



LES CLÉS POUR OPTIMISER LA CONDUITE DES CIVE

Recommandations issues du projet RECITAL

CENTRE-EST

The logo for Recital features a stylized green arch above the word "Recital" in a bold, black, sans-serif font. A small graphic of two leaves, one green and one yellow, is positioned above the letter 'i' in "Recital".

Recital

Conduite des CIVE d'hiver

Où et comment les insérer dans les systèmes ?

Le choix d'une CIVE se raisonne sur l'ensemble de la succession culturale, en fonction des cultures principales qui la composent. Dans le centre Est, l'intégration de CIVE d'hiver entraîne une modification des rotations.

Rotation de référence (sans CIVE)	Avec CIVE
Colza → Blé → Orge	Blé → Orge d'Hiver → CIVE d'hiver → Tournesol
	Colza → Blé → CIVE d'hiver → Tournesol

Itinéraire technique des CIVE d'hiver

Choix d'espèces et de variétés

Les essais Arvalis et Dijon Céréales menés entre 2020 et 2022, sur des sols argilo-calcaires superficiels, mettent en avant l'intérêt des seigles fourragers seuls ou associés avec 20 % de légumineuses (Figure 1). Dans les conditions testées, les variétés de seigles forestiers et de triticales sont plus tardives.

Le choix de la céréale est à moduler selon les risques (Figure 2). Quelle que soit l'espèce, le choix variétal a son importance. L'avoine diploïde et l'orge ont, en tendance, un rendement inférieur à cause d'échecs liés au gel et à la Jaunisse Nanisante de l'Orge (JNO). On favorisera les variétés précoces à épiaison, pour récolter tôt et implanter la culture suivante.

L'introduction de légumineuses (20 à 30 %) en associations avec les céréales peut être un levier pour l'autonomie azotée du système. Bien que l'effet sur la culture alimentaire suivante n'ait pas été mis en évidence, ces associations, tout en maintenant la productivité, permettent d'apporter de l'azote aux digesteurs et donc dans les digestats.

Figure 1 : Distribution des rendements des principales espèces et mélanges de CIVE d'hiver des essais régionaux d'Arvalis et de Dijon Céréales. La synthèse de ces 8 essais ne met pas en évidence différences significatives inter-espèces récoltées entre 29 avril et 14 mai en Bourgogne (21) et en Haute-Marne (52).

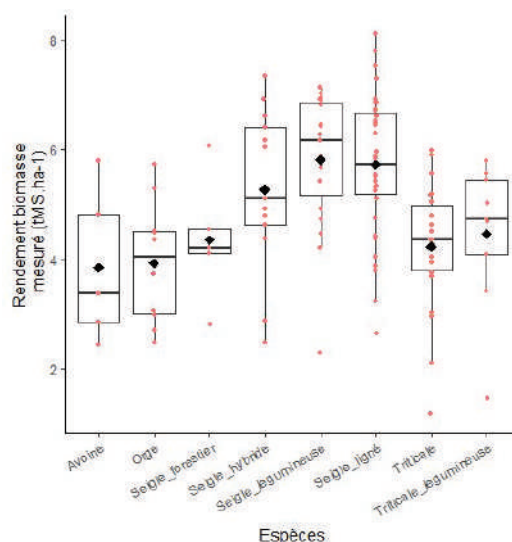
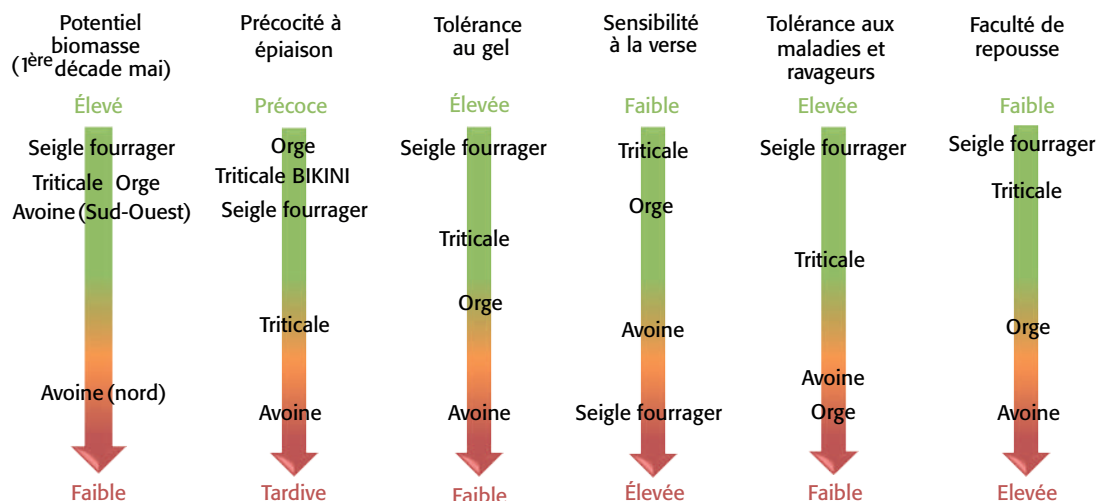


Figure 2 : Comparaison des profils des principales espèces de céréales en CIVE d'hiver : un compromis nécessaire.



Date de semis et densité

Un semis précoce au cours du mois de septembre est à privilégier pour favoriser une bonne implantation de la CIVE en entrée d'hiver. Le semis doit être particulièrement soigné pour assurer un démarrage rapide (cf. Les Clés pour optimiser la conduite des CIVE - Partie nationale). La date de semis peut être modulée selon l'enherbement et les bioagresseurs (pucerons, cicadelles, limaces). Des essais comparant un semis de fin septembre à un semis de fin octobre ont démontré un gain de biomasse de l'ordre de 1 tMS/ha en faveur du semis précoce. Les résultats d'essais présentés, ici, ont été conduits sans traitement insecticide et herbicide, décaler la date de semis peut laisser le temps de faire un faux semis pour maîtriser le salissement de la parcelle.

Une densité de semis élevée de 300 grains/m² pour la céréale pure permet d'assurer une bonne densité de pieds et de couvrir le rang pour limiter les concurrences des adventices. Pour les mélanges, la densité de légumineuses est de 40 grains/m² pour les vesces et 20 grains/m² pour les féveroles quand celle de la céréale peut être descendue à 240 grains/m².

Fertilisation – Exemple régional de calcul de dose prévisionnelle

Un apport d'azote en sortie d'hiver est recommandé pour assurer la production biomasse. La dose prévisionnelle d'azote sur CIVE d'hiver se calcule selon la méthode du bilan prévisionnel (cf. Les Clés pour optimiser la conduite des CIVE - Partie nationale). Un exemple de calcul dans un argilo-calcaire superficiel des plateaux de Bourgogne (21) est présenté Figure 3. La CIVE est un seigle, semé mi-septembre, avec un objectif de 8 tMS/ha, récolté 10/05.

Date de récolte, la recherche d'un compromis

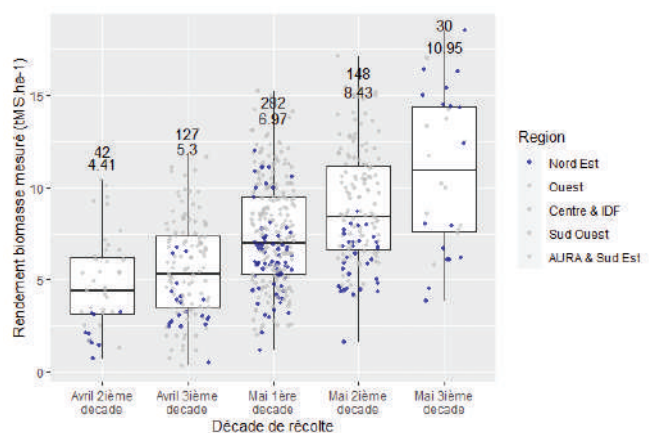
La date de récolte est avant tout un compromis entre le rendement biomasse de la CIVE et l'impact sur le rendement de la culture suivante. Dans l'Est, une récolte début mai permet d'atteindre un rendement de la CIVE de 6 tMS/ha, tout en maîtrisant les risques d'échecs sur la culture suivante. Entre fin avril et début mai, la CIVE gagne 1 à 2 tMS/ha par semaine (Figure 4). Mais une récolte au-delà du 15 mai, impactera fortement la culture principale suivante, en particulier dans les sols superficiels (cf évaluation technico-économique et environnementale).

Figure 3 : Exemple de calcul de dose d'azote prévisionnelle d'azote sur seigle dans un argilo-calcaire superficiel des plateaux de Bourgogne.

BESOINS		FOURNITURES (kgN/ha)	
Objectif de rendement (tMS/ha)	8	Reliquats d'azote sortie d'hiver- Ouverture bilan (RSH ou Ri)	7
		Quantité d'azote déjà absorbé en sortie d'hiver (Pi)	10
Besoin (kgN/tMS/ha)	13	Minéralisation des résidus du précédent (Mr)	-10
		Minéralisation de l'humus (Mh)	33
		Reliquats d'azote – fermeture bilan (Rf)	-25
▼		▼	
104		15	

→ $X = 104 - 15 = 89$

Figure 4 : Rendement biomasse des céréales pures par décade de récolte et grande région sur l'ensemble du réseau RECITAL (France entière). Les chiffres correspondent à l'effectif et à la médiane



*En rouge, les postes estimés à partir de la modélisation et en noir des hypothèses fixées par expertises. Les postes L (Pertes par lixiviation du nitrate), Nirr (Quantité d'azote apporté par l'eau d'irrigation), Mpro (Minéralisation de l'humus des pro) et Mhp (Minéralisation de l'humus des prairies) sont considérés égaux à zéro.

Conduite des CIVE d'été

Où et comment les insérer dans les systèmes ?

Toutes les successions ne peuvent pas intégrer des CIVE d'été. Des opportunités existent pour valoriser au mieux la séquence de 3 cultures en 2 ans. Les précédents les plus adaptés pour semer des CIVE d'été sont l'orge d'hiver et le pois d'hiver.

Rotation de référence (sans CIVE)	Avec CIVE
Colza → Blé → Orge	Colza → Blé → Orge → CIVE d'été → Orge de Printemps

Itinéraire technique des CIVE d'été

Choix d'espèces

Selon le contexte pédoclimatique, le choix de l'espèce dépend d'une recherche de compromis entre le coût et l'opportunité du semis (cf. Recommandations partie nationale). Les données d'essais du réseau RECITAL (France entière) ne permettent pas de discriminer les différentes espèces et mélanges. Dans le Centre Est, les risques d'échecs des CIVE d'été sont élevés (figure 5). Dans les argilo-calcaire superficiels, le choix d'espèces à faible coût est à privilégier telles que des sorghos multicoups en purs ou en mélanges.

Date de semis et date de récolte

La date de semis est l'une des clés de la réussite des CIVE d'été. L'objectif est de semer avant le 10 juillet, juste après la récolte du précédent (Figure 6). Semer avec peu de travail du sol permet de gagner du temps pour profiter de l'humidité résiduelle à la surface du sol.

La récolte aura lieu début octobre (objectif de 25-30 % de matière sèche). Des récoltes plus tardives augmentent les risques sans assurer un gain significatif de rendement sur une période où l'offre climatique est restreinte pour ces cultures d'été.

Figure 5 : Rendement et teneur en matière sèche de CIVE d'été sol argilo-calcaire superficiel (Savigny-le-sec, 21) en 2019 et 2020, essais non irrigués et non fertilisés, semés le 25/07/2019 et le 10/07/2020 et récoltés respectivement le 16/10/2019 et le 26/10/2020.

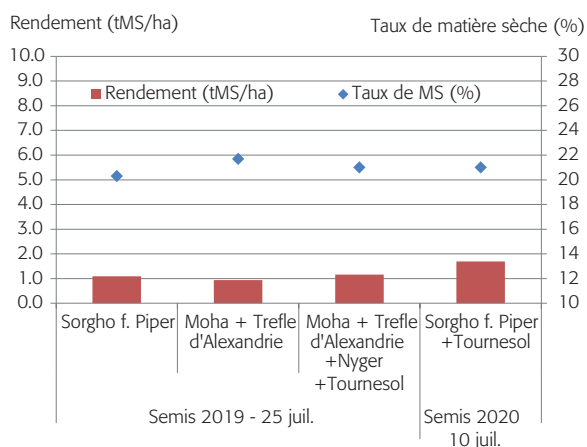
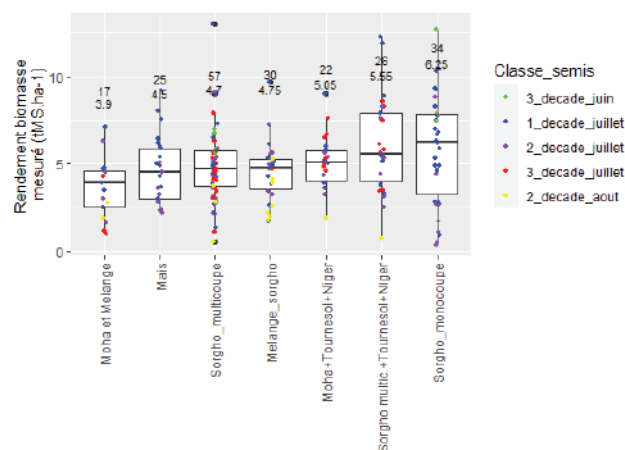


Figure 6 : Rendement de différentes espèces et mélanges de CIVE d'été du réseau RECITAL (France entière) par décennie de semis. Les chiffres correspondent à l'effectif et à la médiane.





Evaluation technico-économique et environnementale

L'évaluation technico-économique a été réalisée à partir d'une exploitation agricole représentative du plateau de Bourgogne, dans la zone Centre Est. Cette ferme s'étend sur 210 ha et emploie 1,1 UTH - unité de travailleur humain. Afin de comparer une situation avec CIVE et sans CIVE, l'assolement de référence sans CIVE a été modifié pour y intégrer des rotations avec des CIVE. Ces deux assolements sont présentés dans le tableau 1.

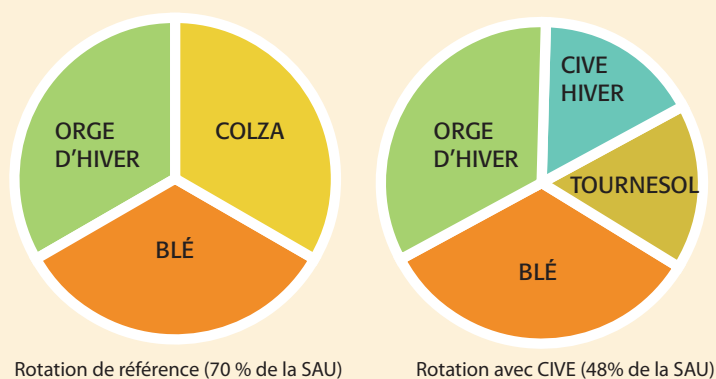


Tableau 1 : Assolements de la ferme plateau de Bourgogne

Culture	Assolement sans CIVE (ha)	Assolement avec CIVE (ha)
Blé tendre	66.6	58
Colza	66.6	25
Jachère	10	10
Orge d'hiver	50	58
Orge de printemps	16.6	12.5
Tournesol	0	45.8

Plusieurs rotations au sein de cette exploitation ont été étudiées. La rotation 1 est présentée plus en détails. La CIVE d'hiver y est insérée en modifiant la rotation de référence.

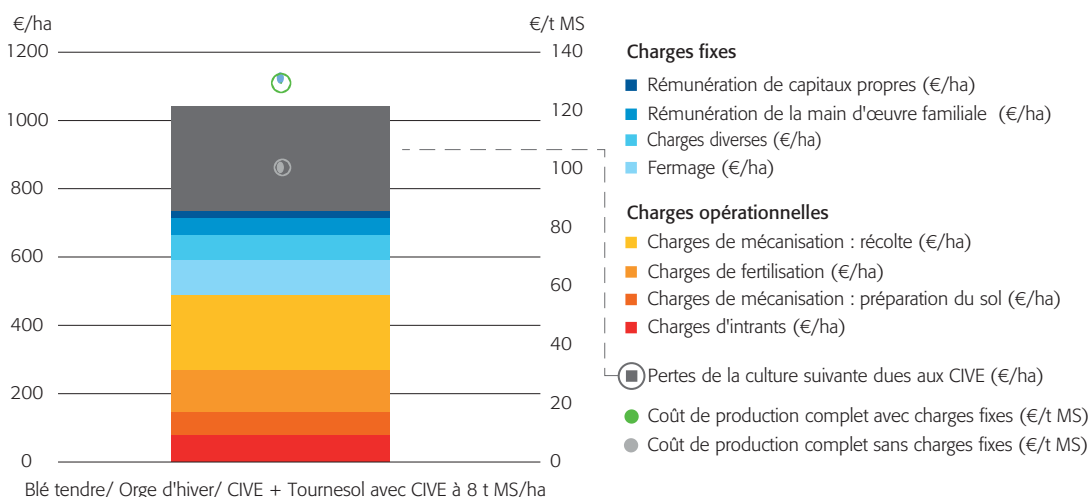
Coût de production d'une CIVE d'hiver

Le coût de production complet de la CIVE (€/t) correspond à la somme de toutes les charges fixes et opérationnelles. Dans cet exemple, les charges fixes sont réparties à part égale sur les trois cultures produites en deux ans. La perte de rendement sur la culture suivante est incluse dans les calculs de coût. Ces résultats ont été construits dans le contexte de prix de l'année 2020.

Les coûts de production des CIVE sont propres au système dans lequel elles s'insèrent. Chaque producteur doit donc évaluer et ventiler ses coûts.

Pour en savoir plus : https://youtu.be/_3gnfFSU19w.

Figure 1 : Exemple pour une CIVE d'hiver ayant produit 8 tMS/ha et récoltée dans la 1ère décade de mai.



Evaluation multicritère du système de culture à l'échelle de l'exploitation agricole

Marge nette de la rotation : un compromis entre la récolte de la CIVE et le semis de la culture alimentaire suivante

La marge nette de la succession CIVE d'hiver + tournesol a été calculée en fonction de plusieurs dates de récolte des CIVE. Le rendements de la CIVE et du tournesol sont impactés de la manière suivante (Tableau 2).

La date de référence pour le semis du tournesol étant fixée fin avril, le tournesol est à son potentiel maximal dans les deux premières situations. Plusieurs scénarios de prix de vente du tournesol et de la CIVE rendue silo ont été considérés.

Tableau 2 : Hypothèses de rendement de la CIVE et du tournesol en fonction des dates de récolte de la CIVE

Date de récolte de la CIVE	Rendement CIVE (tMS/ha)	Rendement tournesol (t/ha)
15 avril	3	1.5
25 avril	6	1.5
5 mai	8	1.3
15 mai	10	1

L'optimisation de la marge nette de la double culture dépend des prix de vente de la CIVE et du tournesol. Pour optimiser la rentabilité de la succession CIVE + culture suivante, les producteurs peuvent jouer sur la date de semis de la culture principale en la retardant plus ou moins par rapport à une référence sans CIVE. La CIVE reste alors en place plus ou moins longtemps pour optimiser sa production. Cette marge de manœuvre s'exprime en nombre de jours entre la date de semis de référence de la culture principale (situation sans CIVE) et la date de semis de la culture suivante après CIVE – date qui se trouve être également la date de récolte de la CIVE (Figure 2). Par exemple, si le prix de vente du tournesol est de 490 €/t et le prix de vente de la CIVE est de 100 €/t, la marge nette globale est maximisée lorsqu'on récolte la CIVE et sème le tournesol 26 jours après la date de référence au 15 avril.

Ce tableau est un support de réflexion mais les résultats sont très dépendants des hypothèses de rendements des cultures, et varient d'une année climatique à l'autre. D'autre part, il faut prendre avec précaution les dates de semis tournesol après le 15 mai qui occasionnent des risques d'échecs fréquents de la culture.

Figure 2 : Estimation du nombre de jour de décalage entre la date de semis de référence de la culture principale (15/04) et la date de semis après une CIVE pour maximiser la marge nette de la succession CIVE + culture suivante

Prix CIVE (€/t)	Prix tournesol (€/t)								
	250	280	310	340	370	400	430	460	490
70	29	28	27	26	25	24	23	23	22
80	30	29	28	27	26	26	25	24	23
90	31	30	29	28	27	27	26	25	25
100	32	31	30	29	28	28	27	26	26
110	32	31	31	30	29	28	28	27	27
120	33	32	31	31	30	29	29	28	27
130	33	33	32	31	31	30	29	29	28
140	34	33	32	32	31	31	30	29	29

Evaluation multicritère : comparaison entre les deux rotations avec et sans CIVE grâce à plusieurs indicateurs - Rotation 1

Dans le cadre des hypothèses prises pour ce travail, les indicateurs évoluent de la manière suivante :

TEMPS DE TRAVAIL

3.3 h/ha → 3.8 h/ha

+ 13 %

Avec des pics de travail au semis et à la récolte. Sur l'ensemble de l'exploitation, le changement est moins fort avec une réorganisation des chantiers et la modification de l'assolement.

PRODUCTION D'ÉNERGIE SUPPLÉMENTAIRE

+ 28 %



Chauffage pour
1 maison/ha

22 813 km/ha

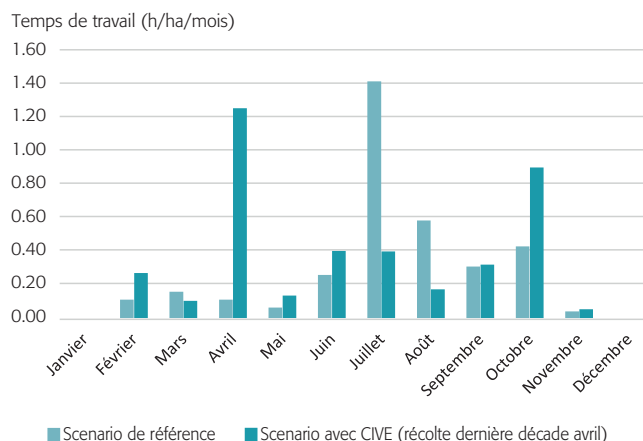
IFT : INDICE DE FRÉQUENCE DE TRAITEMENT

5.8 → 4.0

- 31 %

Diminution de l'IFT principalement due au changement de rotation.

Figure 3 : temps de travail...



Evaluation du coût de production de l'énergie à l'échelle de l'unité de méthanisation

Le coût de l'énergie produite est calculé en fonction des unités de méthanisation représentatives du développement dans le Centre Est et des substrats avec et sans CIVE associés.

Ces résultats sont valables dans le cadre des hypothèses de substrats et coûts considérés dans un contexte de prix de l'année 2020. Les références utilisées sont issues de l'étude prodige 2 (Tableau 3).

Pour des unités de forte puissance, les substrats avec CIVE, malgré des investissements plus élevés, permettent d'obtenir des coûts de l'énergie légèrement inférieurs à ceux obtenus avec le mix de substrat sans CIVE.

Figure 4 : Equilibre entre coût de production et prix de vente. Exemple pour l'unité à injection 250 Nm³/h.

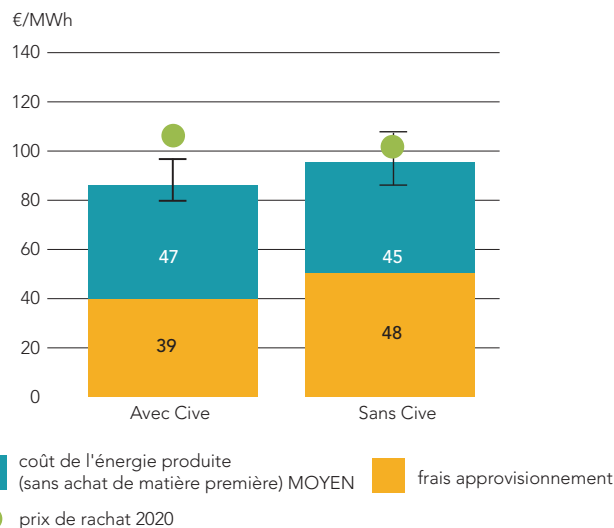


Tableau 3 : Hypothèses pour le calcul du coût complet de l'énergie produite avec un mixte de substrats sans CIVE ou avec CIVE.

Type d'unité et débit/puissance	Injection 250 Nm ³ /h		Cogénération 300	
	CIVE	Sans CIVE	CIVE	Sans CIVE
Composition du substrat	CIVE (20%) + Effluents (65%) + Cultures dédiées (15%)	Effluent d'élevage (62%) + Résidus de culture (5%) + Culture dédiée (15%) + Déchets d'IAA (18%)	CIVE (20%) + Effluents (65%) + Cultures dédiées (15%)	effluent d'élevage (62%) + Résidus de culture (5%) + Culture dédiée (15%) + Déchets d'IAA (18%)
Investissement total (k€)	35	33	7	8
Frais de fonctionnement moyen (k€)	440	440	187.5	187.5
Frais d'approvisionnement (k€)	878	109	158	229
Coût complet de l'énergie produite (€/MWh)	86	94	203	231

Contacts

ARVALIS, Diane CHAVASSIEUX - d.chavassieux@arvalis.fr

AAMF, Elsa ROUCHES - elsa@aamf.fr



Membre de :



Partenaire technique ACTIA



avec le soutien de :



avec la participation de :

