



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

anr ©
agence nationale
de la recherche



Financé par
l'Union européenne
NextGenerationEU



Programme et Équipement Prioritaire de Recherche TASE (Technologies Avancées des Systèmes Energétiques) « Appel à Projets »

L'appel à projets est ouvert jusqu'au 19/01/2023 à 15h00 (heure de Paris).

Adresse de consultation : <https://anr.fr/PEPR-TASE-AAP>

APPEL À PROJETS
14 novembre 2022



Résumé

Le plan d'investissement France 2030 annoncé par le Président de la République fin 2021 a une ambition : préparer la France de demain. Il s'agit de donner à notre pays les moyens de développer les industries de demain et de créer les emplois qui nous permettront de répondre ensemble aux grands défis de notre temps, notamment aux grandes transitions énergétique et écologique. Pour ce faire, plusieurs stratégies ont été mise en place et l'une d'entre elles, traite la problématique de l'énergie via les Technologies Avancées des Systèmes Energétiques « TASE » visant à développer particulièrement le PV, l'éolien flottant et les réseaux énergétiques.

La stratégie « TASE » vise à définir et mettre en œuvre les dispositifs nécessaires au soutien de ces technologies tout au long du continuum de leurs développements (des TRL bas jusqu'à l'industrialisation des procédés).

C'est dans ce cadre que le Programme et Equipement Prioritaire de Recherche (PEPR) TASE (Technologies Avancées des Systèmes Energétiques) soutient des activités de R&D amont (TRL entre 1 et 4) au plus haut niveau mondial, en support aux industriels de la filière et répondant aux priorités définies dans le cadre de la Stratégie Nationale. Trois types d'action sont prévues. Des projets ciblés ont déjà été identifiés et construits et sont en cours de lancement. D'autres projets seront financés dans le cadre de cet appel à projets. Enfin, un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) sera également lancé prochainement pour compléter le PEPR.

L'appel à projets adresse des thématiques prioritaires qui sont à traiter dans le cadre du PEPR. Il est structuré pour répondre à des sujets clés de la Stratégie Nationale TASE dont le niveau de maturité est encore bas (TRL compris entre 1 et 4). Le présent document regroupe les différentes thématiques sur lesquelles la communauté scientifique est sollicitée. Quatre axes thématiques sont identifiés :

- Axe 1 : impacts environnementaux des systèmes énergétiques
- Axe 2 : gestion efficace et flexible des systèmes énergétiques en présence d'une part massive d'énergies renouvelables
- Axe 3 : solutions technologiques pour la numérisation des systèmes énergétiques intelligents
- Axe 4 : approches innovantes pour réduire ou remplacer les matériaux critiques dans les couches conductrices transparentes et les contacts métalliques des cellules solaires

Cet appel est destiné à soutenir des consortia d'équipes de recherche publique.

Les réponses attendues ne doivent adresser qu'un seul axe et doivent être multipartenaires, pour des durées de projet comprises entre 3 et 6 ans.

Les bénéficiaires des aides sont des établissements d'enseignement supérieur et/ou de recherche ou des groupements de ces établissements. Les établissements privés contribuant aux missions de service public de l'enseignement supérieur et de la recherche, relevant de l'article L. 732-1 du Code de l'Education, pourront être financés après analyse de l'ANR, avis du MESR et validation par le SGPI. Les entreprises pourront avoir le statut d'Etablissement partenaire dans les projets mais ne bénéficieront pas de financement au titre de cette participation.

Le nombre de projets retenus et le montant de l'aide minimale qui leur sera accordée sont précisés à titre indicatif par axe ci-après.

Mots-clés

Systèmes et vecteurs énergétiques ; énergies renouvelables, photovoltaïques et éoliennes ; agrivoltaïsme ; mobilité électrique ; évaluation de l'impact environnemental ; biodiversité ; méthodes de prédiction avancées, contrôle des ressources énergétiques distribuées, communautés locales, gestion de la flexibilité, gestion intercommunautaire de l'énergie, stabilité, systèmes énergétiques intelligents ; technologies de l'information et de la communication ; systèmes de systèmes cyber-physiques ; architectures distribuées ; optimisation multi-objectifs ; estimation d'état ; Cellule solaire ; cellule tandem ; module photovoltaïque ; matériaux critiques/stratégiques ; jonction de recombinaison ; métallisation ; transport de porteurs.

Dates importantes

Clôture de l'appel à projets

Les éléments du dossier de soumission doivent être déposés sous forme électronique, y compris les documents signés par le responsable légal de chacun des partenaires, impérativement avant le :

19 janvier 2023 à 15h (heure de Paris)

sur le site :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-TASE-AAP>

Contacts ANR

PEPR-TASE@agencerecherche.fr

Chargé de Projet Scientifique : Clément Minez
Responsable de Programme : Hervé Morel

Il est nécessaire de lire attentivement l'ensemble du présent document et les instructions disponibles sur le site de soumission des dossiers :

<https://france2030.agencerecherche.fr/PEPR-TASE-AAP>

Pour toute question : PEPR-TASE@agencerecherche.fr

Sommaire

Résumé	2	3. Examen des projets proposés	15
Mots-clés	2	3.1. Procédure de sélection	15
Dates importantes.....	3	3.2. Critères de recevabilité	15
Contacts ANR.....	3	3.3. Critères d'évaluation	16
1. Contexte et objectifs de l'appel à projets.....	5	4. Dispositions générales pour le financement	17
1.1. Contexte	5	4.1. Financement	17
1.2. Objectifs de l'appel à projets 5		4.2. Accords de consortium	17
1.3. Rôle des directeurs de programme du PEPR	6	4.3. Science ouverte	17
2. Thématiques de l'appel et cadrage des projets	6	4.4. Aide d'État.....	18
2.1. Thématiques.....	6	5. Modalités de soumission 18	
2.2. Principales caractéristiques des projets	14	5.1. Contenu du dossier de soumission	18
		5.2. Procédure de soumission	19
		5.3. Conseils pour la soumission	19

1. Contexte et objectifs de l'appel à projets

1.1. Contexte

Dans le cadre du plan d'investissement France 2030, une task-force interministérielle a été mandatée le 29 janvier 2021 pour élaborer une stratégie d'accélération « Technologies avancées des systèmes énergétiques » (TASE). Cette stratégie vise à favoriser le développement d'une industrie française des nouvelles technologies de l'énergie capable de répondre au développement croissant des énergies renouvelables et de l'électrification des usages. La stratégie d'accélération identifie trois secteurs ayant un fort potentiel de transformation de notre économie, de notre société et la capacité à devenir des relais robustes de croissance économique pour notre pays : le photovoltaïque, l'éolien flottant et les réseaux énergétiques. La stratégie ambitionne ainsi de développer une filière industrielle fondée sur l'excellence technologique française, compétitive sur le territoire national et à l'export, vecteur d'une plus forte indépendance énergétique et industrielle, créatrice d'emplois et contribuant de façon significative à la transition énergétique et écologique. Soutenir l'effort de recherche publique et mobiliser la communauté scientifique autour des nouvelles technologies de l'énergie et des réseaux est donc incontournable pour relever les défis scientifiques amont permettant le développement de solutions en rupture. C'est pourquoi l'Etat a validé dans le cadre de cette stratégie nationale le principe de mise en œuvre d'un Programme et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) en vue de soutenir la recherche pour faire émerger des innovations et des technologies de rupture dans les domaines de l'énergie solaire photovoltaïque, de l'éolien flottant et des réseaux d'énergie flexibles et résilients.

Le PEPR TASE a pour vocation de soutenir des activités de R&D amont (TRL entre 1 et 4) au plus haut niveau mondial, en support aux industriels de la filière et répondant aux priorités définies dans le cadre de la Stratégie Nationale.

Le Programme et Equipements Prioritaires de Recherche (PEPR) sur les Technologies Avancées des Systèmes Énergétiques est co-piloté scientifiquement par le CNRS et le CEA.

Le programme comporte trois types d'actions de recherche :

- 5 Projets Ciblés (PC) dont les thèmes et les consortia ont été identifiés lors du montage du programme avec l'objectif de répondre efficacement à des enjeux scientifiques et technologiques majeurs pour les technologies avancées des systèmes énergétiques.
- Le présent appel à projets (AAP) qui comprend quatre axes sur des thématiques précisées ci-après qui nécessitent des investigations approfondies avec l'objectif de proposer à terme des solutions viables et transférables au monde industriel.
- Un appel à manifestation d'intérêt (AMI) portant sur cinq thématiques à savoir :
 - Les questions de sciences humaines et sociales en lien avec le développement des technologies avancées pour les systèmes énergétiques
 - La résilience des réseaux électriques dans le contexte d'une insertion massive d'énergies renouvelables
 - Le recyclage des modules PV et les modules PV à faible empreinte carbone
 - Le module PV intelligent avancé
 - La fiabilité des technologies avancées de cellules photovoltaïques.

Cet AMI servira à repérer les communautés travaillant sur ces thèmes, à identifier les verrous scientifiques associés aux problématiques et enfin à construire des projets présentant les meilleures chances de réussite.

1.2. Objectifs de l'appel à projets

Cet appel à projets se positionne en complémentarité des projets ciblés en cours de lancement et de l'appel à manifestation à venir, sur des sujets qui demandent des travaux de recherche exploratoires. L'ensemble du programme est décrit dans un document de cadrage public et disponible [ici](#).

Cet appel est doté d'une enveloppe indicative de 14,4 M€.

Il vise à financer des projets de recherche à des niveaux de TRL situés entre 1 et 4, destinés à apporter des éléments de connaissance indispensables aux développements des technologies avancées des systèmes énergétiques et favoriser l'émergence de ces technologies avant leur transfert vers le secteur industriel.

Les bénéficiaires des aides sont des établissements d'enseignement supérieur et/ou de recherche ou des groupements de ces établissements.

Les établissements privés contribuant aux missions de service public de l'enseignement supérieur et de la recherche, relevant de l'article L. 732-1 du Code de l'Éducation, pourront être financés après analyse de l'ANR, avis du MESR et validation par le SGPI.

Les entreprises pourront avoir le statut d'Établissement partenaire dans les projets mais ne bénéficieront pas de financement au titre de cette participation.

1.3. Rôle des directeurs de programme du PEPR

Les directeurs de programme du PEPR sont en charge de la préparation du texte décrivant les objectifs, le périmètre scientifique et les thèmes de l'appel. Ils assurent la cohérence et la complémentarité de cet appel avec les projets ciblés d'une part et avec l'ensemble de la stratégie nationale d'autre part.

Les directeurs du programme peuvent accompagner les porteurs souhaitant déposer un projet. **Les porteurs de réponse à l'appel à projets sont notamment fortement encouragés à se rapprocher dès que possible des directeurs du programme pour vérifier si la thématique et la construction envisagée du projet s'inscrivent dans le cadre de l'appel.**

Les projets déposés seront évalués par un comité de sélection indépendant à dimension internationale. A l'issue de cette phase les directeurs de programme du PEPR proposeront au Secrétariat Général Pour l'Investissement la désignation des projets qui pourraient être financés et le montant d'aide qui pourrait leur être définitivement attribué (cf. 3. Examen des projets proposés).

Enfin, les directeurs de programme suivent les projets lauréats lors de revues périodiques avec le porteur du projet, en concertation avec l'ANR et le coordinateur de la stratégie nationale. Y seront présentées et discutées les avancées scientifiques, les actions de valorisation et de dissémination, les points relatifs aux ressources humaines et aux équipements, ainsi que les difficultés rencontrées.

2. Thématiques de l'appel et cadrage des projets

2.1. Thématiques

Cet appel à projet comporte quatre axes :

- Axe 1 : impacts environnementaux des systèmes énergétiques
- Axe 2 : gestion efficace et flexible des systèmes énergétiques en présence d'une part massive d'énergies renouvelables
- Axe 3 : solutions technologiques pour la numérisation des systèmes énergétiques intelligents
- Axe 4 : approches innovantes pour réduire ou remplacer les matériaux critiques dans les couches conductrices transparentes et les contacts métalliques des cellules solaires

Ces axes sont décrits ci-dessous.

Un projet soumis ne peut se positionner que sur un seul axe.

Le nombre et le montant des projets soutenus sont mentionnés à titre indicatif

AXE-1. Impacts environnementaux des systèmes énergétiques (Aide totale indicative pour l'axe 1 : 4,7M€)

La " transition énergétique " est la transformation du système énergétique existant - basé en partie sur les combustibles fossiles - afin de réduire l'impact environnemental de la production, de la distribution et de la consommation d'énergie (électricité, gaz, chaleur, etc.). Cette transition crée de nouveaux impacts environnementaux parmi lesquels l'utilisation des terres et la perte d'habitats, l'utilisation des ressources fossiles et de l'eau, et l'utilisation ou la dissémination de matières dangereuses lors des processus industriels de production et de transport. Les types d'impacts varient fortement en fonction de l'échelle du système, des technologies, des pays impliqués dans la chaîne de valeur depuis l'extraction des ressources jusqu'à l'installation des produits finis en passant par les infrastructures. Ils varient également dans le temps avec l'amélioration des processus industriels, des contenus matériels et des technologies.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une approche permettant d'examiner les impacts environnementaux d'un système énergétique tout au long de son cycle de vie, de la production des matières premières à son recyclage. Il s'agit d'un outil de modélisation basé sur des normes internationalement reconnues, qui vient en aide à la prise de décision.

La réalisation d'une ACV nécessite une grande quantité de données. Si les données d'entrée sont mal contraintes, incomplètes ou défectueuses, l'analyse ne permettra pas de tirer des conclusions solides. Il est donc nécessaire de développer des bases de données dédiées avec des métadonnées bien documentées.

L'ACV alimente également le débat technique et social sur l'expansion des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique. Au cours de la dernière décennie, le GIEC a examiné l'"indicateur de performance carbone", qui est un indicateur de l'empreinte carbone des systèmes d'approvisionnement en énergie. Il a révélé l'étendue de la distribution des résultats pour chaque système d'approvisionnement énergétique, reflétant la grande variabilité des conditions locales et des caractéristiques technologiques des systèmes dans les études disponibles. Il serait donc vain de tenter d'identifier la contribution de chaque système d'approvisionnement énergétique avec une valeur unique de performance carbone, ce qui conduirait à une vision partielle du problème. Au contraire, une meilleure prise en compte des spécificités locales est nécessaire. En outre, l'empreinte carbone est un indicateur parmi d'autres. Elle ne prend pas en compte les autres impacts environnementaux, tels que les impacts sur la faune et la flore (biodiversité), les impacts sur la surface terrestre, l'épuisement des ressources naturelles ou la santé humaine. Pour contribuer au débat sur la transition énergétique, ces évaluations environnementales doivent être menées objectivement, c'est-à-dire en tenant compte des spécificités technologiques et locales.

Enfin, dans le contexte de l'urgence climatique, l'innovation et la réglementation évoluent à un rythme rapide avec une forte implication sur les systèmes énergétiques (i.e. le mix énergétique). L'évaluation des impacts environnementaux du système énergétique nécessite donc une modélisation dynamique (incluant l'amélioration des technologies) et systémique (incluant les processus industriels couplés ou les conditions d'utilisation), qui fait généralement défaut dans les ACV standards. La modélisation dynamique permet également d'inclure de nouvelles utilisations/applications des ENR qui peuvent conduire à des impacts positifs tout en atténuant les impacts négatifs (par exemple, l'agrivoltaïsme...). Elle fournit également des proxys agrégés qui peuvent être utilisés pour comparer les impacts de différents scénarii de mise en œuvre aux niveaux mondial, national et régional, ainsi que les couplages avec l'infrastructure existante. C'est un point clé pour définir la meilleure intégration territoriale.

Positionnement par rapport à l'état de l'art

Les impacts environnementaux de divers systèmes de production et de consommation sont étudiés depuis plusieurs décennies par le développement et l'application de l'analyse du cycle de vie (ACV), avec sa propre norme ISO. Les études ACV dépendent de données de qualité et de quantité inégales, d'hypothèses et de scénarii, car l'ACV évalue le monde réel dans un modèle simplifié. Les hypothèses et les scénarii peuvent varier d'une étude à l'autre, ce qui conduit à des résultats d'ACV différents. Ces variations dans les approches et les résultats de l'ACV peuvent être déroutantes, en particulier pour les non-experts, de sorte que l'éducation et la formation sont nécessaires pour aider les utilisateurs à appliquer l'ACV. Pour faciliter la prise de décision, il est essentiel de passer d'une évaluation globale des impacts environnementaux à une évaluation régionale. Le concept d'ACV régionale est apparu il y a une dizaine d'années et, sur la base de quelques études ACV récentes, un plan de développement énergétique durable peut être conçu à l'échelle régionale. Cette approche doit être développée et étendue afin de tenir compte de son caractère dynamique (évolution dans le temps) et systémique (d'une technologie à un bouquet énergétique). En outre, l'ACV ne doit pas être considérée comme une évaluation globale ou complète. L'évaluation de la durabilité (dans le sens « *sustainability* » en anglais) sociale, et son intégration avec la soutenabilité économique et environnementale, sont encore en phase de développement et des développements récents ont été initiés pour élargir l'ACV environnementale traditionnelle à une analyse de durabilité du cycle de vie (LCSA - *Life Cycle Sustainability Analysis*) plus complète. D'autres développements doivent être menés pour intégrer l'ACV avec les impacts environnementaux, sociétaux (c'est-à-dire l'analyse du cycle de vie sociétal ou *Societal Life Cycle Assessment* - SLCA) et économiques non pris en compte, et pour promouvoir l'utilisation de la LCSA pour la réalisation cohérente du cadre des objectifs de développement durable des Nations Unies. Enfin, de nouvelles utilisations des systèmes énergétiques ont montré leur potentiel pour minimiser les impacts environnementaux négatifs tout en maximisant les impacts environnementaux positifs. Par exemple, l'agrivoltaïsme (ou agrophotovoltaïque) a été développé comme un moyen de produire simultanément de l'énergie, de réduire l'évaporation (par l'ombrage) et de maximiser le rendement et la qualité des cultures. Cependant, l'avantage par rapport au coût de l'agrivoltaïsme est difficile à évaluer, car il dépend du type de culture, du cycle hydrologique local, de la disponibilité du rayonnement solaire, de sorte que des recherches spécifiques sont encore nécessaires. De nouvelles utilisations/applications du système énergétique (combinaison de technologies...) peuvent également être imaginées pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et maximiser les bénéfices.

Deux types de projets sont les bienvenus : les projets portant sur l'analyse du cycle de vie et les impacts environnementaux, d'une part, et les projets portant sur les nouveaux usages et applications pour améliorer les impacts environnementaux, d'autre part.

De manière non-exhaustive, les sujets suivants peuvent d'être abordés :

Les défis suivants, qui sont pertinents pour l'un des types de projets, doivent être relevés :

- Développer une base de données dédiée à l'évaluation des impacts environnementaux, incluant des métadonnées documentées : l'appel soutiendra les projets développant des données bien documentées, de haute qualité et régionales sont nécessaires. Dans la perspective d'étendre les impacts environnementaux et socio-économiques dans le cadre de LCSA, les projets devraient envisager d'ajouter des inventaires et des indicateurs économiques et sociaux au cadre environnemental. En outre, les experts en évaluation peuvent avoir des difficultés à juger de la sélection des données s'ils ne sont pas experts dans tous les sujets de l'étude. C'est pourquoi une collaboration interdisciplinaire entre les experts en évaluation et les chercheurs d'autres domaines d'expertise est recherchée.
- Évaluer l'incertitude de l'ACV : l'appel soutiendra les projets qui identifient les sources d'incertitude dans le processus d'ACV, déterminent comment l'incertitude se propage, proposent une méthodologie pour modéliser et quantifier l'incertitude associée à l'ACV.
- Améliorer la modélisation de l'évaluation de l'impact environnemental dans l'ACV : bien que l'ACV soit standardisée, son adaptation à chaque type de système produisant de l'énergie électrique reste délicate et nécessite une recherche fondamentale afin de lever un certain nombre de barrières scientifiques. La modélisation régionalisée, dynamique et systémique des impacts environnementaux, y compris la modélisation multi-physique et multi-échelle, doit être développée pour réduire la distribution de l'ACV ou de la LCSA, améliorer sa pertinence pour soutenir la prise de décision à l'échelle locale et inclure son évolution possible à divers horizons temporels à des fins prospectives. L'appel porte sur :
 - La définition des frontières du système et du concept d'unité fonctionnelle adapté à chacun des usages retenus.
 - L'évaluation de l'impact des durées de vie du système technologique sur les performances en termes de développement durable. Il s'agit de prendre en compte le vieillissement des systèmes par des analyses permettant d'estimer les défaillances potentielles ayant un impact sur la durée de vie réelle du système.
 - Le développement, au-delà de l'application traditionnelle de l'ACV comme méthodologie orientée produit, d'une nouvelle approche régionale basée sur l'ACV pour évaluer des systèmes définis géographiquement ou administrativement.
 - L'évaluation de la cohérence des bases de données nécessaires pour réaliser une ACV et leur influence sur les résultats finaux par le biais d'une analyse de sensibilité statistique.
- Élargir aux impacts environnementaux et socio-économiques non comptabilisés, de l'ACV à la LCSA :
 - Intégrer l'impact environnemental et écosystémique dans l'ACV pour évaluer l'impact de la mise en œuvre d'un système énergétique directement dans l'écosystème et l'environnement et la modification qui en découlera. Il est donc nécessaire d'ajouter de nouveaux critères et métriques décrivant les impacts des systèmes technologiques sur l'utilisateur et/ou l'écosystème négligés jusqu'à présent par la méthode standardisée ACV (par exemple, la biodiversité)
 - Encourager l'intégration de l'ACV avec d'autres techniques de modélisation avancées afin de mieux intégrer les considérations sociales, environnementales et économiques pour améliorer la méthodologie de l'ACV ainsi que l'ACV sociétale (SLCA). Le bien-être humain est un concept central à définir et à articuler afin d'intégrer l'aspect sociétal dans l'ACV et la SLCA pour promouvoir l'amélioration des conditions sociales tout au long du cycle de vie d'un produit.
 - Lier l'analyse de durabilité du cycle de vie (LCSA) et l'analyse sociétale du cycle de vie (SLCA) aux objectifs de développement durable : les projets doivent explorer comment LCSA peut contribuer à la réalisation du cadre des objectifs de développement durable dans son ensemble et développer davantage l'évaluation et la couverture des liens, des compromis et de la priorisation des objectifs de développement durable dans les méthodologies LCSA et SLCA. Ils devraient évaluer par des indicateurs d'impact définis en amont des services rendus par le système énergétique aux objectifs de développement durable correspondants (lutte contre le réchauffement climatique, résilience territoriale, bénéfices économiques locaux pour les citoyens, création d'emplois, pédagogie, etc.), et évaluer par une analyse multicritères d'aide à la décision (type SWOT ou MCDA) les filières via ces objectifs de développement durable et ACV, SLCA, LCSA.
- Explorer les nouveaux usages/applications des systèmes d'énergie renouvelable pour optimiser les impacts environnementaux : les nouvelles utilisations/applications des systèmes énergétiques peuvent faire partie du nexus (par exemple, eau-énergie-alimentation) qui peut aider à minimiser les impacts négatifs sur l'environnement tout en maximisant les externalités positives. Un exemple qui mérite l'attention dans cet appel est l'agrivoltaïsme. Des recherches doivent encore être menées pour évaluer les externalités négatives

et positives de l'agrivoltaïsme, et identifier les synergies potentielles et minimiser les compromis entre les énergies renouvelables et les autres services écosystémiques. En outre, une évaluation minutieuse du potentiel des systèmes électriques couplés à des systèmes de chauffage ou à des véhicules reliés au réseau ou à la maison pour améliorer l'environnement est souhaitable. L'axe de l'appel accueillera également de nouvelles utilisations et applications de systèmes énergétiques ayant des objectifs similaires.

Les résultats attendus de l'appel sont :

- de construire une base de données adaptée à l'évaluation de l'impact environnemental des systèmes énergétiques (PV, énergie éolienne), si possible intégrée dans les centres de données environnementales existants,
- d'améliorer la modélisation de l'évaluation de l'impact environnemental des systèmes énergétiques
- d'identifier les innovations à fort potentiel dans l'utilisation/application des systèmes énergétiques afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et de maximiser les bénéfiques.

Projets attendus :

Pour l'axe 1, le nombre maximal de projets qui sera soutenu sera égal à 4. Le montant de l'aide minimale pour chaque projet sera de 1000 k€.

Les projets soumis ne doivent pas nécessairement aborder tous les sujets des axes. Cependant, si certains sujets importants étaient manquants dans les propositions soumises, une partie du financement disponible pourrait être réservée pour un second appel à projets ciblant les sujets manquants.

Mots clés : *systèmes énergétiques ; biodiversité ; photovoltaïque ; énergie éolienne ; agrivoltaïsme ; mobilité électrique ; évaluation de l'impact environnemental*

AXE-2. Gestion efficace et flexible des systèmes énergétiques en présence d'une part massive d'énergies renouvelables (Aide totale indicative pour l'axe 2 : 5 M€)

La part d'énergies renouvelables distribuées dans le système énergétique est de plus en plus importante tandis que de nouveaux usages de l'énergie apparaissent. Ces changements sont à l'origine de nouveaux défis pour la gestion de l'énergie en raison de la forte prolifération et de la variabilité des ressources énergétiques distribuées et de leur pression croissante sur les réseaux de distribution. L'objectif de l'axe 2 de cet appel à projets est le développement de nouvelles méthodes pour mieux comprendre, concevoir et gérer les réseaux d'énergie au niveau local, c'est-à-dire allant des quartiers ou des complexes industriels aux réseaux de distribution. Pour atteindre cet objectif, il est important de disposer d'une prédiction plus précise et à des échelles plus fines de la production et de la demande et de faciliter le déploiement de toutes les possibilités de flexibilité, y compris les interactions entre les différents vecteurs énergétiques et/ou usages (électricité, chauffage, refroidissement, gaz renouvelable, électromobilité) ou la connexion au réseau de transport d'énergie.

Positionnement par rapport à l'état de l'art

La production d'énergie renouvelable et les questions de variabilité/intermittence qui y sont liées sont au centre de la recherche académique depuis plusieurs décennies. Cependant, la plupart des recherches existantes considèrent un aspect particulier de manière isolée, sans tenir compte de la rétroaction des décisions locales sur le système global. C'était une hypothèse raisonnable au début de la production d'énergie renouvelable, mais avec la part massive des énergies renouvelables et la prolifération des nouveaux usages, cela ne suffit plus. Afin d'être en mesure d'accueillir de plus en plus d'énergies renouvelables, il est nécessaire de lancer de nouveaux projets de recherche qui prennent en compte les interactions entre les différents vecteurs et usages de l'énergie, les différentes méthodes de prévision et de contrôle de l'énergie distribuée, et leur impact sur le réseau de distribution et de transport, en particulier en termes de stockage de l'énergie et de gestion de la flexibilité pour garantir la stabilité du système. La gestion de la flexibilité s'est principalement concentrée sur le contrôle de la puissance à un moment donné. Il convient de développer de nouvelles méthodes et de nouveaux marchés de gestion de la flexibilité qui tiennent pleinement compte de la nature des ressources flexibles, de leurs exigences en matière de qualité de service, de leurs capacités énergétiques et de montée en puissance.

De manière non-exhaustive, les sujets suivants peuvent être abordés :

- La prévision locale de la production et de la demande d'énergie :

- Le développement de nouvelles méthodes adaptées à la gestion de l'énergie à des échelles géographiques/temporelles plus fines, avec une plus grande précision et en tenant compte de diverses sources de données, par exemple en combinant les prévisions météorologiques et les mesures locales.
- L'impact d'une gestion massive de l'énergie et de la flexibilité sur la précision des méthodes de prévision existantes et nouvelles. Différents usages de l'énergie et vecteurs énergétiques doivent être pris en compte.
- Les nouvelles méthodes de gestion/contrôle des sources et services de flexibilité (au niveau local, mais aussi au niveau des réseaux de distribution ou de transport) ; la conception et l'exploitation de systèmes de stockage d'énergie multi-temporels (de quelques secondes à quelques jours), multi-échelles, virtuels (par exemple par l'agrégation de flexibilités de la demande) ; la gestion de systèmes multi-énergies pour la flexibilité; les nouvelles méthodes de gestion capables de prendre en compte un grand nombre de sources de flexibilité différentes et leurs vecteurs énergétiques ; les méthodes de gestion de la flexibilité pour les services système, les nouvelles méthodes incitatives et les mécanismes de tarification, l'extension des mécanismes de compensation du marché de la flexibilité avec des modèles de marché non linéaires ; l'évaluation de l'impact de l'information imparfaite/stratégique sur les équilibres du marché et les fournisseurs de services de flexibilité.
- Les méthodes de gestion de l'énergie pour les communautés locales au sens large (quartier, district urbain, zone industrielle, micro-réseau insulaire...) et sous différents objectifs (modèles d'autoconsommation, maximisation de la part de production renouvelable, mutualisation des investissements...).
- La gestion intercommunautaire de l'énergie ; la coordination des communautés locales (avec des objectifs potentiellement différents) et avec d'autres acteurs (incluant les consommateurs, les agrégateurs, les services de flexibilité au niveau du réseau...), incluant la coordination entre les réseaux de distribution et de transport d'énergie ; la gestion des systèmes énergétiques distribués.

Il est attendu des nouvelles propositions (sans exhaustivité) :

- De nouvelles méthodes de prédiction et de gestion de l'énergie qui permettent d'intégrer toutes les sources de flexibilité au niveau du réseau de distribution et de contrebalancer la variabilité et l'intermittence de la production renouvelable.
- et/ou des éclairages sur la conception des politiques et les cadres réglementaires pour permettre l'adoption par le marché de nouveaux acteurs.
- Les propositions doivent proposer des indicateurs de performance clés et définir des cas d'usage de référence.
- Les propositions doivent intégrer une approche multidisciplinaire.
- Les propositions doivent aborder la validation des méthodes proposées (en environnement réel, semi-virtuel ou virtuel) et inclure un benchmark.
- Les données utilisées pour la validation doivent être fournies en open source.
- Les propositions doivent porter sur des projets énergétiques impliquant plusieurs parties prenantes et une analyse décisionnelle multicritères.

Projets attendus :

Pour l'axe 2, le nombre maximal de projets soutenus sera égal à 3. Le montant de l'aide minimale pour chaque projet sera de 1500 k€. Les projets aidés couvriront une partie des défis mentionnés.

Les projets soumis ne doivent pas nécessairement aborder tous les sujets des axes. Cependant, si certains sujets importants étaient manquants dans les propositions soumises, une partie du financement disponible pourrait être réservée pour un second appel à projets ciblant les sujets manquants.

Mots clés : *Énergies renouvelables, méthodes de prédiction avancées, contrôle des ressources énergétiques distribuées, communautés locales, gestion locale de l'énergie, vecteurs énergétiques, gestion de la flexibilité, stockage, contrôle de la demande, incitations et marchés de la flexibilité, gestion intercommunautaire de l'énergie, coordination, échelles temporelles, échelles géographiques, réseaux de distribution, stabilité.*

AXE-3. Solutions technologiques pour la numérisation des systèmes énergétiques intelligents (Aide totale indicative pour l'axe 3 : 3,2M€)

Nos infrastructures énergétiques vont être confrontées à de profonds changements au cours des prochaines décennies. En effet, le paysage énergétique européen est fortement bouleversé. Cela concerne en premier lieu les aspirations des citoyens au développement durable et aux objectifs chiffrés qui sont assignés en termes d'atténuation du réchauffement climatique. Dans un second lieu, cela s'appuie sur la décentralisation en cours de la production d'énergies renouvelables et du stockage. L'amorce de cette transition énergétique a pris racine dans l'ouverture des marchés de l'énergie. Cette dernière avait été mise en place pour stimuler les investissements des citoyens et des entreprises dans de nouveaux moyens de production et de consommation au cours des deux dernières décennies. Cela contribue à un bouleversement majeur sur plusieurs fronts, à savoir la révolution dite « 4D » (décarbonisation, décentralisation, digitalisation et démocratisation). En effet, la croissance rapide de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité exige de trouver de nouvelles solutions pour sécuriser les systèmes énergétiques face à la production variable des énergies renouvelables (sur l'ensemble des vecteurs électricité, gaz et chaleur), assurer la stabilité et l'équilibrage du système électrique et la protection des infrastructures de transport et de distribution.

En tant que catalyseur essentiel, le secteur des TIC (*technologies de l'information et de la communication*) contribue depuis des décennies au fonctionnement optimal des réseaux énergétiques. Il est néanmoins confronté aujourd'hui à des défis majeurs pour apporter des fonctionnalités spécifiques. Ces défis concernent les niveaux de service suivant les besoins (haute fiabilité, hautes ou basses performances, latences faibles ou adaptées) mais aussi des propriétés intrinsèques telles que le déploiement et la mise à niveau de façon transparente, la résistance aux perturbations, la prise en compte des multi-infrastructures, entre autres.

Certaines questions essentielles devront être abordées dans cet appel : la modélisation des systèmes cyber-physiques de l'énergie, la garantie de la continuité *Edge-Cloud* dans un système plus décentralisé, la virtualisation des différentes couches de contrôle, ainsi que la représentation des infrastructures de réseau multi-énergie par un jumeau numérique.

Positionnement par rapport à l'état de l'art

La fiabilité et la sécurité de nos systèmes électriques modernes soulèvent des questions majeures en raison du dimensionnement des infrastructures critiques et des interdépendances existantes en leur sein. Pendant de nombreuses années, la tendance était de dimensionner le système électrique en fonction de la puissance de pointe, étant ainsi à l'épreuve de presque tous les événements exceptionnels. Depuis quelques années, et afin de réduire les coûts d'investissement, les opérateurs utilisent des outils TIC pour exploiter leurs actifs jusqu'à leurs limites. Cela entraîne évidemment des risques supplémentaires et des outils doivent être définis pour offrir la bonne solution au bon problème.

Les systèmes cyber-physiques dans le domaine de l'énergie constituent également une préoccupation supplémentaire en raison de la complexité des vecteurs énergétiques. Le premier niveau de renforcement est évidemment la cybersécurité (couverte, entre autres, pour les systèmes électriques par des normes IEC existantes ou en cours de finalisation, ce qui n'est pas l'objet de l'appel). L'objectif est de soutenir les technologies opérationnelles distribuées pour le contrôle et la protection en temps réel. Cette distribution de l'intelligence peut viser à réduire les risques inhérents aux systèmes cyber-physiques complexes et à augmenter l'efficacité des décisions locales pour gérer les infrastructures et les flexibilités qu'elles soient endogènes ou exogènes.

Le déploiement est une des questions cruciales pour les gestionnaires des systèmes électriques. Même si la digitalisation est un processus déjà engagé, les technologies restent complexes et les fonctions de contrôle et de protection distribuées peuvent être très difficiles à mettre en œuvre sur le terrain. Des efforts de modélisation et d'auto-implémentation (sur des dispositifs de terrain spécifiques) doivent être réalisés. Cela permettra de sélectionner les matériels et les objectifs de niveau de service à demander aux opérateurs de télécommunications.

Le concept de jumeau numérique est en cours de développement dans le secteur de l'énergie, avec des tendances fortes associées à la modélisation du comportement et à la diffusion des technologies numériques auprès des consommateurs. Des premières plateformes de jumeaux numériques sont apparues dans les réseaux intelligents en Chine. Les verrous scientifiques des jumeaux numériques se situent dans plusieurs domaines : connectivité, modélisation, instrumentation, traitement des données, architectures, algorithmes et sciences cognitives.

Les sujets suivants peuvent être abordés dans les propositions :

La fiabilité et à la sécurité des infrastructures modernes :

- Modes de défaillance et redondance du matériel et des logiciels.
- Outils de modélisation des architectures de réseaux intelligents (interopérabilité, fonctionnement flexible, analyse coûts-bénéfices, *security by design*) et des outils d'évaluation de la conformité d'un système de systèmes, ainsi que des composants et processus distribués aux normes internationales de fiabilité et de sécurité.
- Protection des données des consommateurs et préservation de la vie privée des utilisateurs.

Les nouvelles architectures distribuées de systèmes cyber-physiques :

- Continuum *cloud-edge*, distribution de l'intelligence, nouvelles fonctions TIC avancées et bases de données distribuées temps réel.
- Traitement des données « à la volée » pour les réseaux de communication spécifiques/relatifs et apprentissage « *edge* » pour une réaction en temps réel.
- Apprentissage sécurisé en préservant la vie privée pour la détection des attaques en temps réel et la sécurisation des dispositifs périphériques/finaux pour les systèmes cyber-physiques énergétiques.

La facilité de déploiement et les matériels :

- Contrôle numérique et communication virtualisés pour un déploiement facile, composants logiciels cohérents et interconnectables, ingénierie système pilotée par modèle pour permettre une reconfiguration dynamique.
- Infrastructure haute performance pour les fonctions spécifiques de contrôle et de protection (en tenant compte de l'impact environnemental de cette infrastructure), infrastructure à faible coût pour la coordination à grande échelle (objectif de niveau de service concernant la latence et/ou la fiabilité).

Le dimensionnement et la conception de jumeaux numériques pour les systèmes multi-énergies :

- Outils de modélisation et de conception de l'architecture TIC d'un jumeau numérique pour les systèmes multi-énergie (défi des interconnexions des composants et modèles cyber-physiques en temps réel, des interfaces de communication et de contrôle, création de solveurs communs).
- Jumeaux numériques multi infrastructures pour le dimensionnement des services TIC (par exemple, quel objectif de niveau de service, quelle planification à moyen terme pour les TIC et l'énergie).
- Jumeaux numériques multi-énergie en temps réel pour les applications de test, de contrôle, de formation et d'optimisation multi-objectif.

Les jumeaux numériques fonctionnel (simulation des fonctionnalités fournies par le système), de contrôle/commande (simulation de l'architecture de contrôle pilotant le système), de communication (simulation de l'infrastructure réseau) ou de capteurs (simulation du capteur récupérant les données de l'environnement) sont particulièrement concernés par cet axe.

Projets attendus :

Pour l'axe 3, le nombre maximal de projets soutenus sera égal à 2. Le montant de l'aide minimale pour chaque projet sera de 1500 k€. Les projets aidés couvriront une partie des défis mentionnés.

Les projets soumis ne doivent pas nécessairement aborder tous les sujets des axes. Cependant, si certains sujets importants étaient manquants dans les propositions soumises, une partie du financement disponible pourrait être réservée pour un second appel à projets ciblant les sujets manquants.

Mots clés : *systèmes énergétiques intelligents ; technologies de l'information et de la communication ; objectifs de niveau de service ; systèmes de systèmes cyber-physiques ; architectures axées sur les services ; ingénierie des systèmes basée sur des modèles ; systèmes embarqués sûrs et prévisibles ; réseaux de communication maillés reconfigurables ; architectures distribuées pour gérer la complexité des réseaux ; optimisation multi-objectifs ; positionnement vis-à-vis des normes internationales ; estimation d'état pour les systèmes énergétiques intégrés.*

AXE-4. Approches innovantes pour réduire ou remplacer les matériaux critiques dans les couches conductrices transparentes et les contacts métalliques des cellules solaires (aide totale indicative pour l'axe 4 : 1,5M€)

Afin de contribuer aux objectifs de l'accord de Paris portant sur la limitation du réchauffement climatique, les capacités de production annuelle de cellules solaires pourraient être multipliées par 20 (~3 TW) en 2030. Cette croissance de l'industrie photovoltaïque soulève des questions essentielles concernant la teneur tolérable en matériaux critiques et rares dans les dispositifs. Selon des études récentes (par exemple, Y. Zhang, Energy Environ. Sci., 2021), les teneurs en argent (Ag) et en indium (In) dans les cellules solaires devraient être limitées à 2 mg/W et 0,38 mg/W, respectivement. Cela signifie par exemple que les cellules tandem pérovskite/silicium devraient limiter épaisseur totale d'ITO, l'oxyde conducteur transparent (TCO) riche en In, à 6 nm (B. Hallam, Silicon PV 2021), alors que des épaisseurs allant jusqu'à 200 nm/cellule sont actuellement utilisées pour les technologies à haut rendement. Les couches de TCO riches en In servant d'électrodes mais aussi de couches de recombinaison dans les cellules multi-jonction, presque toutes les technologies post-PERC (cellules à émetteur et contact arrière passivés) seront confrontées à ce défi de réduction de la teneur en In. Une situation similaire s'applique à l'Ag, largement utilisé comme électrodes métalliques dans les architectures post-PERC, avec par exemple environ 33,9 mg/W d'Ag dans les cellules à hétérojonction. Par conséquent, nous devons envisager des approches novatrices pour réduire ou

remplacer la teneur en In et en Ag afin de garantir la pérennité des nouvelles technologies PV à l'échelle du TW. Ces approches peuvent reposer sur de nouvelles architectures de cellules (par exemple, empilements ITO/diélectriques, hétérojonction sans TCO) ou sur le remplacement des couches riches en In et Ag par d'autres matériaux (par exemple, remplacement de l'Ag par du Cu, des alliages de Cu ou de l'Al).

Cela soulève d'importants défis scientifiques et technologiques, par exemple :

- i) la mise en contact directe de couches actives minces (a-Si, $\mu\text{-Si}$, poly-Si) avec des électrodes métalliques,
- ii) le développement d'électrodes transparentes sans In pour les cellules hétérojonctions et les tandems,
- iii) l'influence sur le processus d'assemblage des modules et la fiabilité,
- iv) la compatibilité avec des processus de grande surface, à haut débit et à faible coût.

Les teneurs en Ag et In dans les cellules solaires à hétérojonction industrielles actuelles sont respectivement d'environ 33,9 mg/W et 10,74 mg/W, alors que l'objectif pour une industrie photovoltaïque durable serait d'environ 2 mg/W et 0,38 mg/W. Les propositions de projet doivent proposer des voies claires pour atteindre ces objectifs.

Des procédés intéressants (par exemple, le dépôt électrolytique) ont été mis au point pour remplacer les électrodes en Ag par des électrodes en Cu. Cependant, ces procédés n'ont pas été transposés en production de masse, essentiellement en raison de problèmes de fiabilité, de contraintes environnementales (gestion des solutions d'électrolyte) et de l'absence de procédés rentables, notamment lorsque les électrodes sont déposées sur des films TCO (étapes supplémentaires de masquage/structuration nécessaires). Par conséquent, les propositions doivent apporter des approches, des procédés et des équipements de rupture pour remplacer l'Ag par des métaux plus durables, tels que par exemple le Cu ou l'Al ou des alliages de Cu pour empêcher la diffusion des ions Cu.

Positionnement par rapport à l'état de l'art

Récemment, une preuve de concept de cellules à hétérojonction sans TCO frontal a été démontrée (S. Li, Joule 2021). Cependant, la mise en contact frontale a été obtenue via des procédés qui ne sont pas adaptés à une industrialisation future. Ainsi, les propositions de cet appel doivent permettre de mieux comprendre les propriétés des interfaces métal/couches actives minces (par exemple, passivation, diffusion du métal), en soutenant le développement d'approches innovantes (nouveaux matériaux comme électrodes) et de procédés de dépôt qui pourraient présenter une meilleure compatibilité avec les attentes de l'industrie PV.

Plusieurs travaux de recherche ont été menés pour remplacer l'ITO par des oxydes de zinc dopés à l'Al ou au B, mais des problèmes de transport des porteurs et de stabilité subsistent. D'autres matériaux pourraient être étudiés, avec l'objectif de permettre une réduction de la température des procédés et une amélioration de la fiabilité, en ciblant une durée de vie des modules de 50 ans.

Chaque technologie nécessite des oxydes conducteurs présentant les caractéristiques appropriées (niveaux d'énergie, fonction de travail, niveau de dopage, compatibilité chimique...). Si des TCOs de type n efficaces sont disponibles, les TCOs de type p doivent encore faire l'objet de développements et de recherches importants. Les TCOs peuvent également être multifonctionnels en jouant un rôle actif dans la cellule solaire, soit en faisant partie de l'absorbeur, soit de la jonction elle-même. Les cellules solaires formés de contacts non dopés (Dopant-free Asymmetric Heterocontacts) sont devenues très efficaces (J. Bullock Nature Energy 2016), de la même manière les TCOs peuvent donc jouer un rôle dans la structure active de nouvelles cellules solaires.

L'utilisation d'oxydes comme absorbeurs de photons dans les cellules solaires a également émergé, par exemple les pérovskites d'oxydes et les oxydes ferroélectriques (R. Nechache Nature Photonics 2014) sont envisagés pour contourner les problèmes de stabilité et de toxicité des pérovskites d'halogénure (S. Y. Yang, Nature Nanotech. 2010).

Les propositions aborderont également ces questions dans le cadre spécifique des cellules solaires tandem, où de nouvelles architectures peuvent ouvrir de nouvelles opportunités. Par exemple, les récents records d'efficacité des dispositifs tandem pérovskite/silicium ont été obtenus avec des films d'ITO comme couches de recombinaison. Les propositions doivent donc développer des approches innovantes qui permettront d'obtenir des valeurs d'efficacité similaires, mais en remplaçant les films ITO par des couches de recombinaison sans In ou par des processus de recombinaison avancés assistés par effet tunnel (par exemple via des jonctions à base de Si ou directement à l'interface entre les contacts sélectifs électrons/trous des sous-cellules).

De manière non-exhaustive, les sujets suivants peuvent d'être abordés :

- Les électrodes sans Ag ou pauvres en Ag pour les cellules solaires à haut rendement, développement de procédés alternatifs pour le dépôt à faible coût et à faible impact environnemental de Cu ou Al sur TCO.
- Les cellules solaires à haut rendement pauvres en In : architectures de cellules avancées (y compris tandem) limitant l'utilisation de TCO à base d'In, y compris des TCO de type p hautement performants, des TCO

multifonctionnels jouant un rôle actif dans la génération ou l'extraction de porteurs, conçus via des simulations numériques et des études expérimentales.

- La mise en contact directe de couches actives minces par des électrodes métalliques : compréhension approfondie des propriétés des interfaces métal/semiconducteur ; développement de couches d'interface spécifiques, nouveaux équipements et procédés pour la fabrication de contacts localisés économes en matériaux, sans dommage, sans structuration.
- La combinaison TCO/diélectrique : maîtrise des interactions des matériaux multicouches, substitution du TCO riche en In par des matériaux sans In (AZO, graphène).

Les principaux résultats attendus pour cet axe de l'AAP sont décrits ci-après :

- Les objectifs globaux de réduction des matériaux rares devraient être orientés (principalement mais pas exclusivement) vers des cellules solaires avec des quantités d'Ag et d'In inférieures à 2 mg/W et 0,38 mg/W, respectivement, et des efficacités de cellules $\eta > 24\%$. Idéalement, les technologies développées seront à faible impact environnemental, ne nécessitant pas de traitement à haute température ou agressifs.
- Les principales tâches identifiées sont, par exemple :
- Développer des électrodes pauvres en Ag par des procédés alternatifs avec un meilleur rendement du matériau, par substitution partielle ou totale de l'argent. Les critères de performance seront basés sur l'utilisation des matériaux ci-dessus en mg/W (début : TRL 2 à 3, fin : TRL 3 à 4).
- Développer des cellules solaires à haut rendement pauvres en In par des procédés alternatifs avec un meilleur rendement en matériaux, par substitution partielle ou totale de l'In. Les critères de performance seront basés sur l'utilisation des matériaux ci-dessus en mg/W (début : TRL 2 à 3, fin : TRL 3 à 4).
- Recherche sur la mise en contact directe de couches actives minces avec une électrode métallique. En utilisant des expériences et la modélisation, développer des interfaces spécifiques et des approches de dépôt doux (début : TRL 1 à 2, fin : TRL 3 à 4). Évaluer la réduction des matériaux rares (mg/W économisé) par rapport aux performances des cellules.
- Développer des empilements innovants de couches minces (métamatériaux, mélanges, alliages...) qui combinent TCO (pauvres en In) et diélectrique avec des propriétés électriques/optiques adaptées aux structures solaires (début : TRL 1 à 2, fin : TRL 3 à 4) ... Évaluer la réduction des matériaux rares (mg/W économisé) par rapport à la performance des cellules.

Projets attendus :

Pour l'axe 4, un seul projet sera soutenu pour une aide qui n'excédera pas 1.5 M€. Il pourra ne pas couvrir l'intégralité des défis mentionnés dans la description de l'axe.

Les projets soumis ne doivent pas nécessairement aborder tous les sujets des axes. Cependant, si certains sujets importants étaient manquants dans les propositions soumises, une partie du financement disponible pourrait être réservée pour un second appel à projets ciblant les sujets manquants.

Mots clés : *Cellule solaire, Module photovoltaïque, Matériaux critiques/stratégiques, argent, indium, cuivre, électrode, oxyde conducteur transparent (TCO), jonction de recombinaison, aluminium, métallisation, mise en contact, équipement, cellule tandem, transport de porteurs.*

2.2.Principales caractéristiques des projets

Les projets seront nécessairement collaboratifs (minimum de trois structures de recherche différentes). La complémentarité des équipes devra être explicitée.

Les PEPR visent aussi à développer l'interdisciplinarité pour résoudre les problèmes associés aux systèmes énergétiques. Ils ont comme autre objectif de contribuer à la structuration du paysage de la recherche publique française. Lorsque c'est pertinent (comme indiqué dans le texte de l'AAP), il est donc attendu que le consortium fasse la démonstration de ces deux points (place des différentes disciplines impliquées, diversité des tutelles des équipes de recherche impliquées, caractère structurant du consortium...).

Le caractère innovant des travaux proposés devra être mis en avant. Lorsque pertinent, l'empreinte environnementale des solutions technologiques envisagées devra être discuté.

Il est important que les sujets abordés n'empiètent pas sur les sujets abordés dans d'autres axes du PEPR ou dans d'autres PEPR. Les proposants pourront pour cela se référer au document cadre du PEPR disponible [ici](#).

Les projets auront une durée comprise entre 3 et 6 ans. A l'issue du projet, l'application industrielle et le transfert vers l'industrie seront recherchés, en cohérence avec la stratégie nationale.

La demande d'aide minimale pour chaque projet est précisée dans chaque axe.

La complémentarité entre partenaires fera partie des critères de choix. Lorsque cela semble pertinent, la participation de plusieurs compétences disciplinaires est fortement encouragée. Il conviendra alors de préciser l'apport de chaque partenaire et en quoi la pluridisciplinarité est un plus pour l'atteinte des objectifs du projet.

L'implication du responsable du projet devra être a minima de 30%.

3. Examen des projets proposés

3.1. Procédure de sélection

Les projets recevables (cf. § 3.2) seront évalués par un comité de sélection indépendant à dimension internationale. Ce comité pourra recourir, le cas échéant, à des expertises externes et pourra procéder à une audition des porteurs des projets.

À l'issue de ses travaux, le comité de sélection remettra aux directeurs de programme du PEPR TASE un rapport comprenant :

- 1) les notes attribuées aux projets évalués selon les critères indiqués au § 3.3,
- 2) la liste des projets que le comité recommande pour financement en raison de leur qualité, évaluée sur la base des critères indiqués au § 3.3,
- 3) la liste des projets que le comité propose de ne pas financer en raison d'une qualité qu'il juge insuffisante sur au moins l'un des critères indiqués au § 3.3

Chaque projet évalué fera l'objet d'un argumentaire justifiant de sa position sur l'une des deux listes. Le comité pourra formuler un avis sur le montant des financements demandés.

Les directeurs de programme du PEPR proposeront au Secrétariat Général Pour l'Investissement (SGPI) la désignation des projets qui pourraient être financés et le montant qui pourrait leur être définitivement attribué.

La Première Ministre, après avis du SGPI, arrêtera la décision concernant les bénéficiaires et les montants accordés. Chaque projet fera l'objet d'une convention entre l'ANR et l'établissement coordinateur du projet, détaillant les obligations réciproques des parties.

Les membres du comité de sélection ainsi que les experts externes sollicités s'engagent à respecter les règles de déontologie et d'intégrité scientifique établies par l'ANR. La charte de déontologie de l'ANR est disponible sur son site internet. L'ANR s'assure du strict respect des règles de confidentialité, de l'absence de liens d'intérêt entre les membres du comité ou experts externes et les porteurs et partenaires des projets, ainsi que de l'absence de conflits d'intérêts pour les membres du comité et experts externes. En cas de manquement dûment constaté, l'ANR se réserve le droit de prendre toute mesure qu'elle juge nécessaire pour y remédier. La composition du comité de sélection sera affichée sur le site de publication de l'appel à projets à l'issue de la procédure de sélection.

3.2. Critères de recevabilité

IMPORTANT

Les dossiers ne satisfaisant pas aux critères de recevabilité ne seront pas soumis au comité de sélection et ne pourront en aucun cas faire l'objet d'un financement.

- 1) Le dossier de soumission doit être déposé complet sur le site de soumission de l'ANR avant la date et l'heure de clôture de l'appel à projets. De plus, le document administratif et financier signé par chaque établissement partenaire et scanné doit être déposé sur le site de soumission de l'ANR à la date et l'heure indiquées en page 3.

- 2) Le document scientifique du projet doit impérativement suivre le modèle disponible sur le site internet de l'appel à projets et être déposé au format PDF non protégé. Il doit être rédigé en anglais.
- 3) Le projet aura une durée comprise entre 3 et 6 ans.
- 4) Le montant de l'aide demandée devra respecter les consignes indiquées pour chaque axe.
- 5) Un même responsable du projet ne pourra être porteur que d'un seul projet et doit impliquer au moins 30% de son temps de travail.
- 6) L'établissement coordinateur doit être un établissement d'enseignement supérieur et/ou de recherche ou un groupement de ces établissements.
- 7) Sont exclus également les projets qui causeraient un préjudice important du point de vue de l'environnement (application du principe DNSH – Do No Significant Harm ou « absence de préjudice important ») au sens de l'article 17 du règlement européen sur la taxonomie.

3.3. Critères d'évaluation

Les experts externes et les membres du comité de sélection sont appelés à examiner les propositions de projet selon les critères d'évaluation ci-dessous regroupés en trois grandes catégories.

1) Excellence et ambition scientifique :

- Clarté des objectifs et des hypothèses de recherche ;
- Caractère novateur, ambition, originalité, rupture méthodologique ou conceptuelle du projet par rapport à l'état de l'art ;
- Pertinence de la méthodologie.

2) Qualité du consortium, moyens mobilisés et gouvernance :

- Compétence, expertise et implication du responsable du projet : capacité à coordonner des consortia pluridisciplinaires, parcours académique, reconnaissance internationale ;
- Qualité et complémentarité du consortium scientifique au regard des objectifs du projet ;
- Impact du consortium sur la structuration de l'espace national de recherche ;
- Adéquation entre les moyens humains et financiers mobilisés (y compris ceux demandés dans le cadre du projet) par rapport aux objectifs visés ;
- Pertinence du calendrier, gestion des risques du projet et solutions alternatives, crédibilité des jalons proposés ;
- Pertinence et efficacité de la gouvernance du projet (pilotage, organisation, animation).

3) Impact et retombées du projet :

- Capacité du projet à répondre aux enjeux de recherche de l'axe scientifique choisi ;
- Capacité du projet à répondre par sa contribution au développement de solutions en réponse aux enjeux des domaines prioritaires de la Stratégie Nationale. Les résultats valorisables économiquement doivent être identifiés selon une procédure à expliciter et seront à remonter au niveau programme ;
- Capacité du projet à répondre aux enjeux de science ouverte, de diffusion auprès des citoyens, de transparence dans le domaine de la transition énergétique. Les résultats diffusables publiquement doivent être identifiés selon une procédure à expliciter et seront à remonter au niveau programme.
- La société attend beaucoup des nouvelles technologies énergétiques et leur déploiement ne pourra se faire sans être accepté par celle-ci, et sans garanties robustes quant à leur impact limité sur l'environnement, en tendant vers l'objectif d'un impact « zéro », voir négatif sur les émissions de CO2. Ces conditions sont nécessaires pour permettre la réussite de la transition énergétique. Il est donc essentiel que les acteurs de la recherche s'approprient au mieux ces enjeux environnementaux, afin que leurs travaux en soient imprégnés tout au long du cycle de l'innovation. Ainsi, l'impact environnemental doit être un élément décisionnel permettant d'éclairer les choix technologiques. Cette approche permettra de développer des technologies à très faible impact environnemental, facteur clé de la transition énergétique. Cet impact doit être traité à titre d'information mais ne sera pas un critère décisif.

4. Dispositions générales pour le financement

4.1. Financement

Les appels financés au titre du PEPR présentent un caractère exceptionnel et se distinguent du financement récurrent des établissements universitaires ou de recherche.

Les financements alloués représentent des moyens supplémentaires destinés à des actions nouvelles. Ils pourront permettre le lancement de projets de recherche innovants, et financer, par exemple, l'achat d'équipements ainsi que des dépenses de personnel affecté spécifiquement à ces projets et de fonctionnement associé.

Les dépenses éligibles sont précisées dans le règlement financier relatif aux modalités d'attribution des aides de l'action PEPR. Le soutien financier sera apporté sous la forme d'une dotation, dont le décaissement est effectué par l'ANR pour l'établissement coordinateur du projet, selon l'échéancier prévu dans la convention, sur la durée du projet.

Cet appel à projets sera présenté à la Commission européenne pour faire partie du plan de relance national dans le cadre de la facilité de relance et résilience (FRR).

Les participants au projet financés s'engagent à mentionner le soutien par le PEPR dans les résultats qui en seraient issus.

Les règles de financement sont précisées dans le document disponible sur le site de l'ANR disponible [ici](#).

4.2. Accords de consortium

Un accord de consortium, qui peut être constitué d'un ensemble d'accords entre l'établissement coordinateur et chacun des établissements partenaires individuellement, précisant les droits et obligations de chaque Établissement partenaire, au regard de la réalisation du projet, devra être fourni par l'Établissement coordinateur dans un délai maximum de 12 mois à compter de la date de signature de la convention attributive d'aide. En cas d'accords multiples, l'Établissement coordinateur se porte garant dans ce cas de la cohérence (absence de clauses contradictoires) de cet ensemble d'accords.

L'ensemble des Établissements partenaires qui affectent des moyens au Projet sont signataires de cet/ces accords même s'ils ne bénéficient pas d'une quote-part de l'aide.

Cet accord précise notamment selon la typologie des projets financés :

- les modalités de valorisation des résultats obtenus au terme des recherches, et de partage de leur propriété intellectuelle ;
- la répartition des tâches, des moyens humains et financiers et des livrables ;
- le régime de publication / diffusion des résultats ;
- la gouvernance, en précisant notamment le nom du responsable du projet pour l'établissement coordinateur ;
- la valorisation des outils et/ou produits pédagogiques numériques réalisés.

L'Établissement coordinateur envoie directement une copie de cet accord, ainsi que celles de ses éventuels avenants, à l'ANR.

Cet accord permettra d'évaluer l'absence d'une aide indirecte octroyée aux Entreprises par l'intermédiaire des établissements d'enseignement supérieur et/ou de recherche.

L'absence de ce document pourra conduire à la cessation du financement du projet et à l'application des dispositions prévues à l'article 6.6 (suspension et reversement de l'aide).

L'élaboration d'un accord de consortium n'est pas nécessaire s'il existe déjà un contrat-cadre contenant les dispositions ci-dessus liant les Établissements partenaires. Une copie de ce contrat-cadre ou une attestation devra être transmise avant la signature de la convention attributive d'aide. À l'expiration dudit contrat, si celui-ci n'est pas reconduit, l'accord de consortium sera alors requis.

4.3. Science ouverte

Dans le cadre de la contribution de l'ANR à la promotion et à la mise en œuvre de la science ouverte, et en lien avec le Plan national pour la science ouverte au niveau français (PNOS) et le Plan S au niveau international, les

bénéficiaires de la subvention France 2030 s'engagent à garantir le libre accès immédiat aux publications scientifiques évaluées par les pairs et à adopter, pour les données de recherche, une démarche dite FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable) conforme au principe « aussi ouvert que possible, aussi fermé que nécessaire ». Ainsi, toutes les publications scientifiques issues de projets financés dans le cadre des PEPR, seront rendues disponibles en libre accès sous la licence Creative Commons CC-BY ou équivalente, en utilisant l'une des trois voies suivantes :

- publication dans une revue nativement en libre accès ;
- publication dans une revue par abonnement faisant partie d'un accord dit transformant ou journal transformatif¹ ;
- publication dans une revue à abonnement. La version éditeur ou le manuscrit accepté pour publication sera déposé dans l'archive ouverte HAL par les auteur.e.s sous une licence CC- BY en mettant en œuvre la Stratégie de non-cession des droits (SNCD), selon les modalités indiquées dans les conditions particulières de la décision ou convention de financement.

De plus, l'Établissement coordinateur s'engage à ce que le texte intégral de ces publications scientifiques (version acceptée pour publication ou version éditeur) soit déposé dans l'archive ouverte nationale HAL, au plus tard au moment de la publication, et à mentionner la référence ANR du projet de recherche dont elles sont issues.

L'ANR encourage à déposer les pré-prints dans des plateformes ouvertes ou archives ouvertes et à privilégier des identifiants pérennes ou uniques (DOI ou HAL Id, par exemple). Par ailleurs, l'ANR recommande de privilégier la publication dans des revues ou ouvrages nativement en accès ouvert².

Enfin, l'Établissement coordinateur s'engage à fournir dans les 6 mois qui suivent le démarrage du projet, une première version du Plan de Gestion des Données (PGD) selon les modalités indiquées dans la convention attributive d'aide.

4.4. Aide d'État

Les aides versées dans le cadre du présent appel à projets sont soumises à la réglementation européenne relative aux aides d'État (articles 107, 108 et 109 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne et textes dérivés), dès lors qu'elle est qualifiable d'aide d'État. Ainsi, ce financement doit respecter les règles européennes relatives aux aides d'État et s'inscrire dans le cadre du Règlement (UE) n°651/2014 de la Commission du 17 juin 2014 déclarant certaines catégories d'aides compatibles avec le marché intérieur en application des articles 107 et 108 du traité.

5. Modalités de soumission

5.1. Contenu du dossier de soumission

Le dossier de soumission devra comporter l'ensemble des éléments nécessaires à l'évaluation scientifique et technique du projet. Il devra être déposé avant la clôture de l'appel à projets, dont la date et l'heure sont indiquées page 3.

Important

Aucun élément complémentaire ne pourra être accepté après la clôture de l'appel à projets dont la date et l'heure sont indiquées page 3.

Les documents devront être déposés sur le site de soumission dont l'adresse est mentionnée page 3. Afin d'accéder à ce service, il est indispensable d'obtenir au préalable l'ouverture d'un compte (identifiant et mot de passe). Pour obtenir ces éléments, il est recommandé de s'inscrire le plus tôt possible.

Le dossier de soumission complet est constitué de trois documents intégralement renseignés :

¹ Définition d'accord dit [transformant](https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/) ou [journal transformatif](https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/) : <https://www.coalition-s.org/faq-theme/publication-fees-costs-prices-business-models/>

² Le site DOAJ (<https://doaj.org/>) répertorie les revues scientifiques dont les articles sont évalués par les pairs et en libre accès. Le site DOAB (<https://www.doabooks.org/>) fait de même pour les monographies.

- 1) le document scientifique du projet, d'une longueur maximale de 20 pages, qui doit impérativement suivre le modèle disponible sur le site internet de l'appel à projets et être déposé au format PDF non protégé. Il doit être rédigé en anglais.
- 2) le « document administratif et financier », qui comprend la description administrative et budgétaire du projet ;

Les éléments du dossier de soumission (document administratif et financier au format Excel / modèles de document scientifique au format Word) seront accessibles à partir de la page web de publication du présent appel à projets (voir adresse page 3).

5.2. Procédure de soumission

Les documents du dossier de soumission devront être transmis par le responsable du projet :

SOUS FORME ÉLECTRONIQUE impérativement :

- avant la date de clôture indiquée page 3 du présent appel à projets,
- sur le site web de soumission selon les recommandations en 5.3

L'inscription préalable sur le site de soumission est nécessaire pour pouvoir soumettre un projet.

Seule la version électronique des documents de soumission présente sur le site de soumission à la clôture de l'appel à projets est prise en compte pour l'évaluation.

UN ACCUSÉ DE RÉCEPTION, sous forme électronique, sera envoyé au responsable du projet lors du dépôt des documents.

5.3. Conseils pour la soumission

Il est fortement conseillé :

- d'ouvrir un compte sur le site de soumission au plus tôt ;
- de ne pas attendre la date limite d'envoi des projets pour la saisie des données en ligne et le téléchargement des fichiers (attention : le respect de l'heure limite de soumission est impératif) ;
- de vérifier que les documents déposés dans les espaces dédiés des rubriques « documents de soumission » et « documents signés » sont complets et correspondent aux éléments attendus. Le dossier de soumission et le dépôt des documents signés ne pourront être validés par le responsable du projet que si l'ensemble des documents a été téléchargé ;
- de consulter régulièrement le site internet dédié au programme, à l'adresse indiquée page 1, qui comporte des informations actualisées concernant son déroulement ;
- de contacter, si besoin, les correspondants par courrier électronique, à l'adresse mentionnée page 3 du présent document.



GOUVERNEMENT



Contacts

Les renseignements concernant le processus administratif (constitution du dossier, démarches en ligne, taux d'aide) pourront être obtenus auprès de l'ANR par courriel :

PEPR-TASE@anr.fr

Directeurs de programme :

Philippe Azais (CEA) : philippe.azais@cea.fr

Jean-François Guillemoles (CNRS) : jean-francois.guillemoles@cnsr.fr

Guillaume Ravel (CEA) : guillaume.ravel@cea.fr

Nicolas Retière (Université de Grenoble-Alpes) : nicolas.retiere@univ-grenoble-alpes.fr

