



SYNTHÈSE DES PLANS DE PRÉVENTION ET D'ÉCO-CONCEPTION DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE



SOMMAIRE

1. Cadre de travail.....	5
2. Recueil de données.....	6
3. Catégorie A : réduction des ressources non renouvelables	8
3.1 Critère P1 « Seuil bilan carbone »	8
Modifications apportées au critère P1 « Seuil bilan carbone ».....	9
Commentaires apportés au critère P1 « Seuil bilan carbone »	12
3.2 Critère P2 « Seuil quantité d'argent ».....	13
Modifications apportées au critère P2 « Seuil quantité d'argent »	14
Commentaires apportés au critère P2 « Seuil quantité d'argent »	15
3.3 Critère P3 « Garantie produit »	15
Modifications apportées au critère P3 « Garantie produit ».....	17
Commentaires apportés au critère P3 « Garantie produit ».....	18
4. Catégorie B : Accroissement de l'utilisation de matières recyclées	19
4.1 Critère P4 « Taux du contenu recyclé »	19
Modifications apportées au critère P4 « Taux du contenu recyclé ».....	20
Commentaires apportés au critère P4 « Taux du contenu recyclé ».....	21
5. Catégorie C : Accroissement de l'utilisation de matières recyclées	22
5.1 Critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage ».....	22
Modifications apportées au critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »	23
Commentaires apportés au critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »	23
5.2 Critère P6 « Marquage du verre solaire ».....	24
Modifications apportées au critère P6 « Marquage du verre solaire ».....	25
Commentaires apportés au critère P6 « Marquage du verre solaire »	26
5.3 Critère P7 « Substances dangereuses ».....	26
Modifications apportées au critère P7 « Substances dangereuses »	27
Commentaires apportés au critère P7 « Substances dangereuses »	28
6. Autres initiatives proposées.....	29
Autres initiatives - Réduction des ressources non renouvelables	29
Autres initiatives - Accroissement de l'utilisation de matières recyclées	29
Autres initiatives - Accroissement de la recyclabilité des équipements	30
Autres initiatives - Hors catégorie.....	30
7. Conclusions.....	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Représentative des plans soumis sur l'ensemble de la filière PV	6
Figure 2 - Représentativité vis-à-vis de la puissance mise sur le marché 2020-2023.....	7
Figure 3 - Conformité des plans soumis	7
Figure 4 - Définition du critère P1 « Seuil bilan carbone »	8
Figure 5 - Tendances d'adoption du critère P1	8
Figure 6 - Critère P1. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	9
Figure 7 - Tendances seuil bilan carbone année 2024	10
Figure 8 - Tendances seuil bilan carbone année 2026	10
Figure 9 - Tendances seuil bilan carbone année 2028	11
Figure 10 - Tendances seuil bilan carbone année 2030	11
Figure 11 - Proposition d'un autre calendrier progressif.....	12
Figure 12 - Définition du critère P2 « Seuil quantité d'argent »	13
Figure 13 - Tendances d'adoption du critère P2	13
Figure 14 - Critère P2. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	14
Figure 15 - modifications du critère P2	15
Figure 16 - Définition du critère P3 « Garantie produit »	16
Figure 17 - Tendances d'adoption du critère P3	16
Figure 18- Critère P3. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	17
Figure 19 - Modifications du critère P3.....	18
Figure 20 - Définition du critère P4 « Taux du contenu recyclé ».....	19
Figure 21 - Tendances d'adoption du critère P4	19
Figure 22 - Critère P4. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	20
Figure 23 - Modifications du critère P4.....	21
Figure 24 - Définition du critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »	22
Figure 25 - Tendances d'adoption du critère P5	22
Figure 26 - Critère P5. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	23
Figure 27 - Définition du critère P6 « Marquage du verre solaire »	24
Figure 28 - Tendances d'adoption du critère P6	24
Figure 29 - Critère P6. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	25
Figure 30 - Modifications du critère P6.....	25
Figure 31 - Définition du critère - Définition du critère P6 « Marquage du verre solaire »	26
Figure 32 - Tendances d'adoption du critère P7	27
Figure 33 - Critère P7. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance	27
Figure 34 - Modifications du critère P7.....	28

Introduction

Ce document récapitule les plans de prévention et d'éco-conception soumis par les producteurs de la filière photovoltaïque à l'éco-organisme Soren, conformément à l'[article L. 541-10-12](#) du Code de l'environnement. Cet article impose aux producteurs relevant d'une filière à responsabilité élargie du producteur (REP) de définir des critères de performance environnementale visant à réduire l'impact environnemental de leurs produits sur les ressources et les déchets.

La synthèse présente d'abord une analyse des tendances d'adoption des 7 critères de prévention et d'éco-conception définis par l'étude effectuée par le CEA INES, qui a dirigé un groupe de travail national pendant l'année 2023-2024, composé d'acteurs de la filière photovoltaïque volontaires.

Cette analyse permet d'identifier les pratiques actuelles, les freins et les leviers à l'intégration de ces critères dans la conception, recyclage et valorisation des modules photovoltaïques. La synthèse présente aussi d'autres critères pertinents, qui pourraient être pris en compte par les acteurs de la filière photovoltaïque.

L'étude menée par le CEA INES a défini 7 critères de prévention et d'éco-conception adaptés au contexte technologique, économique et réglementaire de la filière. Le groupe de travail a suivi une méthodologie participative et transparente, comprenant une analyse bibliographique, des entretiens individuels, des votes via des formulaires et des réunions collectives.

Les 7 critères de prévention et d'éco-conception, peuvent être consultés plus en détail dans le document « [Mise en place des critères d'éco-conception applicables à la filière photovoltaïque](#) ». Ils couvrent les trois objectifs définis par le Code de l'environnement : la réduction des ressources non renouvelables, l'accroissement de l'utilisation de matières recyclées et l'accroissement de la recyclabilité des équipements.

Cette synthèse a pour but de rendre public les résultats du groupe de travail, et les engagements en matière d'éco conception et prévention des déchets pris par les adhérents de l'éco-organisme SOREN.

Afin de respecter la confidentialité des producteurs de la filière photovoltaïque et des plans soumis, les résultats sont présentés de manière agrégée et anonymisée.

1. Cadre de travail

En vertu de l'article L. 541-10-12 du Code de l'Environnement, Soren a accompagné les adhérents de la filière photovoltaïque dans la réalisation du plan individuel de prévention et d'éco-conception, en proposant l'adoption d'une trame « [Trame du plan de prévention et d'éco-conception pour les panneaux photovoltaïques](#) ».

Chaque producteur disposait de la liberté d'élaborer son propre plan de prévention et d'éco-conception. Dans ce contexte, si les critères énoncés dans la trame proposée coïncidaient avec les initiatives que chaque adhérent a mise en place ou a envisagé dans le cadre de ses démarches de prévention et d'éco-conception, l'adhérent pouvait choisir d'adopter ces critères. De manière similaire, si les critères suggérés ne s'alignaient pas avec les politiques de prévention et d'éco-conception des sociétés, elles avaient la possibilité de les ajuster ou de proposer de nouveaux critères.

Pour analyser ces plans, il sera pris en compte la puissance [Wc]¹ des panneaux photovoltaïques cumulée, mise sur le marché des années 2020 à 2023, ainsi que les 7 critères de prévention et d'éco-conception définis par le groupe de travail national piloté par le CEA INES. L'objectif est d'évaluer la tendance d'adoption de ces critères selon les plans reçus et d'en analyser l'impact vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et de la filière PV. Cette analyse permettra également de proposer des pistes d'amélioration et de valorisation pour les producteurs engagés dans une démarche d'éco-conception.

Pour situer l'ampleur des déclarations faites entre 2020 et 2023, les valeurs cumulées sont présentées :

- Nombre d'unités cumulées : 40 614 551 modules PV
- Tonnages cumulés : 912 878,24
- Puissance cumulée [MWc] : 15 612,76

Cette synthèse se base sur les grilles de lecture suivantes, mentionnées dans les figures à suivre :

- représentativité du nombre d'adhérents ayant soumis leur plan par rapport à l'ensemble des plans soumis

- représentativité du nombre d'adhérents ayant soumis leur plan par rapport à l'ensemble de la filière photovoltaïque

La représentativité du nombre d'adhérents ayant soumis leur plan par rapport à l'ensemble des plans soumis a été calculée prenant en compte la puissance mise sur le marché de chaque producteur au cours des 4 dernières années et comparée avec la puissance totale cumulée de l'ensemble des producteurs ayant soumis un plan.

La même analyse a été effectuée pour déterminer la représentativité des d'adhérents ayant soumis leur plan par rapport à l'ensemble de la filière PV. Dans ce cas, le calcul est effectué par rapport à la puissance totale cumulée de la filière PV au cours des 4 dernières années.

¹ Le watt-crête est la valeur qui permet d'indiquer la puissance maximale qu'un panneau solaire peut produire dans des conditions idéales. Le watt-crête joue un rôle essentiel pour évaluer la performance des panneaux solaires et dimensionner correctement les installations solaires.

Source : www.edfenr.com/lexique/watt-crete/

2. Recueil de données

131 plans de prévention et d'éco-conception ont été soumis par les producteurs de la filière photovoltaïque à l'éco-organisme Soren. Ces plans décrivent les mesures prises par les producteurs de la filière PV pour réduire l'impact environnemental de leurs produits sur les ressources et les déchets.

Parmi ces 131 plans (il est ainsi entendu qu'un plan peut regrouper plusieurs adhérents), 248 sociétés ont été identifiées. Ces sociétés regroupent aussi bien des fabricants français de modules que des importateurs, introducteurs, place de marché, revendeurs sous sa propre marque ou vendeurs à distance

Les 131 plans soumis (donc l'ensemble des sociétés) représentent 46% des producteurs de l'éco-organisme Soren (figure 1).

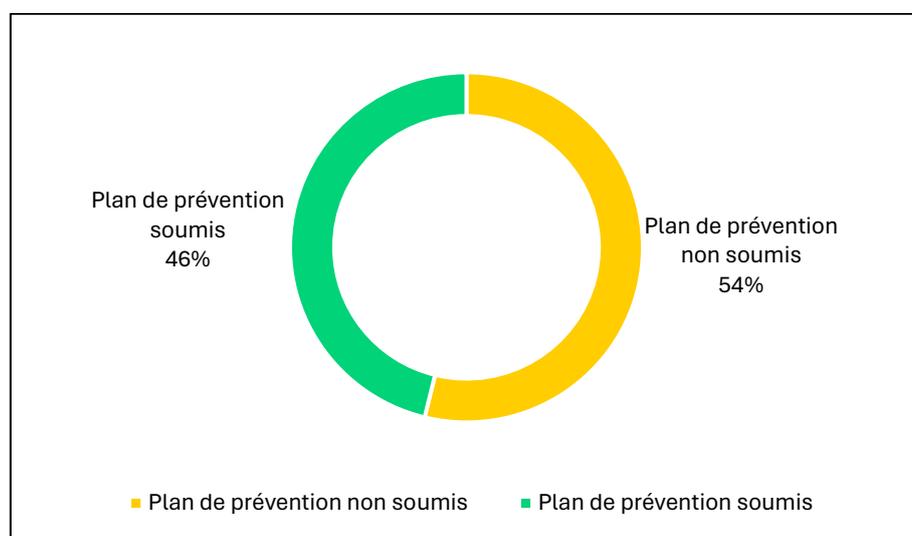


Figure 1 - Représentative des plans soumis sur l'ensemble de la filière PV

La représentativité des plans soumis vis-à-vis de la puissance mise sur le marché entre 2020 et 2023 est de 77% des producteurs de la filière photovoltaïque (figure 2).

Cela montre que les plans de prévention et d'éco-conception ont été adoptés par les principaux acteurs du secteur, qui sont conscients des enjeux environnementaux et réglementaires liés à leurs activités. Ces plans témoignent également de la diversité des technologies, des stratégies et des objectifs des producteurs, qui ont choisi de se prononcer sur les critères proposés par le groupe de travail national selon leur propre rythme et leurs propres contraintes.

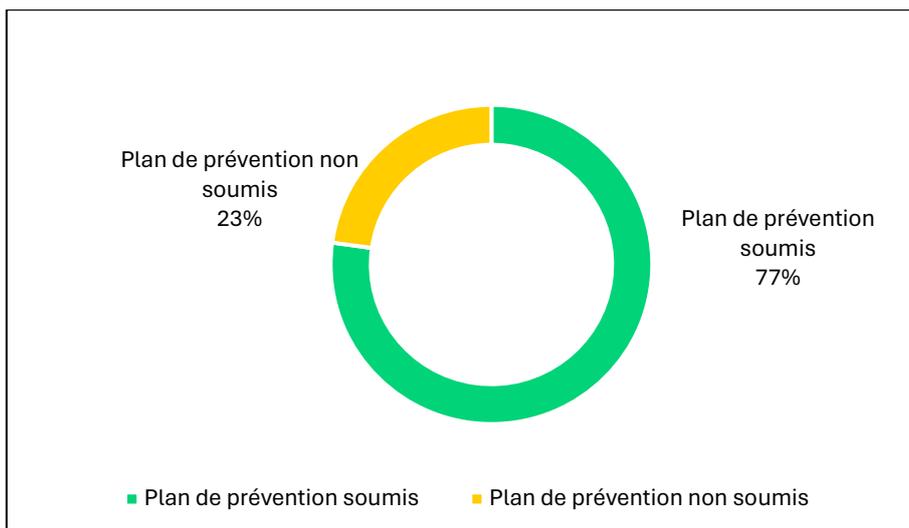


Figure 2 - Représentativité vis-à-vis de la puissance mise sur le marché 2020-2023

En examinant l'ensemble des plans soumis, la conformité est déterminée dès qu'au moins un critère est présenté ou adopté dans chacune des trois catégories (réduction des ressources non renouvelables, accroissement de l'utilisation de matières recyclées et accroissement de la recyclabilité des équipements). Sur les 131 plans soumis, 85% sont conformes (figure 3).

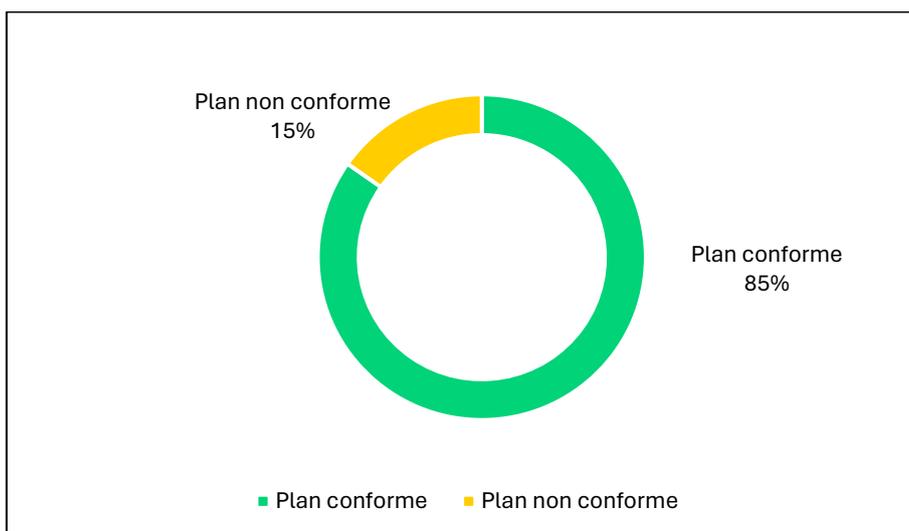


Figure 3 - Conformité des plans soumis

3. Catégorie A : réduction des ressources non renouvelables

3.1 Critère P1 « Seuil bilan carbone »

Le critère P1 « Seuil bilan carbone » de la catégorie A de la réduction des ressources non renouvelables est défini comme suit :

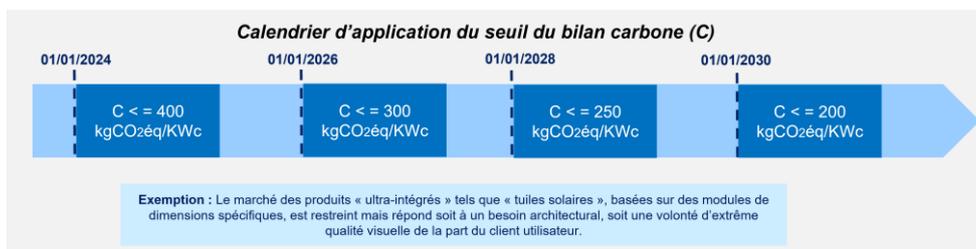


Figure 4 - Définition du critère P1 « Seuil bilan carbone »

La méthode Evaluation Carbone Simplifiée (ECS) appliquée aujourd'hui pour l'évaluation du bilan carbone dans le cadre des AO CRE sera adoptée pour le calcul du seuil bilan carbone, et servira de justificatif

La figure 5 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. Moins de 50% des acteurs ont adopté ou modifié le critère, 11,5% des acteurs ont adopté le critère sans y apporter de modification et 32,7% ont apporté une modification à la proposition.

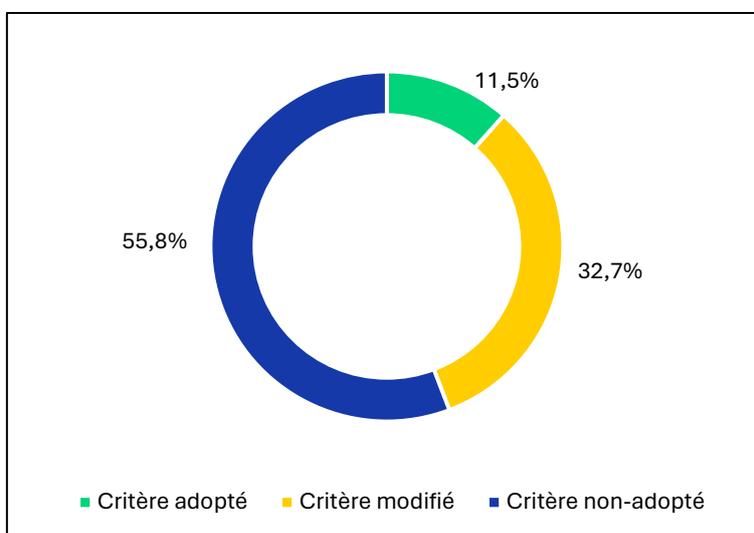


Figure 5 - Tendance d'adoption du critère P1

La figure 6 montre que les acteurs ayant adopté le critère ne constituent qu'une proportion faible concernant la puissance mise sur le marché, puisqu'ils représentent moins de 3% de l'ensemble de plans soumis et de la filière PV. Cependant, ceux qui ont modifié le critère ont une importance considérable, représentant plus de 60% pour les plans soumis et plus de 50% pour la filière PV.

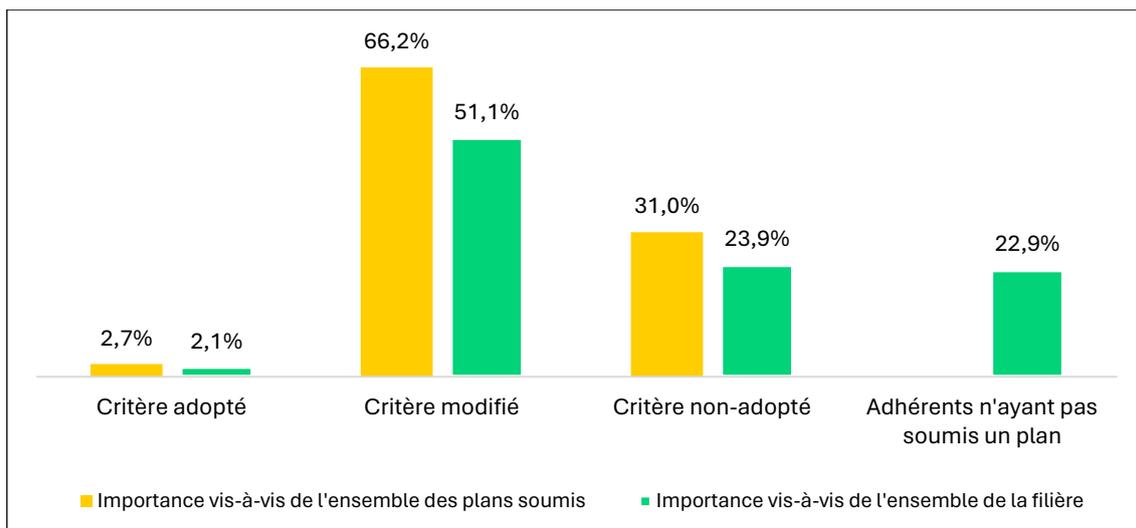


Figure 6 - Critère P1. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P1 « Seuil bilan carbone »

En ce qui concerne les modifications apportées par les acteurs au critère, la figure 7 montre que pour l'année 2024, près d'un quart des acteurs n'ont pas proposé de modification du seuil. Le seuil de $\leq 450 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$, qui est plus souple que le seuil de base, a une prédilection plus élevée, avec une adoption de 26,5% et un 14,7% des acteurs se situent au seuil de base $\leq 400 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$.

Pour les années 2026, 2028 et 2030, une large majorité des acteurs qui ont modifié le critère ne sont pas d'accord avec le seuil proposé pour chaque année respective, néanmoins, ils n'ont pas non plus proposé une modification.

Pour l'année 2026, 44,1% des acteurs n'ont pas proposé de modification du seuil, 17,6% se situent au seuil de $\leq 350 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$. Le seuil de base de $\leq 300 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$ a été adopté seulement par 5,9% des acteurs (figure 8).

Pour l'année 2028, 47,1% des acteurs n'ont pas proposé de modification du seuil, 17,6% se situent au seuil de $\leq 300 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$. Le seuil de base de $\leq 250 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$ a été adopté seulement par 8,8% des acteurs (figure 9).

Pour la dernière année du calendrier progressif, 41,2% des acteurs ne proposent pas de modification du seuil. Le seuil de base de $\leq 200 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$ a été adopté dans une plus grande mesure (14,7%) que les deux périodes précédentes. Le seuil de $\leq 300 \text{ kgCO}_2\text{éq/KWc}$ a eu aussi un taux d'adoption de 14,7% (figure 10).

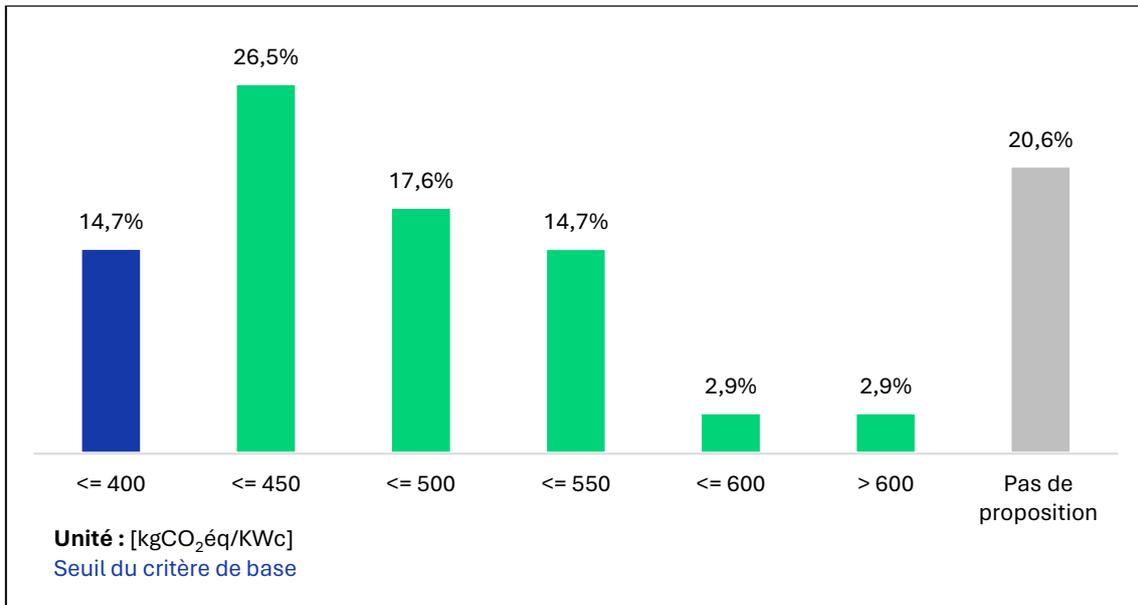


Figure 7 - Tendence seuil bilan carbone année 2024

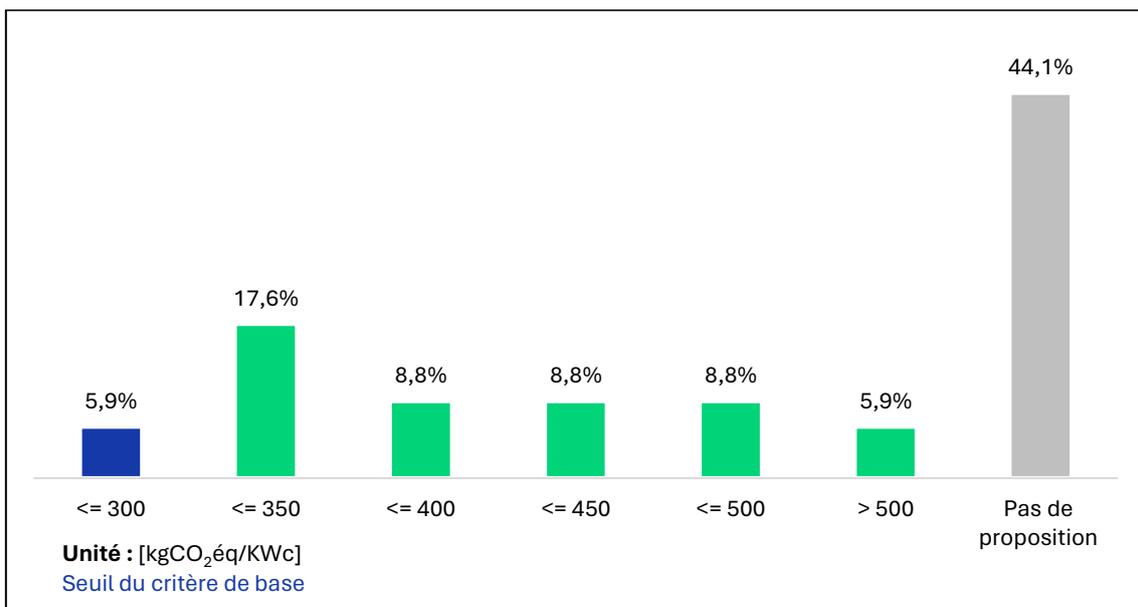


Figure 8 - Tendence seuil bilan carbone année 2026

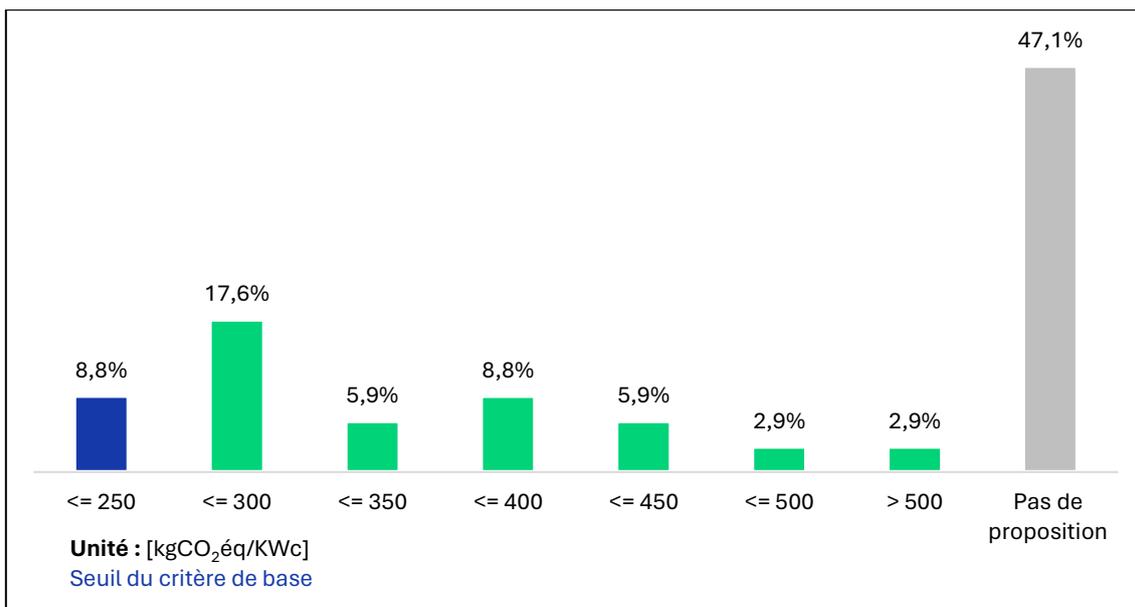


Figure 9 - Tendence seuil bilan carbone année 2028

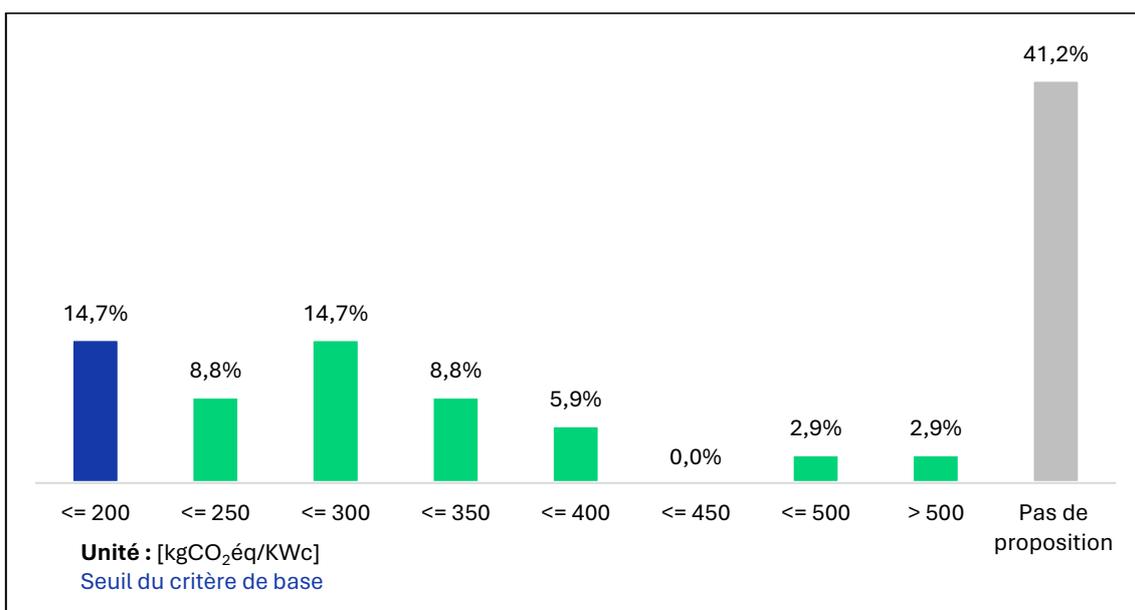


Figure 10 - Tendence seuil bilan carbone année 2030

Un autre calendrier progressif a également été proposé pour les périodes 2025, 2027 et 2029. Cependant, le taux d'adoption par rapport aux acteurs qui ont modifié le critère est faible (2,9% et 5,9%) et avec des taux de non-proposition supérieurs à 90% (figure 11).

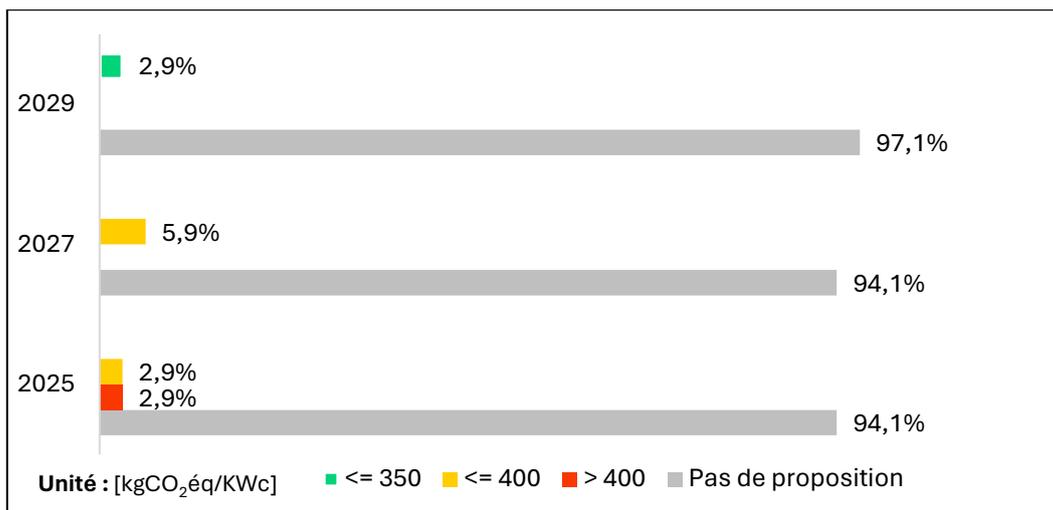


Figure 11 - Proposition d'un autre calendrier progressif

Parallèlement, un calendrier progressif par technologie de cellules solaires a été proposé et adopté à 5,9%. Ce calendrier est présenté ci-dessous :

Technologie de cellules solaires	2024	2026	2028	2030
MONO PERC	<=450	<= 400	<=350	//
TOPCon	<=500	<=350	<=300	<=300
HJT	//	<=300	<=300	<=250
XBC	//	<=350	<=300	<=300

Unité : [kgCO₂éq/KWc]

Commentaires apportés au critère P1 « Seuil bilan carbone »

Les plans soumis expriment plusieurs préoccupations concernant la mise en œuvre d'un calendrier progressif avec des seuils stricts en matière d'empreinte carbone.

Les principales inquiétudes portent sur la limitation du nombre de fournisseurs en raison des seuils trop contraignants, la nécessité d'une subvention pour les modules d'origine européenne, la difficulté à respecter le calendrier d'application des seuils et la pertinence de la méthode d'évaluation actuelle Evaluation Carbone Simplifiée (ECS).

Les acteurs soulignent également des problèmes liés à la disponibilité en volume et au surcoût des panneaux répondant aux seuils spécifiés. De plus, la complexité de l'évaluation carbone dans un contexte de sourcing auprès de fournisseurs européens et les défis liés à la production limitée de certains types de cellules solaires sont mentionnés.

En conclusion, les acteurs de la filière PV recommandent des seuils moins stricts et suggèrent l'utilisation d'autres méthodologies alternatives d'évaluation, telles que CRE4, PPE2, EPEAT² ou PEFCR³ dans une version adaptée à l'éco-conception.

² Electronic Product Environmental Assessment Tool. L'éco-label EPEAT fournit une méthodologie globale et standardisée pour mesurer et valider l'empreinte carbone des modules photovoltaïques, qui est basée sur la méthodologie française de l'Evaluation Carbone Simplifiée des Appels d'Offres de la CRE mais inclut également le cadre du module PV.

Source : Producteur anonyme

³ Product Environmental Footprint Category Rules

3.2 Critère P2 « Seuil quantité d'argent »

Le critère P2 « Seuil quantité d'argent » de la catégorie A de la réduction des ressources non renouvelables est défini comme suit :

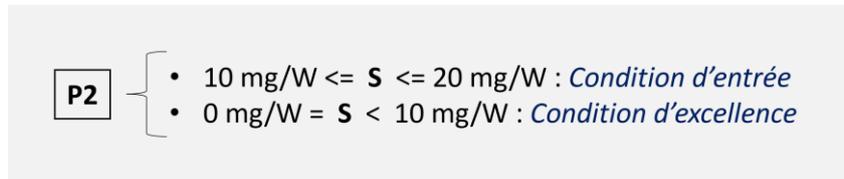


Figure 12 - Définition du critère P2 « Seuil quantité d'argent »

Il faut préciser qu'il s'agit de la quantité d'argent (mg/W) dans la cellule.

La figure 13 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. 44,8% des acteurs ont adopté le critère sans y apporter de modification et 8,6% ont apporté une modification à la proposition.

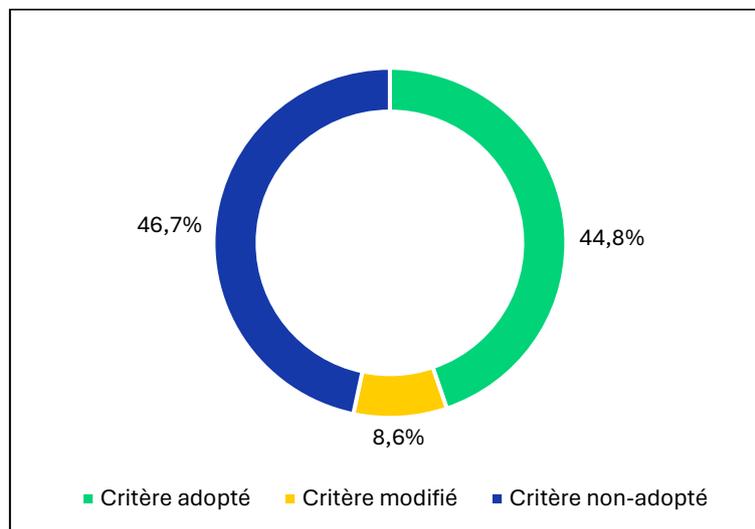


Figure 13 - Tendance d'adoption du critère P2

La figure 14 montre que les acteurs ayant adopté le critère constituent une proportion importante concernant la puissance mise sur le marché, puisqu'ils représentent plus de 62,9% de l'ensemble de plans soumis et 48,5% de la filière PV. Cependant, ceux qui n'ont pas adopté le critère ont une faible importance par rapport à la puissance mise sur le marché, car avec plus de 40% de non-adoption du critère, ils ne représentent que 22,3% de l'ensemble des plans soumis et 17,2% de l'ensemble de la filière PV.

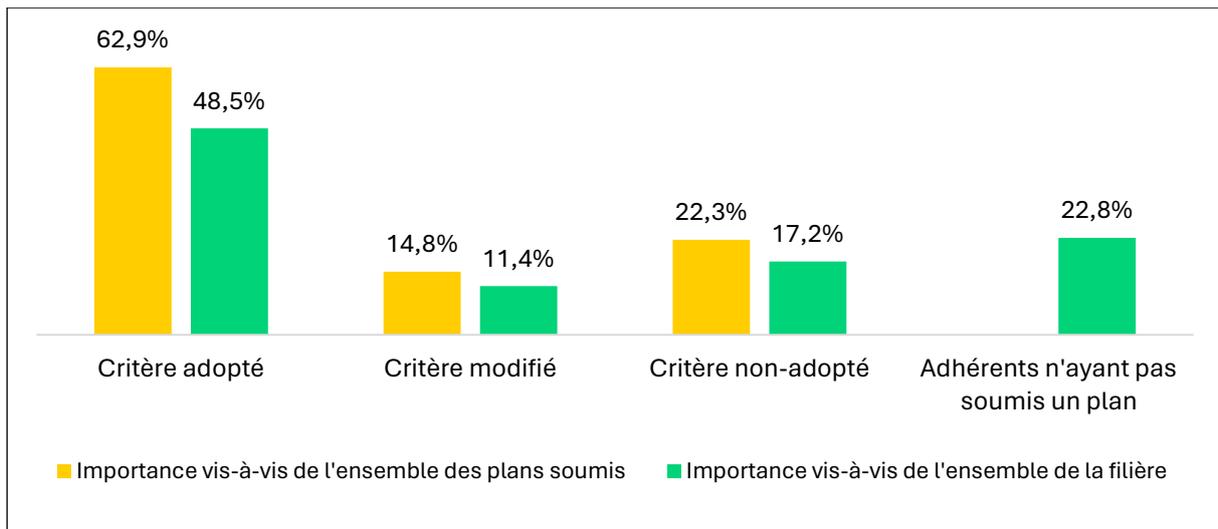


Figure 14 - Critère P2. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P2 « Seuil quantité d'argent »

Quatre modifications ont été apportées entre les plans soumis, qui sont décrites ci-dessous :

- **Modification I :**
Condition d'entrée : $10 \text{ mg/W} \leq S \leq 25 \text{ mg/W}$
Condition d'excellence : $0 \text{ mg/W} = S < 10 \text{ mg/W}$
- **Modification II :**
Condition d'entrée : $15 \text{ mg/W} \leq S \leq 20 \text{ mg/Wc}$
Condition intermédiaire : $10 \text{ mg/W} \leq S < 15 \text{ mg/W}$
- **Modification III :**
Condition d'entrée : $S < 20 \text{ mg/W}$
Condition d'excellence : $S = 0 \text{ mg/W}$ et les matières premières critiques présentes dans le produit sont récupérées en fin de vie
- **Modification IV :**
 $S < 20 \text{ mg/W}$ et dans les années à venir $S < 10 \text{ mg/W}$

Sur les 8,6% d'acteurs qui ont apporté une modification au critère, 66,7% ont proposé la « modification I ». Pour les autres modifications « II, III et IV », un taux d'adoption de 11,1% a été constaté pour chacune d'entre elles (figure 15).

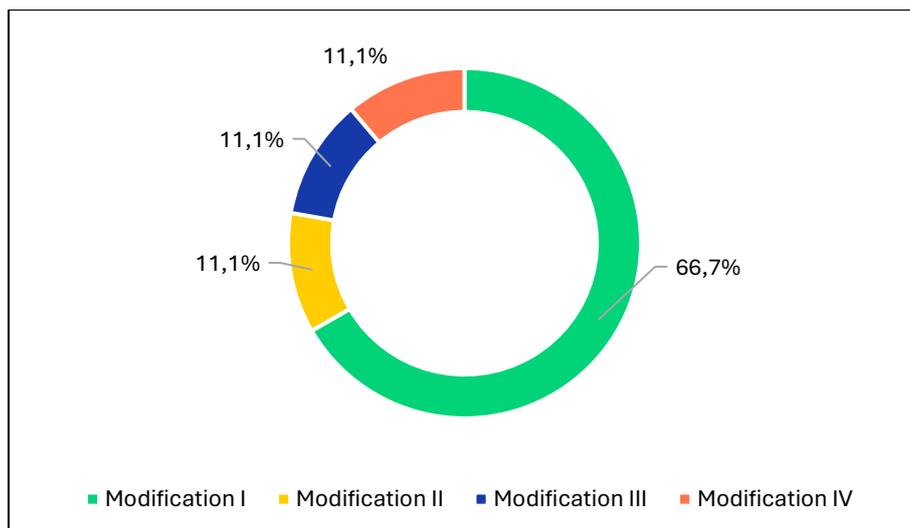


Figure 15 - modifications du critère P2

Commentaires apportés au critère P2 « Seuil quantité d'argent »

La remarque principale faite est liée au manque d'information relatif à cette donnée. Alors que les fabricants ont connaissance de la quantité d'argent présente dans leurs cellules, certains producteurs tels que les importateurs ou introducteurs se trouvent limités dans leur accès à cette information, cette dernière n'apparaissant pas dans les fiches techniques.

La seconde préoccupation est étroitement liée aux diverses technologies actuelles et futures des cellules. Actuellement, la quantité d'argent varie entre 9 mg/W et 25 mg/W, en fonction de la technologie utilisée et du type d'interconnexion dans le module. Notamment, la technologie PERC présente la plus faible teneur en argent, tandis que les technologies TOPCon et HJT affichent les concentrations les plus élevées.

Les plans soumis font état de la préoccupation quant au risque inhérent à la réduction de la qualité du produit par la diminution de la quantité d'argent dans les cellules.

En conclusion, la question demeure en suspens quant à la capacité des fabricants à communiquer de manière transparente les détails relatifs à la quantité d'argent en mg/W et aux impacts potentiels de ce critère sur le développement des modules type HJT.

3.3 Critère P3 « Garantie produit »

Le critère P3 « Garantie produit » de la catégorie A de la réduction des ressources non renouvelables est défini comme suit :



Figure 16 - Définition du critère P3 « Garantie produit »

La figure 17 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. 71,4% des acteurs ont adopté le critère et 5,7% ont apporté une modification à la proposition.

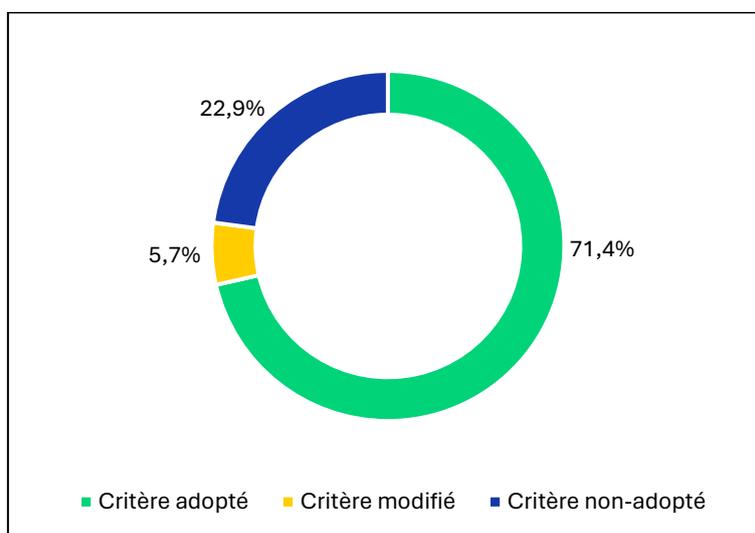


Figure 17 - Tendance d'adoption du critère P3

La figure 18 montre que les acteurs ayant adopté le critère constituent une proportion importante concernant la puissance mise sur le marché, puisqu'ils représentent un 70,8% de l'ensemble de plans soumis et plus de 50% de l'ensemble de la filière PV. Le 5,7% qui ont modifié le critère représentent également une proportion non négligeable.

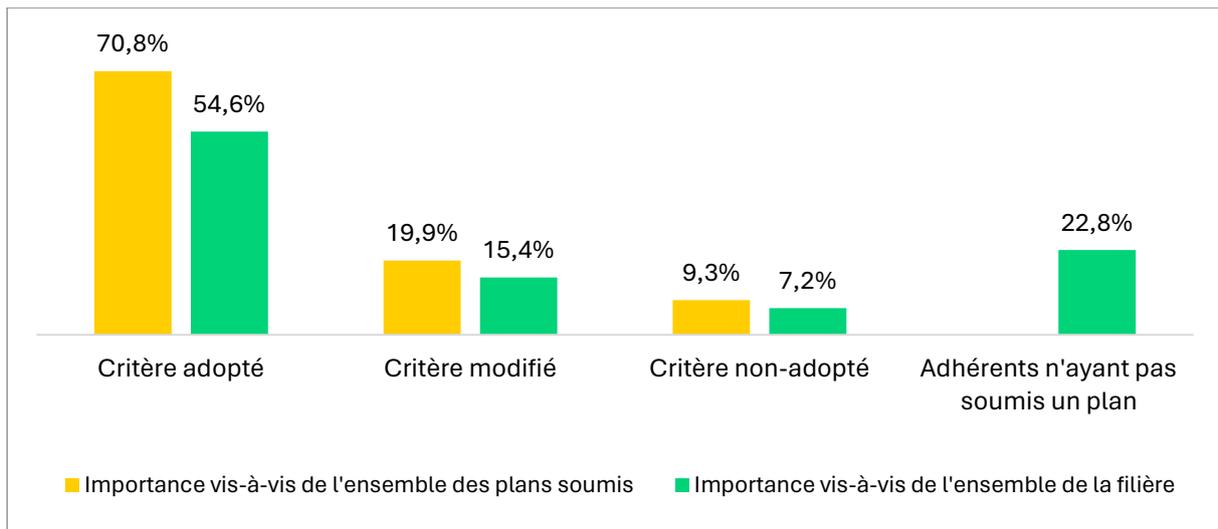


Figure 18- Critère P3. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P3 « Garantie produit »

Six modifications ont été apportées entre les plans soumis, qui sont décrites ci-dessous :

- **Modification I :**
Condition d'entrée : GP < 10 ans
- **Modification II :**
Condition d'entrée : GP minimal de 10 ans avec une amélioration en 2029 : GP = 15 ans
- **Modification III :**
Condition d'entrée : GP ≤ 15 ans
- **Modification IV :**
Condition d'entrée : GP ≥ 25 ans avec un calendrier progressif d'amélioration du seuil initial :
2024 : 70% - 2026 : 80% - 2028 : 95%
- **Modification V :**
Condition d'entrée : GP = 10 - 15 ans avec certificat IEC TS 63209
- **Modification VI :**
Condition d'entrée : GP = 25 ans avec certificat IEC TS 63209
Condition d'excellence : GP > 25 ans avec certificat IEC TS 63209

Sur les 5,7% des acteurs qui ont apporté une modification au critère, le taux d'adoption pour chaque modification apportée est de 16,7% (figure 19).

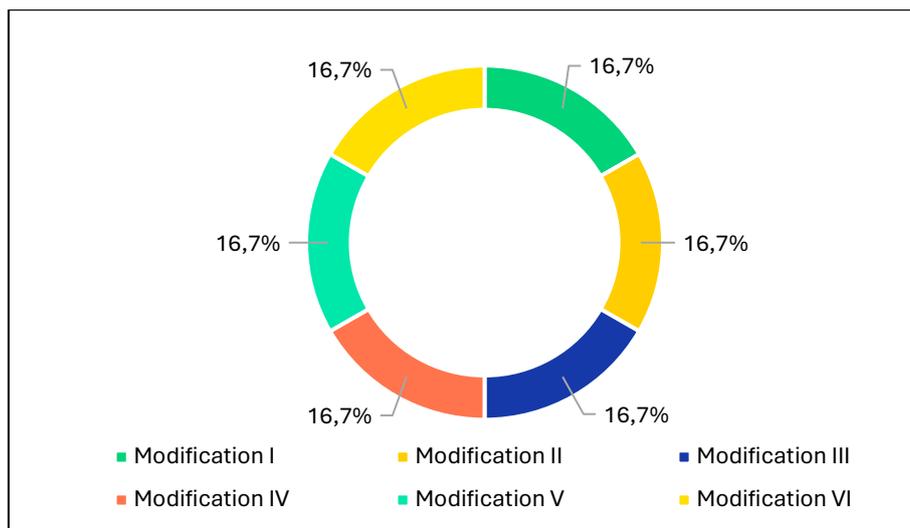


Figure 19 - Modifications du critère P3

Commentaires apportés au critère P3 « Garantie produit »

Les producteurs de la filière manifestent une forte volonté en ce qui concerne la qualité et la garantie des modules photovoltaïques. Un intérêt considérable est accordé à la mise en œuvre standardisée de la norme IEC TS 63209, laquelle pourrait constituer un moyen d'assurer la fiabilité du produit, indépendamment de la durée de la garantie produit établie par le fabricant.

L'allongement de la durée de vie effective du produit est le meilleur moyen de réduire les futurs déchets.

4. Catégorie B : Accroissement de l'utilisation de matières recyclées

4.1 Critère P4 « Taux du contenu recyclé »

Le critère P4 « Taux du contenu recyclé » de la catégorie B de l'accroissement de l'utilisation de matières recyclées est défini comme suit :



Figure 20 - Définition du critère P4 « Taux du contenu recyclé »

Un modèle de contrôle a été proposé par CERTISOLIS. Ce modèle contient deux options :

1. Justificatifs des quantités de composants avec le taux de recyclé entrant dans l'usine (le composant doit être attesté par le fournisseur avec une codification) et les quantités des modules sortants de l'usine → Estimation d'une moyenne par usine
2. Dans le cas où le fournisseur estime une production spécifique pour le marché français, il doit passer par une ACV pour prouver les valeurs avec une inspection sur site

La figure 21 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. 57,1% des acteurs ont adopté le critère et 9,5% des acteurs ont apporté une modification à la proposition.

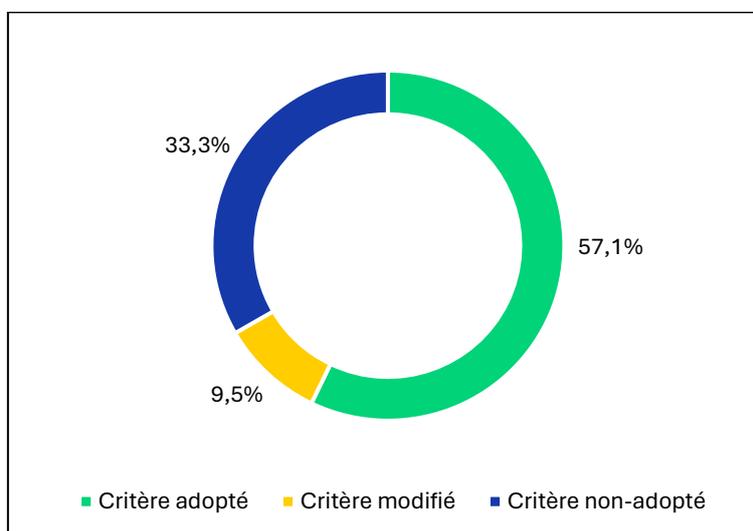


Figure 21 - Tendance d'adoption du critère P4

La figure 22 montre que les acteurs ayant adopté le critère constituent une proportion importante concernant la puissance mise sur le marché, puisqu'ils représentent 59,9% de l'ensemble de plans soumis et 46,3% de l'ensemble de la filière PV.

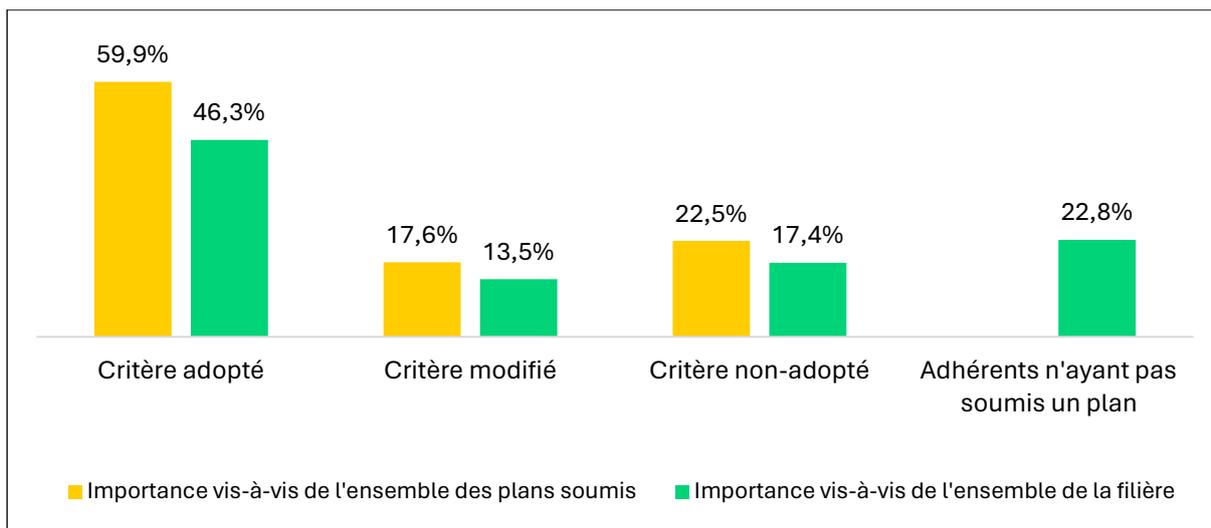


Figure 22 - Critère P4. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P4 « Taux du contenu recyclé »

Cinq modifications ont été apportées entre les plans soumis, qui sont décrites ci-dessous :

- Modification I :**
Condition d'entrée : $0\% \leq CR (\%) \leq 5\%$
Condition d'excellence : $CR (\%) > 5\%$
- Modification II :**
Condition d'entrée : $0\% = CR (\%)$
Condition intermédiaire : $0\% \leq CR (\%) \leq 2,5\%$
Condition d'excellence : $CR (\%) > 2,5\%$
- Modification III :**
Condition d'entrée : Un taux de récupération de qualité $\geq 90\%$ dans les 5 prochaines années
- Modification IV :**
Condition d'entrée : Utilisation d'aluminium recyclé dans le cadre (au moins 5 % du poids total)
- Modification V :**
Condition d'entrée : Déclaration du contenu recyclé dans le produit (critère EPEAT 6.1.1⁴) et taux global minimum de 5 % de contenu recyclé dans le produit
Condition d'excellence : Contenu recyclé du produit (critère EPEAT 6.1.2)

⁴ Les critères EPEAT 6.1.1 et 6.1.2 encouragent la divulgation et l'utilisation de contenu recyclé dans le produit.

Parmi les acteurs ayant apporté des modifications au critère, 60% ont opté pour la « modification I ». Pour les modifications "II, III et IV", un taux d'adoption de 10% a été observé pour chacune d'entre elles (figure 23).

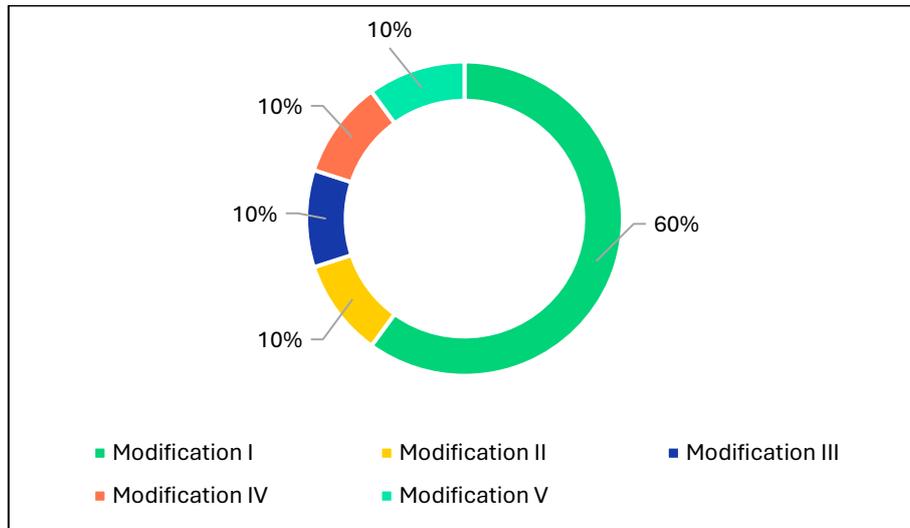


Figure 23 - Modifications du critère P4

Commentaires apportés au critère P4 « Taux du contenu recyclé »

Plusieurs préoccupations majeures relatives à la transparence dans la communication sur le contenu recyclé des modules photovoltaïques se présentent. La constatation selon laquelle les sous-traitants rendent confidentiels les taux de contenu recyclé soulève des questions sur la nécessité de normaliser ces informations. L'appel à l'établissement de normes ou de références de marché pour les taux de contenu recyclé, applicables aux sous-traitants des fournisseurs, suggère une volonté de créer un cadre réglementaire pour assurer la transparence et la cohérence dans toute l'industrie photovoltaïque.

Les fabricants sont appelés à la nécessité d'inciter l'utilisation des matériaux recyclés lors de la fabrication des modules.

Malgré le souhait d'accroître l'utilisation de contenu recyclé, la filière PV rencontre également des obstacles tels que la disponibilité limitée, la qualité et les coûts élevés des produits recyclés, mettant en évidence les défis pratiques et économiques dans la transition vers des modules éco-conçus.

5. Catégorie C : Accroissement de l'utilisation de matières recyclées

5.1 Critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »

Le critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage » de la catégorie C de l'accroissement de l'utilisation de matières recyclées est défini comme suit :

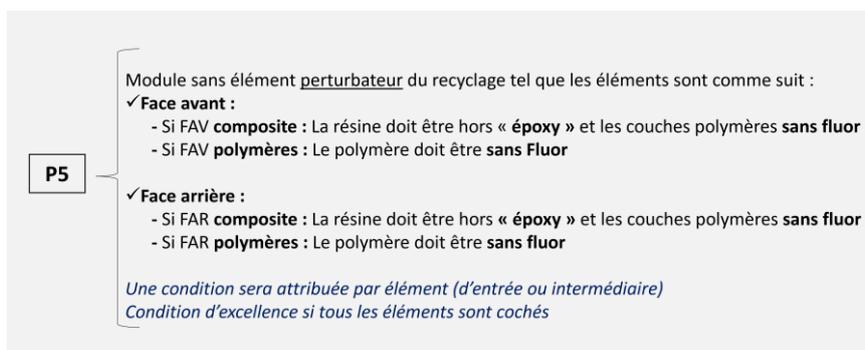


Figure 24 - Définition du critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »

La figure 25 montre la tendance d'adoption du critère parmi les producteurs ayant présenté un plan de prévention et d'éco-conception. 59,0% des acteurs ont choisi de ne pas adopter le critère, 39,0% l'ont intégré dans leur plan.

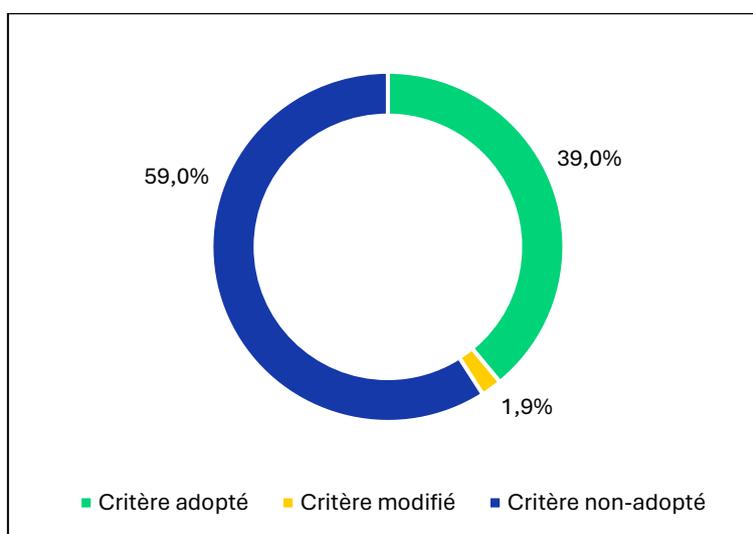


Figure 25 - Tendance d'adoption du critère P5

Malgré la disparité de 20% entre les acteurs ayant adopté et n'ayant pas adopté le critère, la représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et de la filière est très similaire entre ces deux groupes.

Avec une contribution de moins de 2% pour ceux qui ont apporté des modifications au critère, il s'agit de parties prenantes significatives dans l'ensemble des plans soumis et de la filière PV (figure 26).

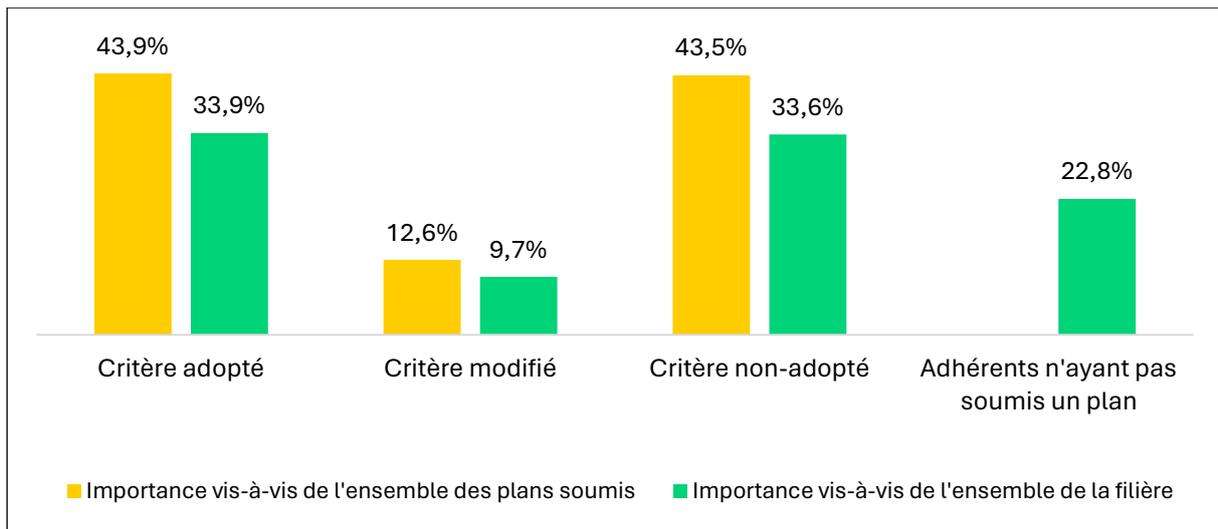


Figure 26 - Critère P5. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »

Deux modifications ont été apportées parmi les plans soumis, et sont décrites ci-dessous :

- **Modification I :**
Dans les cinq prochaines années, tous les composants du module seront démontables et recyclables, à l'exception de l'EVA
- **Modification II :**
Module sans éléments perturbateurs :
 - Le verre sans antimoine
 - Résine doit être hors « époxy »
 - Polymère doit être exempt d'halogène (c'est-à-dire sans fluor, brome, chlore)**Condition d'entrée :** Si l'une de ces substances est utilisée, elle doit être indiquée sur le produit
Condition d'excellence : Le produit respecte tous les critères

Parmi les acteurs ayant apporté des modifications au critère, 50% ont opté pour la « modification I » et 50% pour la « modification II ».

Commentaires apportés au critère P5 « Module PV sans élément perturbateur de recyclage »

L'utilisation d'un backsheet arrière sans fluor sur les modules PV peut compromettre la fiabilité du produit, entraînant ainsi une réduction de la durée de garantie et un taux accru de défaillance des panneaux en fin de vie. Dans cette perspective, il est recommandé d'opter pour un backsheet arrière à faible teneur en fluor (non exempt de fluor) pour assurer une meilleure performance et durabilité des modules PV.

Par ailleurs, la question de savoir si les fabricants seront en mesure de fournir une communication transparente sur la présence d'éléments perturbateurs du recyclage dans les modules PV est soulevée.

5.2 Critère P6 « Marquage du verre solaire »

Le critère P6 « Marquage du verre solaire » de la catégorie C de l'accroissement de l'utilisation de matières recyclées est défini comme suit :

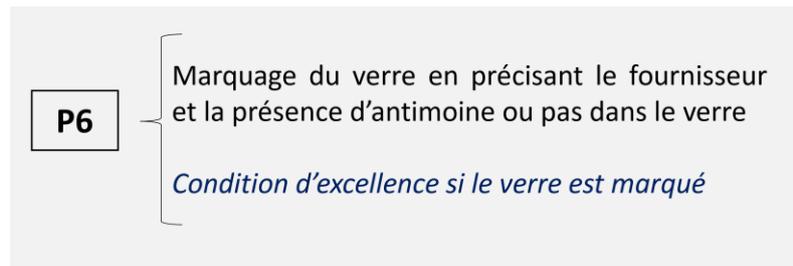


Figure 27 - Définition du critère P6 « Marquage du verre solaire »

La figure 28 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. 67,6% des acteurs n'ont pas adopté le critère. 28,6% des acteurs ont adopté la proposition.

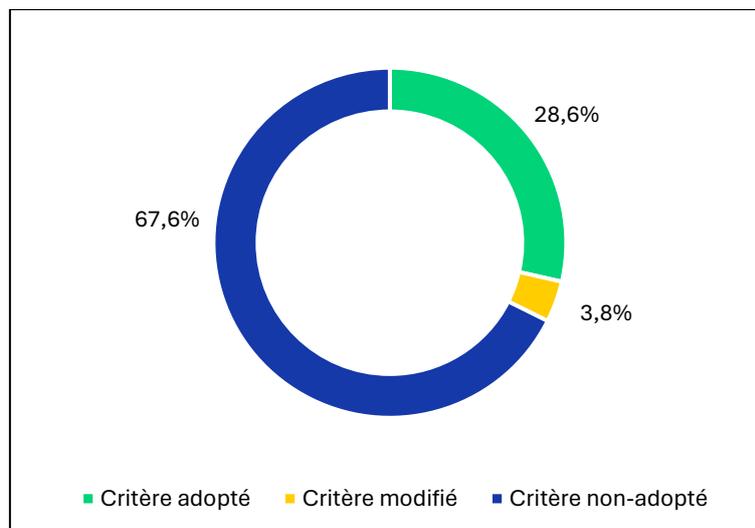


Figure 28 - Tendance d'adoption du critère P6

La figure 29 montre que certains acteurs importants ont opté plutôt pour modifier le critère, car avec un taux de 3,8%, ils représentent 8,2% et 6,3% du secteur en tenant compte de l'ensemble des plans soumis et de l'ensemble de la filière PV.

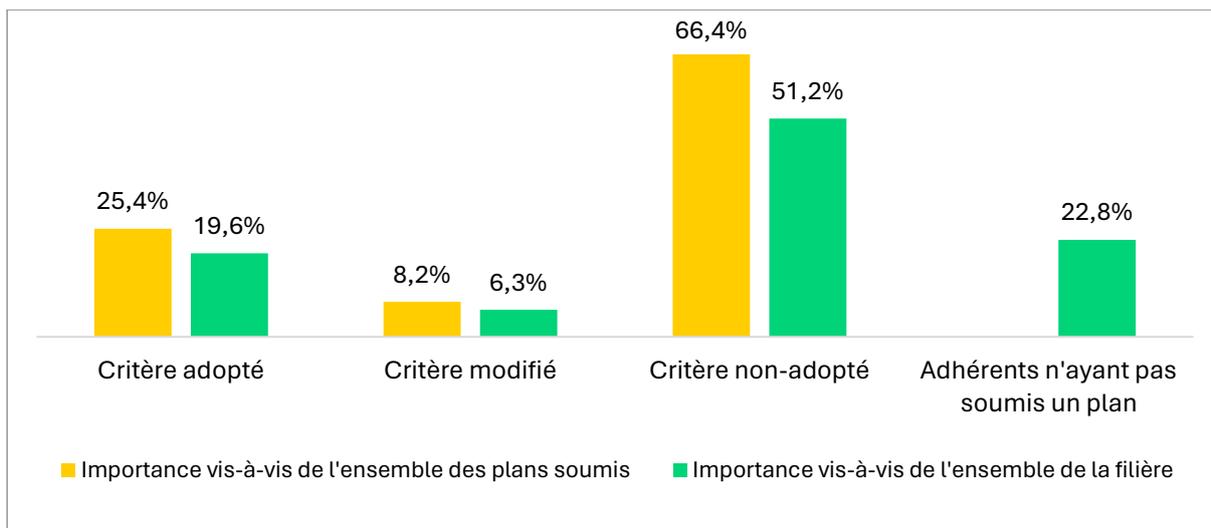


Figure 29 - Critère P6. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P6 « Marquage du verre solaire »

Deux modifications ont été apportées aux seuils des plans reçus, qui sont décrites ci-dessous :

- **Modification I :**
Indication de la présence ou de l'absence d'antimoine avec une étiquette, un autocollant ou un code barre sur l'étiquette du produit au dos du module photovoltaïque.
- **Modification II :**
2026 : Solution technique de gravure et sélectivité sourcing seront étudiées pour répondre à ce critère

Parmi les acteurs ayant apporté des modifications au critère, 75% ont opté pour la « modification I » et 25% ont opté pour la « modification II » (figure 30).

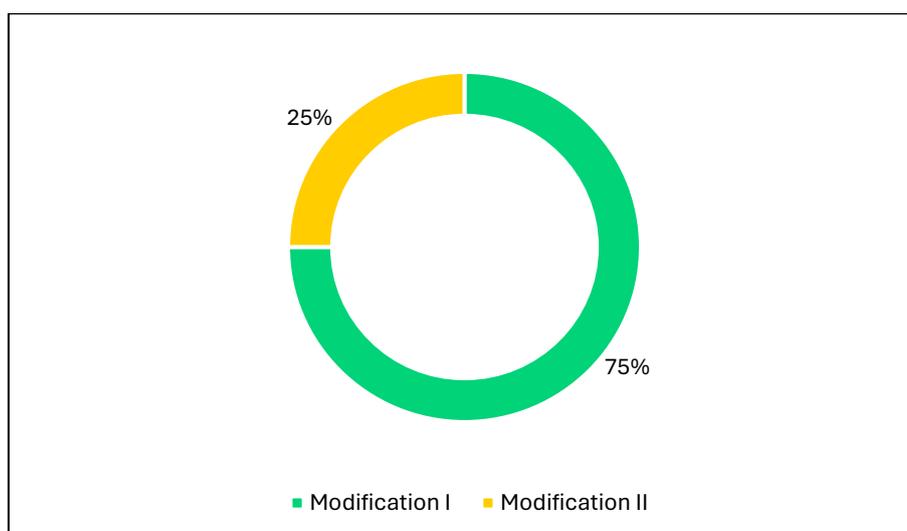


Figure 30 - Modifications du critère P6

Commentaires apportés au critère P6 « Marquage du verre solaire »

Ce critère suscite plusieurs interrogations et préoccupations.

Certains acteurs soulignent que bien que l'idée soit louable, son application peut s'avérer contraignante, entraînant des coûts additionnels. Il est proposé que l'utilisation de certificats de traçabilité puisse servir de moyen plus souple et économiquement viable pour transmettre les informations nécessaires.

Par ailleurs, des défis d'approvisionnement sont identifiés. Il y a donc un besoin urgent de fournisseurs qui répondent spécifiquement à ces exigences. Les risques potentiels liés au marquage direct sur le verre, tels que la réduction de l'efficacité du panneau et la formation de points chauds, justifient la difficulté de cette approche.

En outre, des inquiétudes sont exprimées quant aux dommages potentiels des revêtements antireflets sur la surface du verre, soulignant ainsi la nécessité d'approches alternatives pour assurer la durabilité et l'efficacité des modules photovoltaïques.

Une forte recommandation de fournir le certificat « WEEE » comme preuve d'engagement émerge autour des acteurs de la filière.

5.3 Critère P7 « Substances dangereuses »

Le critère P7 « Substances dangereuses » de la catégorie C de l'accroissement de l'utilisation de matières recyclées est défini comme suit :

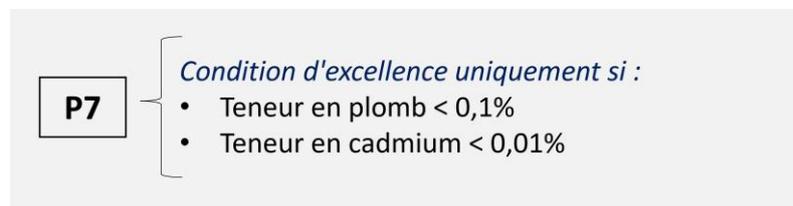


Figure 31 - Définition du critère - Définition du critère P6 « Marquage du verre solaire »

La figure 32 montre la tendance d'adoption du critère par les producteurs ayant soumis un plan de prévention et d'éco-conception. Plus de 60% des acteurs ont adopté ou apporté une modification au critère. 37,1% des acteurs n'ont pas adopté la proposition.

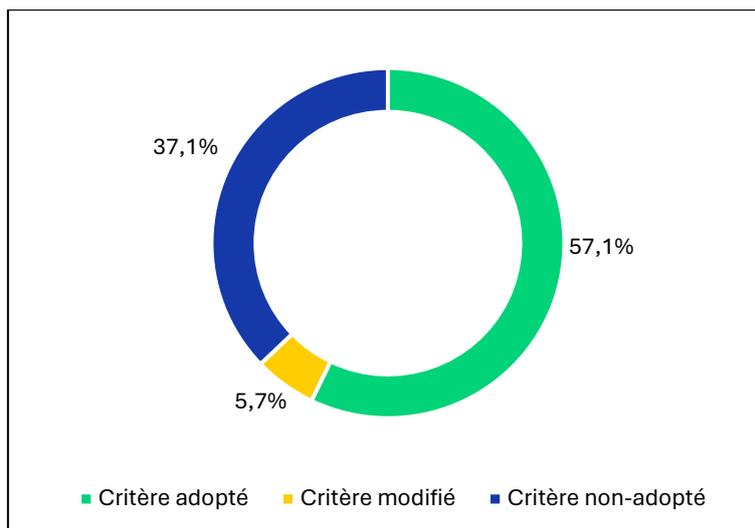


Figure 32 - Tendance d'adoption du critère P7

Les acteurs qui ont une représentativité plus importante vis-à-vis de l'ensemble des plans et de la filière, ont davantage opté pour des modifications sur le critère. Avec un taux de modification de 5,7%, ils ont une importance de 10,2% et de 7,9% respectivement (figure 33).

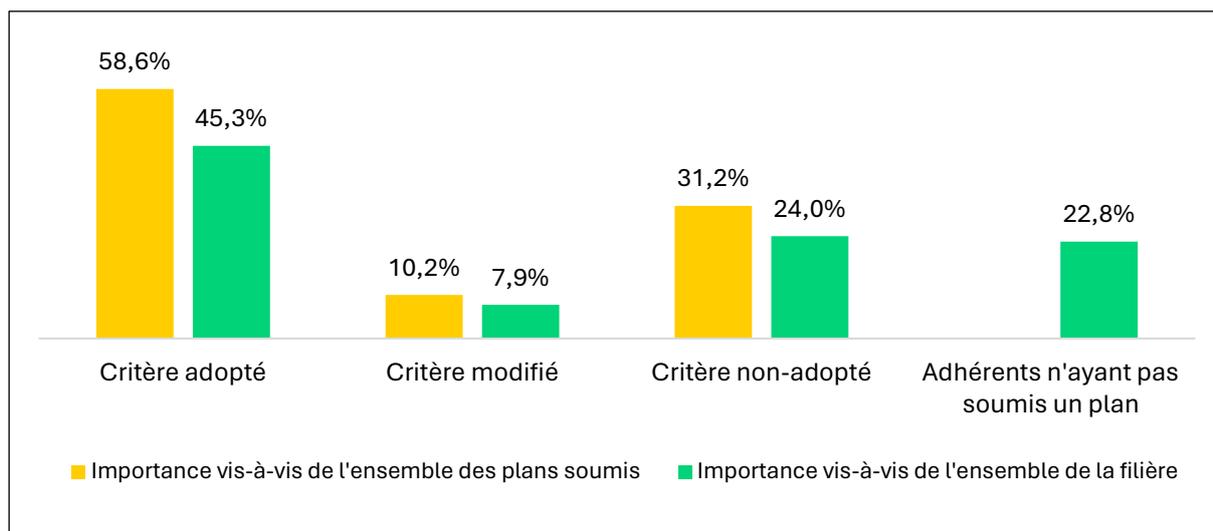


Figure 33 - Critère P7. Représentativité vis-à-vis de l'ensemble des plans soumis et la filière prenant en compte la puissance

Modifications apportées au critère P7 « Substances dangereuses »

Quatre modifications ont été apportées entre les plans soumis, qui sont décrites ci-dessous :

- Modification I :**
Condition d'entrée : Teneur en plomb $\geq 0,1\%$ / teneur en cadmium $\geq 0,01\%$
Condition d'excellence : Teneur en plomb $< 0,1\%$ / teneur en cadmium $< 0,01\%$
- Modification II :**
 Teneur en plomb $< 0,1\%$ avec un engagement seulement sur le plomb

- **Modification III :**
Calendrier progressif tenant en compte les valeurs du critère de base :
2024 : 50% / 2026 : 75 / 2028 : 90%
- **Modification IV :**
Exigence d'un certificat de conformité aux directives ROHS/REACH/POP.

Parmi les acteurs ayant apporté des modifications au critère, la « modification I et II » ont été adoptées par 33,3% des acteurs et la « modification III et IV » ont été adoptées par 16,7% des acteurs (figure 34).

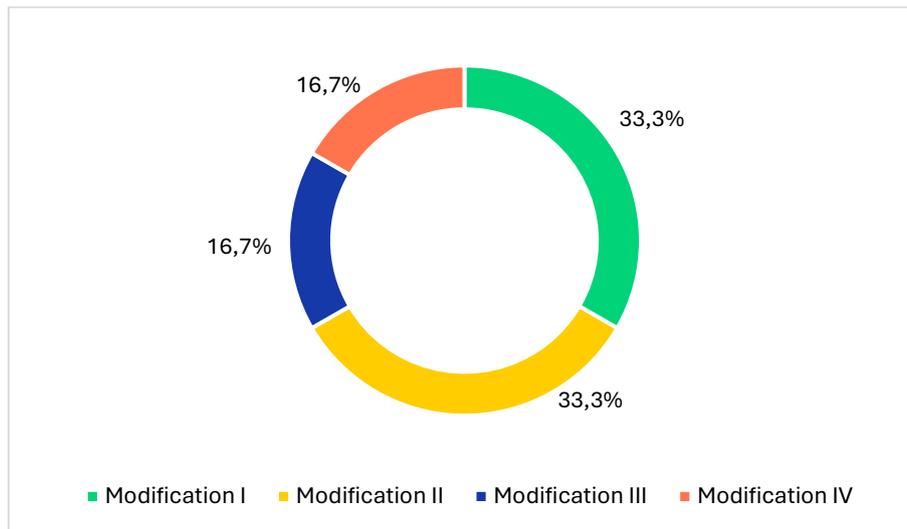


Figure 34 - Modifications du critère P7

Commentaires apportés au critère P7 « Substances dangereuses »

Une attention particulière est portée aux nouvelles technologies telles que la pérovskite car si la valeur environnementale ajoutée peut compenser la présence de plomb ou de cadmium, le critère devrait être révisé lorsque ces technologies pénétreront le marché.

Des défis actuels subsistent, notamment le compromis entre les pâtes de métallisation sans plomb et les performances requises en termes de finesse de fingers et d'efficacité de cellules. Le manque de fournisseurs adaptés à ces besoins spécifiques est également souligné comme une contrainte notable.

La nécessité de maintenir une teneur minimale en plomb, même en l'absence de cadmium, est clairement expliquée pour assurer la qualité du soudage et, par conséquent, la fiabilité du module, préservant ainsi la durée de garantie.

En conclusion malgré ces contraintes, l'optimisme est exprimé quant à la possibilité de maintenir cette valeur au cours des cinq prochaines années. En parallèle, une recommandation est formulée pour contacter les fabricants afin d'encourager la réduction ou l'élimination des substances dangereuses dans la mesure du possible, mettant en avant la préoccupation constante pour des pratiques plus durables dans l'industrie.

6. Autres initiatives proposées

Les plans soumis ne se limitent pas à atteindre uniquement les trois objectifs définis par le Code de l'environnement. Les acteurs de la filière ont également exploré d'autres approches qui contribuent à l'amélioration de leurs processus et de leurs produits.

Le chapitre suivant dévoile plusieurs critères novateurs et enrichissants, offrant ainsi une perspective étendue sur des aspects pertinents pour les démarches de prévention et d'éco-conception. L'adoption d'une approche inclusive permet aux acteurs de renforcer leur engagement envers des pratiques commerciales responsables, contribuant ainsi de manière significative à la durabilité globale de la filière photovoltaïque.

Autres initiatives - Réduction des ressources non renouvelables

- « **Identifier et réduire les matières non renouvelables** » : Réaliser un état des lieux des matières utilisées pour la fabrication des panneaux solaires. Identifier les matières dangereuses et non-renouvelables et réduire l'utilisation de ces matières dangereuses.
- « **Atteinte de normes pour la qualité des modules** » : Accent mis sur la qualité des modules avec la recherche de certifications exigeantes allant au-delà des certifications indispensables telles que l'IEC 61215 et l'IEC 61730.

Egalement viser que les fournisseurs parviennent régulièrement à obtenir de nouvelles certifications rigoureuses, telles que celle de l'IEC 63209.

- « **Objectif de durée de vie** » : La conformité des panneaux solaires aux normes IEC 61215 (durée de vie d'environ 20 ans) ou à la IEC TS 63163 (durée de vie comprise entre 10 et 20 ans).
- « **Qualité de la donnée environnementale** » : Engagement à évaluer avec les fournisseurs de manière plus précise la Bill of Materials (BOM) de panneaux solaires.
- « **Baisse de la consommation électrique** » : Demande aux fournisseurs de réduire la quantité totale d'électricité (kWh) consommée par an pour produire les modules PV (kWh/Wc).

Autres initiatives - Accroissement de l'utilisation de matières recyclées

- « **Modules à plus fort contenu recyclé** » : Privilégier l'utilisation de modules photovoltaïques avec un contenu recyclé plus élevé tout en maintenant des niveaux de puissance et de performance équivalents.
- « **Utilisation d'aluminium recyclé** » : L'objectif d'atteindre un minimum de 5% du poids total du cadre en aluminium recyclé à partir de janvier 2030, encourageant également les fournisseurs à utiliser des matériaux recyclables.

- **« Intégration de matières recyclées dans les composants des modules PV »** : Suivi progressif de l'intégration des matières recyclées dans tous les composants des modules solaires, avec un reporting prévu sur 40% des composants en 2025 et 80% en 2030.
- **« Taux du contenu de silicium recyclé dans un lingot »**
Condition d'entrée : Taux de silicium recyclé $\geq 35\%$
Condition d'excellence : Taux de silicium recyclé $> = 50\%$

Autres initiatives - Accroissement de la recyclabilité des équipements

- **« Transparence sur la composition des panneaux »** : Exigence que 100% des fabricants qualifiés puissent transmettre des informations sur la composition de leurs panneaux, notamment en ce qui concerne les éléments perturbateurs du recyclage tels que le fluor, l'époxy, l'antimoine, le plomb et le cadmium.
- **« Suivi des composants clés du module »** : Objectif d'avoir des codes-barres, QR codes ou puces RFID pour chaque module permettant d'accéder aux informations sur les types de matériaux utilisés pour ses principaux composants ainsi qu'à certaines caractéristiques des composants (comme les dimensions du module, l'épaisseur du cadre, l'épaisseur de la couverture avant et arrière, l'épaisseur du verre, ...), avec des objectifs de reporting de 40% en 2025 et 80% en 2030.
- **« Présence de cadmium et de plomb dans les appels d'offres »** : Demande de confirmation d'absence de ces substances dans les appels d'offres avec la possibilité d'un critère de sélection fournisseur associé.
- **« Solvants et Colle EVA »** : Définition d'un critère visant à limiter l'utilisation de solvants et/ou colle EVA, en mettant en avant les impacts environnementaux et sur la santé.
Condition d'excellence : $> \text{à } 0.01\%$
- **« Identification des matériaux pour la gestion de la fin de vie »** :
Condition d'entrée : Fournir des informations sur la composition du produit aux organisations qui recyclent les modules photovoltaïques en fin de vie conformément au critère 9.2.1 de l'EPEAT
Condition d'excellence : Obtenir l'eco-label EPEAT et satisfaire à tous les critères relatifs à la gestion de la fin de vie et à la conception en vue du recyclage (critère 9 de l'EPEAT).

Autres initiatives - Hors catégorie

- **« Consommation d'eau dans le process »** : Diminution de la quantité totale d'eau consommée pour produire les modules (en litre/Wc/an). Baisse de la consommation d'eau de 4%/Wc/an à partir de 2020 jusqu'en 2030 (pour les étapes depuis la production de silicium jusqu'au module fini).

- « **Recyclabilité de l'eau dans le process** » : Augmentation de la quantité totale d'eau recyclée utilisée en circuit fermé pour produire les modules. Demande aux fournisseurs de mieux utiliser l'eau pour produire des modules PV.
- « **Intégration des énergies renouvelables dans la production d'électricité** » : Objectif pour 2030 : 100 % d'énergie renouvelable. Promouvoir et utiliser activement les énergies renouvelables, et viser à atteindre 100 % d'utilisation d'énergies renouvelables dans la fabrication et les opérations.
- « **Boucles de circularité** » : Créer des boucles de circularité sur les différents composants du panneau en mettant en relation recycleur et fournisseurs afin que les matières issues du recyclage soient réutilisées pour fabriquer de nouveaux composants.
 - 2024** : Verre
 - 2025** : Cadre
 - 2026** : Encapsulant
 - 2030** : Cellules
- « **Résistance aux vents cycloniques** » : Dans les territoires soumis au risque cyclonique, au-delà de la conformité mécanique aux normes réglementaires en matière de résistance au vent, la capacité des cellules à supporter sans subir de dommages les forces de pressions et de dépressions lors de ces événements climatiques revêt un rôle essentiel dans la durabilité des modules et le maintien de leurs performances à long terme.
 - Condition d'entrée** : -3600Pa/5400Pa (Test Load)
 - Condition d'excellence** : -3600Pa/-3600Pa (Design Load)

7. Conclusions

Pour résumer, les points essentiels retenus dans ce document sont :

- 131 plans de prévention et d'éco-conception ont été soumis par les producteurs de la filière photovoltaïque. Ces plans représentent 248 sociétés (il est ainsi entendu qu'un plan peut regrouper plusieurs adhérents), soit 46% des producteurs de l'éco-organisme Soren.
- Parmi les 131 plans soumis, 85% sont conformes. La conformité est déterminée dès qu'au moins un critère est présenté ou adopté dans chacune des trois catégories.
- L'ensemble des plans soumis représentent 77% des mises sur le marché total en termes de puissance (Wc), entre 2020-2023.
- Les trois critères ayant les taux d'adoption les plus élevés sont les critères P3 « Garantie produit », P4 « Taux du contenu recyclé » et P7 « Substances dangereuses ». Parmi eux, c'est le critère P3 dont le taux d'adoption a l'impact le plus significatif sur l'ensemble de la filière PV.
- Les critères P1 « Seuil bilan carbone », P4 « Taux du contenu recyclé » et P2 « Seuil quantité d'argent » affichent les taux de modification les plus élevés. Parmi eux, c'est le critère P1 dont le taux de modification a l'impact le plus significatif sur l'ensemble de la filière PV.
- L'ensemble du document permet ainsi de dresser un état des lieux des perspectives d'amélioration de la filière photovoltaïque en matière de prévention et d'éco-conception.
- Ce document constitue également un outil de dialogue et de concertation en vue de développer une future éco-modulation pour les déclarations de mise sur le marché de la filière photovoltaïque, qui sera soumise aux pouvoirs publics pour approbation.