le niveau des pertes de rendement jaunisse avec ou sans utilisation d'une combinaison de solutions de manière « arbitraire » : un point qu'il conviendra d'améliorer et si possible d'automatiser grâce aux travaux du PNRI-C ([6. Suites à engager ou proposées](#)).

A date et parmi tous les traitements testés en combinaison, il semble que le meilleur niveau de contrôle soit obtenu en associant un traitement aphicide de type Teppeki additionné d'huile de type Actirob et une plante compagne de type « avoine rude ». Cette combinaison conduit à une efficacité de 82,5 % à 14 jours [intervalle de confiance à 95% = (68,5 ; 91,5)]. Ce niveau d'efficacité ne varie toutefois que très peu par rapport à l'efficacité obtenue avec le traitement Teppeki seul. L'intérêt économique de cette combinaison est donc a priori limité.

Son coût total est compris entre 56 et 132 EUR/ha : le coût de la plante compagne pouvant varier en fonction de la nécessité d'acheter (ou non) les semences d'avoine rude et d'intégrer (ou non) un traitement antigaminées ou un binage supplémentaire au sein de l'itinéraire technique betterave (cf. section [Plantes compagnes](#)).

En considérant un coût de 132 EUR/ha, le tonnage de betterave supplémentaire par rapport au tonnage d'une parcelle témoin (sans utilisation d'avoine rude et d'un traitement Teppeki) qui est nécessaire pour couvrir le coût de cette solution est, en fonction du prix de la betterave payé au producteur, compris entre 2,4 et 5,3 t de betteraves à 16°/ha. Sur la base d'un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha, cela représenterait ainsi un gain de rendement compris entre 3,4 et 7,5% (Figure 9).

**Figure 9 - Estimation du tonnage betterave supplémentaire nécessaire par rapport à une parcelle témoin pour couvrir le coût économique moyen de l'utilisation d'avoine rude et d'un traitement Teppeki additionné d'huile de type Actirob et gain de rendement associé en pourcentage de la référence considérée**

	Prix de betterave						
	25	30	35	40	45	50	55
Tonnage supplémentaire nécessaire pour couvrir le coût de la solution [t betterave à 16°/ha]	5,3	4,4	3,8	3,3	2,9	2,6	2,4
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 60 t/ha [%]	8,8%	7,3%	6,3%	5,5%	4,9%	4,4%	4,0%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 70 t/ha [%]	7,5%	6,3%	5,4%	4,7%	4,2%	3,8%	3,4%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 80 t/ha [%]	6,6%	5,5%	4,7%	4,1%	3,7%	3,3%	3,0%
Gain de rendement par rapport à un rendement de la parcelle témoin de 90 t/ha [%]	5,9%	4,9%	4,2%	3,7%	3,3%	2,9%	2,7%

### 3.1.2. Considérations complémentaires

#### Plantes compagnes

Au travers de la production de biomasse qu'elles permettent et qui est ensuite restituée au sol après destruction, il a été envisagé que les plantes compagnes puissent générer un **gain carbone**. Ce gain pouvant représenter une rémunération complémentaire (au travers de la vente de crédits carbone par exemple), il a été décidé de mesurer ce potentiel. Les résultats se sont toutefois révélés décevants avec, hors pertes de rendement liée à la concurrence entre plantes<sup>5</sup>, un gain de l'ordre de 0,2 tCO<sub>2</sub>eq/ha betterave/an pour la FTB Centre Val-de-Loire. Ce résultat se traduit par un gain économique ne dépassant pas 6 EUR/ha betterave (sur la base d'une rémunération versée à l'agriculteur de 30 EUR/crédit carbone ou tCO<sub>2</sub>eq).

En intégrant une perte de rendement betteravier de 4%, le gain carbone est réduit à 0,08 tCO<sub>2</sub>eq/ha betterave/an et le gain économique atteint 2,4 EUR/ha betterave.

Côté approvisionnement et logistique, aucun problème n'a été identifié pour cette solution.

D'un point de vue agronomique, l'utilisation de plantes compagnes nécessite une opération de **semis supplémentaire** après la préparation de sol. Quant à l'opération de **destruction** (par traitement antigraminées ou binage mécanique en cas de semis en inter-rang), elle ne nécessite pas d'investissement supplémentaire sur les exploitations (au même titre que les semis) mais doit se faire au bon moment sous peine de voir les pertes de rendement betterave dues à la concurrence des plantes compagnes augmenter fortement. A ce titre, l'absence d'une **fenêtre météo** propice à cette opération pourrait grandement affecter l'efficacité de la solution.

#### Biocontrôle via l'utilisation de composés organiques volatils (COV)

Au-delà du coût économique de la solution, la question de la disponibilité du produit se pose.

Côté **approvisionnement**, la production des granulés - réalisée dans une usine localisée en Bretagne et d'une capacité de 1 000 t minimum/an à ce jour – pourrait, en théorie, permettre de couvrir une demande équivalente à [125 000 – 250 000] ha à raison de 4 à 8 kg de granulés/ha. Attention toutefois, car plusieurs applications seront certainement nécessaires. La surface pouvant être réellement couverte pourrait donc être divisée par deux (si deux applications à dose équivalente sont nécessaires). Les choses devraient toutefois évoluer rapidement pour cette solution au cours de l'année 2024. L'entreprise Agriodor nous a en effet indiqué qu'elle réfléchissait à i) faire accroître les capacités de production de l'usine existante ou ii) disposer d'un autre site de production plus proche des bassins betteraviers de production. A ce titre, la **logistique** constitue un autre point de vigilance. En effet, sans nouveau site de production à proximité des bassins betteraviers, le coût du transport des granulés depuis la Bretagne devra, d'une manière ou d'une autre, être répercuté aux agriculteurs. L'impact économique non quantifié à date devrait toutefois être limité.

Un autre facteur à prendre en compte concerne la **durée de conservation** des granulés et la possibilité de les stocker car la solution est volatile. Si l'entreprise semble confiante dans l'utilisation d'un packaging permettant de conserver les granulés sans pertes d'efficacité, une durée de conservation d'un an ou plus pourrait permettre de lisser d'éventuels problèmes d'approvisionnement. Reste à déterminer dans quelle mesure le coût d'un tel packaging ne va pas renchérir le coût de la solution.

D'un point de vue agronomique, l'épandage des granulés par l'intermédiaire d'un quad équipé d'un Delimbe ne constitue pas un investissement supplémentaire car c'est un équipement dont dispose la

---

<sup>5</sup> Si l'on considère une perte « optimale » de 4% liée à la concurrence des PC sur les betteraves, la solution engendre un gain carbone de 0,09 tCO<sub>2</sub>eq.

très grande majorité des exploitations agricoles. L'effet des **conditions météorologiques** (pluie, vent) sur la diffusion des odeurs pourrait en outre augmenter la variabilité de l'efficacité du produit même si aucun élément chiffré ne permet de l'affirmer à ce jour.

Enfin, la délivrance d'une **autorisation de mise en marché** constitue un préalable à l'utilisation de cette solution. Elle est espérée pour 2025.

#### Biocontrôle via l'utilisation de micro-organismes

A date, le champignon *Lecanicillium Muscarium* n'est pas homologué sur betterave. Il faudra donc, sous réserve de confirmation des résultats d'efficacité de cette solution en 2024, s'attacher à obtenir cette homologation. En tenant compte du temps nécessaire à la constitution du dossier d'homologation (qui devrait être limitée, le produit existant déjà pour d'autres cultures sous abri) et son traitement par l'ANSES qui ne doit pas excéder 6 mois<sup>6</sup>, cette étape pourrait être réalisée en moins d'un an a priori.

Cette solution s'appuie par ailleurs sur une matière vivante. Il convient donc de s'assurer que l'approvisionnement et la conservation de ce champignon ne pose pas de problème pour la viabilité du produit. L'entreprise Koppert commercialisant déjà ce micro-organisme pour certaines cultures sous abri, il est légitime de considérer que cette question ne pose pas de problème pour envisager un déploiement à grande échelle.

D'un point de vue agronomique, son application par pulvérisation ne nécessite pas d'investissement supplémentaire pour les agriculteurs.

#### Biocontrôle via l'utilisation d'huile de paraffine

Cette solution doit encore prouver son efficacité lors des prochains essais pour constituer véritablement une solution intéressante dans la lutte contre la jaunisse.

Aucun problème d'approvisionnement n'a été identifié à ce jour en cas de déploiement massif sur les exploitations betteravières. Tout comme pour *Lecanicillium Muscarium*, l'huile de paraffine devra par ailleurs être homologuée en betterave pour pouvoir être déployée.

Quant à son application, elle se fait généralement en combinaison lors d'un passage déjà prévu par l'agriculteur et n'engendre donc pas d'investissement et de travaux supplémentaires sur la parcelle.

#### Aphicides de synthèse

La solution aphicide de synthèse devrait être limitée dans le temps.

En effet, la molécule flonicamide (Teppeki) expire en novembre 2026 et devra faire l'objet d'une réhomologation d'ici là.

Quant au spirotétramat (Movento), il devra toujours faire l'objet d'une dérogation 120 jours pour être utilisé. Le produit Movento ne pourra pas être homologué puisque la firme a décidé de ne pas renouveler la molécule.

---

<sup>6</sup> Source : [https://www.anses.fr/fr/system/files/Note\\_biocontrole.pdf](https://www.anses.fr/fr/system/files/Note_biocontrole.pdf)

### 3.1.3. Récapitulatif des résultats

Pour les besoins de construction du tableau qui suit, le prix moyen de betteraves payé aux producteurs qui a été retenu est de 40 EUR/ha. Quant au gain de rendement nécessaire pour couvrir le coût de la solution technique, il a été déterminé en référence à une parcelle témoin (n'utilisant pas la solution) et qui aurait un rendement de 70 t/ha compte tenu de l'impact de la jaunisse.

Solution technique	Cout de la solution	Gain de rendement nécessaire pour couvrir le coût de la solution technique	Efficacité de la solution	Autres facteurs à considérer
	[EUR/ha]	[t betterave à 16°/ha]	[% moyen de réduction du nombre de pucerons par rapport au témoin d'essai]	
Plantes compagnes (pertes de rendement dues à la concurrence incluses)	[133 – 247] <sup>1</sup>	6,5%	[30 – 35]	Conditions météorologiques (nécessité d'une fenêtre météo propice au semis supplémentaire de la plante compagne et à sa destruction)
Biocontrôle via l'utilisation de composés organiques volatils (COV)	95 <sup>2</sup>	3,4%	[45 – 65]	Approvisionnement, conditions météorologiques, durée de conservation des granulés, autorisation de mise en marché
Biocontrôle via l'utilisation de micro-organismes	200 <sup>2</sup>	7,1%	40%	Homologation sur betterave
Biocontrôle via un programme de traitement intégrant l'utilisation d'huile de paraffine	81	2,9%	A préciser (possible efficacité sur la transmission des virus)	Homologation sur betterave
Programme de traitement avec aphicides de synthèse	[35 – 130] <sup>3</sup>	2,9%	[75 - 85]	Utilisation future limitée dans le temps
Solution génétique	Non connue à date	Non applicable	Elevée mais non connue à date	-
Solutions combinatoires	Cf. Utilisation du tableur		Fixée arbitrairement à ce jour	-

<sup>1</sup> La valeur dépend du coût intrinsèque des plantes compagnes, de l'itinéraire technique de base de l'agriculteur (présence d'un traitement antigraminées ou d'un binage mécanique par défaut) et du niveau des pertes de rendement dues à la concurrence (4 ou 5%).

<sup>2</sup> : objectif de prix

<sup>3</sup> : dépend du programme de traitement considéré



### 3.2. Les solutions opérationnelles proposées

Afin de pouvoir plus facilement raisonner l'utilisation des solutions techniques d'un point de vue économique, l'ARTB a développé un tableur EXCEL. Complémentaire à l'élaboration des fermes types betteraves qui pourront nourrir l'analyse économique de solutions systémiques, ce tableur « simulateur » a été présenté lors de Betteravenir 2023. Simple d'utilisation, il permet de :

- visualiser le coût des solutions techniques prises individuellement ou en combinaison,
- calculer l'impact et l'évolution de la marge nette betteravière par rapport à une situation où ces solutions n'auraient pas été activées.

Dans sa version actuelle, il convient toutefois de signaler que le niveau des pertes induites par la jaunisse avec ou sans solutions techniques doit être fixé par l'utilisateur lui-même.

Très concrètement, la simulation s'effectue sur une seule feuille Excel et nécessite de compléter (des valeurs par défaut étant d'ores et déjà intégrées) six sections (Figure 10).

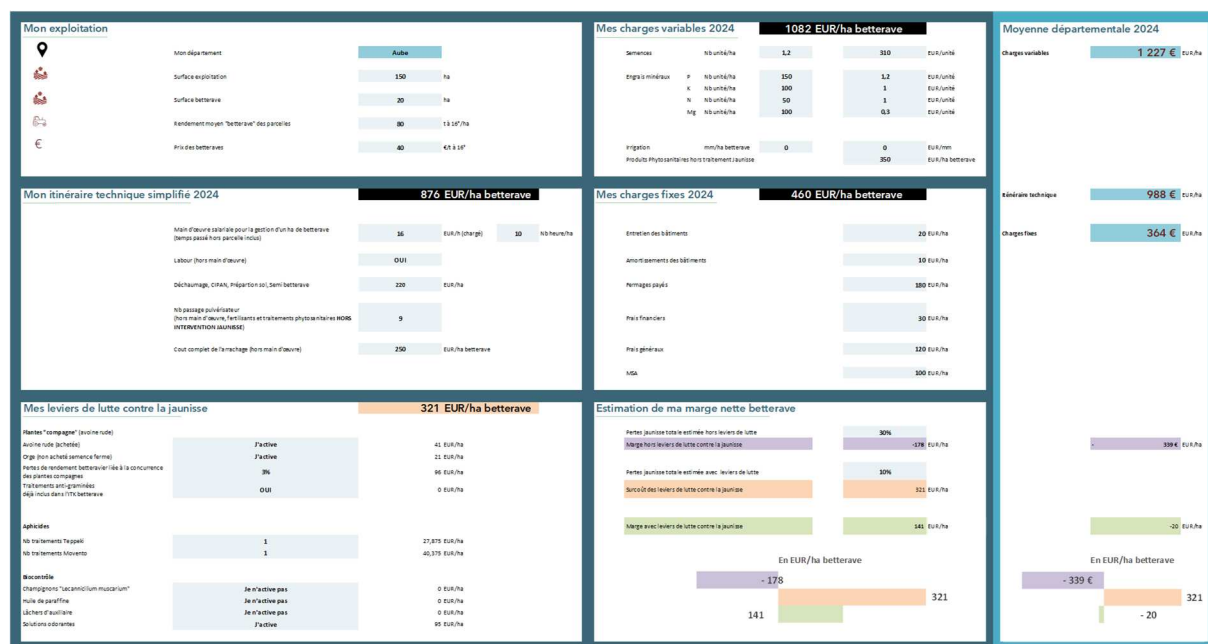
**Figure 10 – Sections et informations associées**

Sections du tableur	Informations à renseigner
Mon exploitation	Département, Surfaces d'exploitation, Surfaces betteraves, Rendement moyen « betterave » de parcelles, Prix des betteraves payés à l'agriculteur
Mes charges variables	Semences, engrais minéraux, irrigation, produits phytosanitaires (hors coût des traitements spécifiques jaunisse éventuels)
Mon itinéraire technique simplifié 2024	Main d'œuvre (coût moyen horaire et nombre d'heures par ha), réalisation d'un labour (ou non), coût (déchaumage + CIPAN + Préparation de sol + semis), nombre de passages « pulvérisateur » (hors coût de main d'œuvre, fertilisants et traitements phytosanitaires hors jaunisse), cout d'arrachage (hors main d'œuvre si réalisé par l'agriculteur)
Mes charges fixes	Entretien des bâtiments, amortissement des bâtiments, fermages payés, frais financiers, frais généraux, MSA
Mes leviers de lutte	Choix d'activer (ou non) une ou plusieurs solutions techniques : plantes compagnes, aphicides, Lecanicillium Muscarium, Huile de paraffine, lâchers d'auxiliaires, solutions odorantes (COV)
Estimation de ma marge nette betterave (hors aides PAC)	Pourcentage de pertes de rendement betterave liée à la jaunisse hors leviers de lutte, Pourcentage de pertes de rendement betterave avec leviers de lutte

Une fois ces éléments renseignés, le tableur détermine le coût total des leviers de lutte contre la jaunisse et le niveau des marges nettes betterave (hors aides PAC).

Une section complémentaire permet par ailleurs de se comparer à la moyenne départementale 2024 (Figure 11) en vertu des estimations réalisés dans le cadre de la régionalisation des travaux de l'Observatoire des coûts de production « betterave » de l'ARTB qui ont été permis par la constitution des FTB (le détail des estimations 2024 sont fournies en [Annexe 2](#)).

Figure 11 - Visualisation du tableur de simulation Excel



### 3.3. Ecart entre les objectifs initiaux, les résultats obtenus et les modalités de résolution

Le tableau qui suit récapitule les livrables prévus au début du projet et les réalisations effectives.

Livrables attendus	Livrables réalisés	Commentaires
Construction de fermes types « betterave » régionalisées	Réalisé	
Résultats de simulations et rapport d'analyse détaillant les solutions technico-économiques du PNRI les plus durables	Réalisé	Réalisation d'un <b>livrable supplémentaire</b> sous forme de tableur EXCEL compte tenu de l'émergence de solutions uniquement spécifique betterave à ce jour
Utilisation de l'outil SYSTERRE pour la réalisation d'études de prospective quantitative	Partiellement réalisé	Des travaux en lien avec l'évaluation des gains carbone de leviers agronomiques mobilisables sur les exploitations betteravières grandes culture ont été réalisés en s'appuyant sur les données d'entrée des FTB de l'outil SYSTERRE puis intégrées dans l'outil CARBONEXTRACT® Une FTB BIO et une FTB allemande ont été construites dans le cadre d'autres projets

Régionalisation affinée des travaux de l'Observatoire des couts de production « betterave » de l'ARTB	Réalisé	Réutilisation au sein du tableur EXCEL
---	---------	--

Au final, les engagements ont été respectés. L'émergence de solutions spécifique betterave (au détriment des solutions systémiques initialement prévues dans l'Axe 3 du PNRI) ont toutefois rendu l'utilisation des fermes types moins pertinentes. Dans ces conditions, un livrable supplémentaire - non prévu initialement et présenté lors de Betteravenir - a été réalisé. Il constitue un outil opérationnel facilement mobilisable et ajustable en fonction de nouvelles informations qui seront certainement obtenues dans le cadre du PNRI-C. Le projet a en outre permis d'acquérir une maîtrise de l'outil SYSTERRE© et a permis, comme évoqué dans les objectifs

## 4. Les productions

### 4.1. Les publications scientifiques

Non applicable pour ce projet

### 4.2. Actions de communication

Livrables	Date
Article PNRI « Comprendre le projet DEFT »	Novembre 2021
Article mis en ligne sur le site ARTB Mention dans le Betteravier Français « L'avancement du PNRI projet par projet »	Avril 2022
Rapport intermédiaire	Septembre 2022
Présentation PPT aux Midis du PNRI	Mars 2023
Réutilisation des paramètres d'entrée des FTB -pour l'évaluation des leviers d'amélioration de l'empreinte carbone de la betterave à sucre	Septembre 2023
Présentation du tableur EXCEL à Betteravenir	Octobre 2023

### 4.3. Productions envisagées

Livrables
Mise à disposition du tableur EXCEL Possible réutilisation du tableur et amélioration de ce dernier par les organismes qui participeront au PNRI-C
Réutilisation possible des FTB si certaines solutions systémiques viables émergent
Réutilisation et mise à jour régulière des FTB par l'ARTB dans le cadre de ces travaux d'analyse

## 5. Les conditions de déroulement

## 5.1. Interactions avec les autres projets du PNRI et valeur ajoutée créée par cette interaction

Des échanges avec les projets FPE, Agriodor, FLAVIE et la participation de l'ARTB aux échanges organisés par le projet SEPIM (auxquels étaient également conviés des interlocuteurs du projet modélisation paysagère) ont permis d'être informé de l'avancée des différents projets notamment lors de la deuxième phase des travaux du projet.

Ces échanges ont permis de déterminer quelles seraient les solutions techniques les plus prometteuses en sortie de PNRI : cela a ainsi facilité la construction du tableur EXCEL.

Ces interactions ont également permis de nouer de nouveaux liens avec certains interlocuteurs (Agriodor notamment) qui pourraient être intéressés de réutiliser certains résultats ou paramétrages économiques du projet pour réaliser des calculs précisant à quels moments les gains d'efficacité de la solution sont/ne sont plus intéressants économiquement.

## 5.2. Mise en place de base de données partagées

Non applicable

## 5.3. Réajustements en cours de projet

Voir section [3.3. Ecart entre les objectifs initiaux, les résultats obtenus et les modalités de résolution](#)

## 5.4. Conditions de déroulement du programme

Pas de remarque particulière

## 6. Suites à engager ou proposées

La construction du tableur de calcul en lien avec l'évaluation de l'impact économique des différentes solutions techniques a mis en lumière la nécessité de pouvoir « connecter » les solutions techniques avec leur impact sur le rendement betteravier (et non sur la réduction du nombre de pucerons). La variable rendement (au même titre que le prix) est en effet un paramètre clé pour le calcul de la rentabilité économique de la culture betteravière.

Alors que l'efficacité des solutions (et donc le niveau des pertes de rendement avec ou sans solutions alternatives aux NNI) doit actuellement être faite arbitrairement par l'utilisateur du tableur lui-même, un travail sur la mesure d'efficacité des solutions par estimation des pertes de rendement betteravier permettrait d'affiner les évaluations économiques. C'est donc un axe majeur de travail qui doit être poursuivi dans le PNRI-C.

Quant aux coûts des solutions techniques, ils pourront certainement être ajustés au sein du tableur qui est un outil dynamique et reparamétrable sans difficulté par une organisation qui souhaiterait participer à l'Axe 4 du PNRI-C.

## 7. Annexes

## ANNEXE 1 : Caractéristiques structurelles des FTB

- FTB « Centre-Val de Loire »

### 8 ilots parcellaires

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1 Sol superficiel irrigué	20,1 ha	R1C1	Colza d'Hiver	6,7
		R1C2	Blé Tendre d'Hiver	6,7
		R1C3	Blé Tendre d'Hiver	6,7
R2 Sol sup irr	7,5 ha	R2C1	Mais	2,5
		R2C2	Blé Tendre d'Hiver Am	2,5
		R2C3	Orge de Printemps	2,5
R3 Sol sup irr	9,9 ha	R3C1	Mais	3,3
		R3C2	Blé Tendre d'Hiver Am	3,3
		R3C3	Blé Tendre d'Hiver	3,3
R4 Sol prof irr	27,6 ha	R4C1	Colza d'Hiver	9,2
		R4C2	Blé Dur d'Hiver	9,2
		R4C3	Orge d'Hiver	9,2
R5 Sol prof irr	25,2 ha	R5C1	Betterave	6,3
		R5C2	Blé Dur d'Hiver	6,3
		R5C3	Colza d'Hiver	6,3
		R5C4	Blé Tendre d'Hiver Am	6,3
R6 Sol prof irr	25,2 ha	R6C1	Betterave	6,3
		R6C2	Blé Dur d'Hiver	6,3
		R6C3	Pomme de Terre	6,3
		R6C4	Blé Dur d'Hiver	6,3
R7 Sol prof irr	19,8 ha	R7C1	Mais	3,3
		R7C2	Blé Tendre d'Hiver Am	3,3
		R7C3	Blé Tendre d'Hiver	3,3
		R7C4	Pomme de Terre	3,3
		R7C5	Blé Dur d'Hiver	3,3
		R7C6	Orge de Printemps	3,3
R8 Sol prof irr	7,5 ha	R8C1	Mais	2,5
		R8C2	Blé Tendre d'Hiver Am	2,5
		R8C3	Orge de Printemps	2,5
Jachère			Jachère	7,5

### Comment lire le tableau

La ferme type betteravière « Centre-Val de Loire » est constituée de 8 ilots parcellaires (R1 à R8). Chaque ilot est constitué de 3 à 6 parcelles. L'ilot nommé R2 d'une superficie de 7,5 ha est constitué de 3 parcelles (R2C1 à R2C3) de 2,5 ha chacune. Sur la parcelle R2C1, la 1<sup>ère</sup> année est cultivée avec du maïs, la 2<sup>ème</sup> avec du blé tendre d'hiver amélioré et la 3<sup>ème</sup> année avec de l'orge de printemps. De la même manière, sur la parcelle R2C2 la 1<sup>ère</sup> année est cultivée avec du blé tendre d'hiver amélioré, la 2<sup>ème</sup> avec de l'orge de printemps et la 3<sup>ème</sup> année avec du maïs. Quant à la surface consacrée à la jachère, elle n'est pas affectée à un ilot ou à une parcelle particulière.

- **FTB « Ile de France, Yonne »**

*2 ilots parcellaires*

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1	100 ha	R1C1	Betterave	20
		R1C2	Blé tendre	20
		R1C3	Orge Hiver	20
		R1C4	Colza	20
		R1C5	Blé tendre	20
R2	60 ha	R2C1	Mais	20
		R2C2	Blé tendre	20
		R2C3	Orge Printemps	20
Jachère			Jachère	6

- **FTB « Marne, Aube »**

*4 ilots parcellaires*

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1 Craie	65,4 ha	R1C1	Betterave	10,9
		R1C2	Blé Tendre d'Hiver	10,9
		R1C3	Orge de Printemps	10,9
		R1C4	Colza d'Hiver	10,9
		R1C5	Blé Tendre d'Hiver	10,9
		R1C6	Orge de Printemps	10,9
R2 Craie	24 ha	R2C1	Orge d'Hiver	4,8
		R2C2	Luzerne	4,8
		R2C3	Luzerne	4,8
		R2C4	Luzerne	4,8
		R2C5	Blé Tendre d'Hiver	4,8
R3 Craie	27,2 ha	R3C1	Betterave	6,8
		R3C2	Blé Tendre d'Hiver	6,8
		R3C3	Pois de Printemps	6,8
		R3C4	Blé Tendre d'Hiver	6,8
R4 Craie	45,5 ha	R4C1	Betterave	9,1
		R4C2	Blé Tendre d'Hiver	9,1
		R4C3	Orge de Printemps	9,1
		R4C4	Colza d'Hiver	9,1
		R4C5	Blé Tendre d'Hiver	9,1
Jachère			Jachère	2,7

- **FTB « Picardie »**

*2 ilots parcellaires*

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1 Limon	109,6 ha	R1C1	Pomme de terre fécule	13,7
		R1C1'	Pomme de terre consommation	13,7
		R1C2	Blé Tendre d'Hiver	27,4
		R1C3	Betterave	27,4
		R1C4	Blé Tendre d'Hiver	27,4
R2 Limon	46,5 ha	R2C1	Colza d'Hiver	9,3
		R2C2	Blé Tendre d'Hiver	9,3
		R2C3	Betterave	9,3
		R2C4	Blé Tendre d'Hiver	9,3
		R2C5	Orge d'Hiver	4,7
		R2C5'	Orge de Printemps	4,7
Jachère			Jachère	3,8

- **FTB « Nord, Pas de Calais »**

*2 ilots parcellaires*

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1	60 ha	R1C1	Pomme de terre	15
		R1C2	Blé Tendre d'Hiver	15
		R1C3	Betterave	15
		R1C4	Blé Tendre d'Hiver	15
		R1C5	Pois de conserve	15
		R1C6	Blé Tendre d'Hiver	15
R2	10 ha	R2C1	Blé Tendre d'Hiver	10
		R2C2	Orge d'Hiver	10
		R2C3	Mais	10
Jachère			Jachère	4,0



- FTB « Normandie »

1 ilot parcellaire

Nom du Lot	Surfaces des lots	Nom des parcelles	Cultures	Surface par parcelle ha
R1	160 ha	R1C1	Lin fibre	20
		R1C2	Blé Tendre d'Hiver	20
		R1C3	Orge d'hiver	20
		R1C4	Mais	10
		R1C4'	Betterave	10
		R1C5	Colza	20
		R1C6	Blé Tendre d'Hiver	20
		R1C7	Pomme de terre	20
		R1C8	Blé Tendre d'Hiver	20
Jachère			Jachère	5

## ANNEXE 2 : Estimation des charges betteravières 2024 par département

Estimation 2024	Aisne	Eure	Seine Maritime	Somme	Nord-Pas de Calais	Marne	Oise	Alsace	Loiret	Eure et Loir	IDF	Aube	France 2024
<b>Charges variables</b>													
Semences	347	301	278	305	301	355	330	299	382	394	308	333	328
Engrais	479	364	497	434	337	536	482	585	362	410	482	515	457
Produits phytosanitaires	358	354	342	391	404	397	479	555	300	348	414	379	393
Irrigation	0	0	0	0	0	0	0	55	185	234	86	0	23
Fuel et lubrifiants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total charges variables</b>	<b>1184</b>	<b>1020</b>	<b>1117</b>	<b>1129</b>	<b>1042</b>	<b>1289</b>	<b>1291</b>	<b>1494</b>	<b>1229</b>	<b>1386</b>	<b>1290</b>	<b>1227</b>	<b>1201</b>
<b>Charges de structure</b>													
Itinéraire technique, avec Fuel lubrifiants (2)	944	944	944	944	944	988	944	1113	1113	1113	963	988	970
Entretien des bâtiments	16	19	16	34	22	18	20	32	5	26	12	10	19
Amortissements des bâtiments	10	57	102	52	23	61	62	68	15	28	9	32	38
Fermages payés	191	208	212	257	293	197	263	226	186	177	177	171	220
Frais financiers	26	23	29	29	51	29	23	19	19	25	18	19	29
Frais généraux	297	208	329	325	440	255	238	325	231	319	149	132	281
<b>Total charges structures</b>	<b>1484</b>	<b>1459</b>	<b>1632</b>	<b>1641</b>	<b>1773</b>	<b>1548</b>	<b>1550</b>	<b>1783</b>	<b>1568</b>	<b>1688</b>	<b>1328</b>	<b>1352</b>	<b>1557</b>
<b>MSA</b>	<b>96</b>	<b>80</b>	<b>129</b>	<b>128</b>	<b>132</b>	<b>117</b>	<b>103</b>	<b>112</b>	<b>77</b>	<b>109</b>	<b>96</b>	<b>112</b>	<b>116</b>
<b>Total coût de production par hectare</b>	<b>2764</b>	<b>2559</b>	<b>2878</b>	<b>2898</b>	<b>2948</b>	<b>2954</b>	<b>2944</b>	<b>3389</b>	<b>2873</b>	<b>3183</b>	<b>2714</b>	<b>2691</b>	<b>2873</b>