



Programme « Solaire photovoltaïque »

Appel à projets de recherche 2006

Ouverture de l'appel à projets : 3 février 2006

**Clôture de l'appel à projets : 24 mars 2006 à minuit
(date limite de dépôt des dossiers)**

1. Contexte de l'appel à projets

La croissance des applications de l'électricité solaire photovoltaïque reste très soutenue. Bien que l'on observe une tension sur l'approvisionnement en matière première silicium à bas coût, la majorité des fabricants augmentent leurs capacités de production afin de répondre à une demande largement plus importante que l'offre actuelle.

En Europe, les projections de croissance pour 2010 sont très largement au-dessus des objectifs fixés par le Livre Blanc. Ce constat est lié, en premier lieu, au développement spectaculaire du marché allemand (1^{er} marché mondial en 2004) mais aussi à celui des autres pays membres puisque le rapport « puissance par habitant » a pratiquement doublé entre 2003 et 2004 dans l'Union européenne.

Les récentes dispositions mises en place en France sont de nature à favoriser le marché intérieur : augmentations du crédit d'impôt sur les équipements et du tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque. Ces mesures s'associent à l'effort de recherche mis en place dans le cadre de l'ANR pour développer des technologies du photovoltaïque au meilleur prix.

2. Objectifs de l'appel à projets – axes stratégiques

La première édition 2005 du programme solaire photovoltaïque a ciblé des priorités orientées vers la réduction des coûts et l'intégration au bâtiment. Le programme a donné lieu à de nombreux projets que l'on pourrait qualifier de médians en terme de positionnement de recherche car situés à mi-chemin entre les projets très amonts et les projets très avals.

L'édition 2006 du programme solaire photovoltaïque garde en ligne d'horizon les deux objectifs généraux de coût et d'intégration au bâtiment qui sont à terme les clés du développement du marché.

Les recommandations du comité stratégique sur les nouvelles technologies de l'énergie nous incitent à placer les équipes françaises sur des sujets pour lesquels la France pourrait prendre le leadership en matière de technologie sur des matériaux, des procédés et des systèmes de génération future.

Cette nouvelle édition se propose donc de donner davantage de place à des projets plus exploratoires en particulier sur le développement de matériaux photovoltaïques et des procédés permettant leur mise en œuvre. Les projets plus avals et en particulier ceux qui traitent des problématiques technologiques d'intégration au bâtiment sont cruciaux car ils permettent de développer le marché. Ces problématiques seront traitées préférentiellement dans l'appel à proposition « énergie dans le bâtiment » du programme ANR-ADEME.

Cette complémentarité entre appels à projets est à la base des réflexions de la feuille de route pour le programme français sur le sujet.

Compte tenu de ce positionnement stratégique, les quatre thèmes 2005 sont reconduits :

- nouveaux concepts : thème 1 ;
- matériaux et dispositifs en couches minces : thème 2 ;
- matériaux et dispositifs en silicium cristallin : thème 3 ;
- systèmes complets et leurs composants : thème 4.

A titre indicatif, la répartition prévisionnelle des financements de l'ANR est d'environ 25% par thème.

Les projets auront une durée minimum de 12 mois et ne pourront excéder 4 ans.

3. Types des projets attendus

Les projets retenus dans le cadre du présent appel à projets seront financés par L'ANR (Agence Nationale de la Recherche) ou par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). L'ANR financera des projets de recherche fondamentale¹ et industrielle², l'ADEME financera des projets de développement pré-concurrentiel³.

Les projets seront établis en partenariat public-privé sauf pour le volet exploratoire (thème 1) pour lequel ce critère n'est pas obligatoire.

Les projets en partenariat mettront en jeu un ou plusieurs industriel(s) et un ou plusieurs laboratoire(s) de recherche public(s).

Les partenariats avec des industriels ou des centres de recherche européens sont acceptés dans la mesure où chaque partenaire étranger assure son propre financement dans le projet. Ils pourront mettre en œuvre les procédures de coopération bilatérales ou européennes qui sont disponibles.

Ces coopérations qui sont déjà engagées dans le cadre des projets européens des précédents programmes PCRDT sont à intensifier ; des contacts récents avec des instituts de recherche allemands font ressortir une volonté accrue de coopération.

¹ Activité visant à un élargissement des connaissances scientifiques et techniques non liées à des objectifs industriels et commerciaux.

² Recherche planifiée ou enquête critique visant à acquérir de nouvelles connaissances, l'objectif étant que ces connaissances puissent être utiles pour mettre au point de nouveaux produits, procédés ou services ou entraîner une amélioration notable des produits, procédés ou services existants.

³ Concrétisation des résultats de la recherche industrielle dans un plan, un schéma ou un dessin pour des produits, procédés ou services nouveaux, modifiés ou améliorés, qu'ils soient destinés à être vendus ou utilisés, y compris la création d'un premier prototype qui ne pourrait pas être utilisé commercialement. Le développement pré-concurrentiel peut en outre comprendre la formulation conceptuelle et le dessin d'autres produits, procédés ou services ainsi que des projets pilotes, à condition que ces projets ne puissent pas être convertis ou utilisés pour des applications industrielles ou une exploitation commerciale

4. Champs de l'appel à projets

Les projets doivent s'attacher à lever des verrous technico-économiques et contribuer à l'intégration du photovoltaïque dans le bâtiment.

Les volets « démonstration » et « intégration dans le bâtiment » ont vocation à être traités dans d'autres programmes de recherche dédiés au bâtiment.

Dans chacun des thèmes ci-après, on s'attachera à être en accord avec les directives (ou futures directives) européennes sur les substances nocives (programmes REACH, WEEE, RoHS et la norme ISO 14000).

4.1 Nouveaux concepts : thème 1

Ce thème concerne plus particulièrement les recherches amont en insistant sur les aspects de modélisation et de validation expérimentale.

La technologie photovoltaïque repose pour une large part sur la science des matériaux. La recherche de matériaux nouveaux a été une activité essentielle, tant pour des matériaux massifs que pour des couches minces. Plus d'une centaine de composés semiconducteurs inorganiques ont ainsi été analysés dans les vingt dernières années. Cette activité se poursuit aujourd'hui avec les composés organiques. Néanmoins, une cellule photovoltaïque est d'abord et aussi un dispositif électronique dont l'optimisation exige une compréhension détaillée des mécanismes photo-électroniques qui s'y produisent. Les domaines sur lesquels les projets de recherches sont attendus sont :

- Sous thème 1.1 : les concepts à haut rendement avec ou sans concentration. Ces recherches sont à même de créer de véritables ruptures à terme à condition de fédérer les équipes françaises et internationales et de mobiliser le meilleur de la recherche fondamentale et des nouvelles technologies.
- Sous thème 1.2 : les procédures de choix de matériaux avancés notamment la modélisation prédictive. Ces approches impliquent un effort considérable de recherche de base théorique et expérimentale sur la récupération de photons infrarouges, la meilleure utilisation de photons ultraviolets, les bandes d'impureté, le recyclage de photons, les porteurs chauds. Ces concepts méritent un effort de recherche spécifique afin d'aller au-delà de modèles élémentaires dont la fiabilité est remise en cause.
- Sous thème 1.3 : la filière des matériaux organiques éventuellement combinés à des matériaux inorganiques. Manifestement la caractérisation et la compréhension des mécanismes photo-électroniques dans ces structures sont très en retard sur la synthèse des matériaux et risquent de constituer le point de blocage de la filière. L'encapsulation et les technologies liées à l'utilisation de verre à propriété avancées ainsi que le vieillissement sont des sujets à approfondir. Des études prospectives (par

exemple les couches de nanotubes de carbone dopés) sont intéressantes à développer.

- Sous thème 1.4 : la filière photo-électrochimique avec possibilité de stockage, les aspects encapsulation et vieillissement sont également à approfondir.

4.2 Matériaux et dispositifs en couches minces : thème 2

Ce thème concerne deux filières de couches minces déposées sur divers substrats en visant l'augmentation des vitesses de dépôt, des surfaces de dépôt, des rendements de conversion, de la reproductibilité des propriétés et de la stabilité des performances sur le long terme.

Les couches minces CIGS sont des hétérojonctions polycristallines dans lesquelles le rôle de la couche tampon reste insuffisamment compris. Ce point revêt une importance particulière pour l'essor de la filière du fait de la nécessité de trouver de nouveaux matériaux en substitution du sulfure de cadmium qui constitue actuellement cette couche tampon.

Le silicium polymorphe hydrogéné et ses dérivés représentent un cas à part car de grands efforts ont été accomplis pour en comprendre les propriétés. Ils ont abouti à un modèle, plutôt qu'une théorie, qui rend compte de l'essentiel des observations. Là encore des modélisations de plus en plus fines doivent permettre l'optimisation des dispositifs, mais il reste à alimenter les modèles avec des données actualisées selon l'évolution des matériaux (polymorphe, dépôts à grande vitesse) et des structures (multi-jonctions, hétérojonctions, etc.).

- Sous thème 2.1 : couches minces à base de composés polycristallins Cu-In-Ga-Se ; associées à un substrat verre comportant des couches réunissant plusieurs propriétés (réflexion IR, électrode transparente, ...) peut ouvrir de nouveaux champs d'application pour les vitrages de bâtiments. Ce thème pourra inclure des activités de recherche portant sur des matériaux en couches minces ne comportant que des éléments abondants (Cu, Fe, Sn, S, etc.).
- Sous thème 2.2 : couches minces de silicium, en particulier incorporation de Si nanocristallin ou Si polymorphe sur substrats adaptés (Si monocristallin hydrogéné ou verre TiO₂).

4.3 Matériaux et dispositifs en silicium cristallin : thème 3

Ce thème couvre certains aspects de la filière : la matière première, les nouvelles techniques de mise en forme de plaques et l'élaboration de cellules photovoltaïques.

- Sous thème 3.1 : procédés permettant l'élaboration de silicium de qualité solaire photovoltaïque en vue d'alimenter les filières industrielles (fusion multiple, RF, faisceau d'électron, purification plasma du Si de qualité métallurgique, voies électrochimiques, etc).

- Sous thème 3.2 : procédé de développement de tirage de rubans de silicium cristallin à partir de bains de silicium.
- Sous thème 3.3 : procédés visant un meilleur rendement au niveau de l'utilisation de la matière : réduction de l'épaisseur des plaques, recyclage des pertes de sciage, etc.
- Sous thème 3.4 : procédés d'élaboration de cellules photovoltaïques au silicium cristallin permettant d'augmenter les rendements de conversion énergétique de façon significative (au moins 20 %), transférables au secteur industriel à un coût compétitif.

4.4 Systèmes complets et leurs composants : thème 4

Ce thème s'adresse aux systèmes photovoltaïques complets et aux différents composants qui les constituent.

- Sous thème 4.1 : architecture et productivité énergétique des systèmes et de leurs composants (modules, onduleurs, contrôleurs, etc).
- Sous thème 4.2 : intégration du photovoltaïque dans des réseaux intelligents en proposant des solutions pour optimiser la conduite d'un réseau électrique comportant une forte composante de production répartie.
- Sous thème 4.3 : stockage innovant (sur module en particulier) et gestion de l'énergie (application dans le secteur tertiaire, résidentiel, dans les systèmes îliens, ...).
- Sous thème 4.4 : les méthodes de caractérisation et d'instrumentation en R&D et dans l'industrie, et les travaux préliminaires à la normalisation.

5 Procédures mises en œuvre

5.1 Management de projet

Pour chaque projet, un coordinateur unique est désigné par les partenaires. En plus de son rôle de coordinateur scientifique et technique, il est responsable de la mise en place et de la formalisation de la collaboration entre les partenaires, de la production des livrables, de la tenue des réunions d'avancement et de la communication des résultats et de l'établissement de l'accord de consortium en cas de partenariat industriel (cf. règlement financier de l'ANR : voir le site Internet de l'ANR :

www.agence-nationale-recherche.fr/documents/reglementANR.pdf

5.2 Critères d'éligibilité

Les propositions sont éligibles si elles respectent :

- le champ de l'appel à projets.
- les délais de soumission
- la condition de partenariat public privé pour les thèmes 2, 3, 4

5.3 Critères d'évaluation et de sélection

Les projets sont évalués selon plusieurs aspects :

- pertinence de la proposition au regard de l'appel à projets ;
- qualité du partenariat⁴
- excellence de chaque partenaire dans le domaine proposé (compétences, publications, brevets, collaborations, valorisation de projets antérieurs) ;
- caractère novateur du projet au regard de l'état de l'art national et international, et de la propriété intellectuelle ;
- perspectives de retombées scientifiques, industrielles et économiques (brevets, innovations, potentiel de réduction des coûts, normalisations, publications, perspectives d'industrialisation et de marchés, impact sur l'emploi, création d'entreprises...) ;
- intégration des aspects liés à l'impact sur la santé, la sécurité et l'environnement (management de cycle de vie) ;
- adéquation du plan de travail et du budget avec les objectifs du projet ;

⁴ Pour un projet partenarial public/privé, la labellisation du projet par un pôle de compétitivité est considérée comme un indicateur de qualité du partenariat. Cet indicateur sera pris en compte dans le cadre de l'examen par le comité de deuxième niveau (cf.5-6). Il est rappelé qu'il n'est pas nécessaire que tous les partenaires d'un projet soient membres du pôle ou localisés dans sa région pour que ce projet puisse bénéficier du label de "projet de pôle".

- rigueur de la définition des résultats intermédiaires et finaux (clarté et pertinence de l'analyse des risques, notion d'obligation de résultats) ;
- clarté de rédaction du dossier, de chacune des rubriques du formulaire de soumission.
- caractère structurant et l'importance stratégique du projet seront examinés tout particulièrement.

La conduite opérationnelle du processus de sélection de cet appel à projets de recherche pour le Solaire photovoltaïque a été confiée au CEA par l'ANR et l'ADEME.

5.4 Règles de financement

Pour les projets retenus par l'ANR, l'aide attribuée sera apportée sous forme de subventions.

Les aides de l'ANR ne pourront bénéficier qu'à des partenaires résidant en France.

L'objectif de l'ANR est que la majorité des projets reçoivent un financement d'un montant compris entre 500 et 1000 k€. Toutefois l'ANR n'exclut pas de financer des projets d'un montant inférieur ou supérieur. Par ailleurs l'ANR n'attribuera pas d'aide d'un montant inférieur à 20 k€ à un partenaire d'un projet.

Pour les entreprises et les associations, le taux maximum d'aide de l'ANR (appliqué aux dépenses éligibles hors taxes) sera le suivant :

Type de recherche	Taux maximum d'aide pour les PME ⁵	Taux maximum d'aide pour les entreprises autres que PME
Recherche fondamentale	60 % des dépenses éligibles	50 % des dépenses éligibles
Recherche industrielle	60 % des dépenses éligibles	50 % des dépenses éligibles

Pour les organismes publics de recherche et les fondations de recherche, les règles de financement sont définies par le règlement financier de l'ANR, consultable sur son site internet (www.agence-nationale-recherche.fr/documents/reglementANR.pdf).

Les dépenses sont calculées hors taxes, majorées le cas échéant, pour les laboratoires publics de recherche, de la TVA non récupérable.

Les bénéficiaires pourront commander des travaux à des tiers extérieurs (en France ou en Europe) dans le respect des modalités fixées par le règlement financier de l'ANR.

Les dépenses relatives au recrutement de personnel sous contrat à durée déterminée (CDD) sont éligibles.

⁵ Une PME est une entreprise comprenant jusqu'à 249 salariés, avec un chiffre d'affaires inférieur à 50 M€ ou un total de bilan inférieur à 43M€. les filiales de grands groupes ne sont pas considérées comme des PME

Pour les projets retenus par l'ADEME, les règles de financement sont disponibles sur le site : www.ademe.fr

5.5 Procédure de soumission

Les projets seront soumis à partir des deux formulaires A et B joints à cet appel.

Pôles de compétitivité

- Le porteur de projet pourra mentionner si le projet fait partie des projets labellisés (ou en cours de labellisation) par un pôle de compétitivité (ou par plusieurs, en cas de projet interpôle).
- Les partenaires d'un projet labellisé par un pôle de compétitivité et retenus par l'ANR dans le cadre de cet appel à projet pourront se voir attribuer un complément de financement par l'ANR.

Le porteur de projet devra fournir la ou le(s) attestation(s) de labellisation signée(s) par un(des) représentant(s) habilité de(des) structures de gouvernance du(des) pôle(s) concerné(s) accompagnée(s) d'une fiche faisant le résumé du projet (contenant au minimum le résumé du projet, le nom des partenaires, le montant total du projet et les financements demandés) visée par un(des) représentant(s) habilité(s) de la (des) structure(s) de gouvernance du(des) pôle(s) concerné(s).

Ces documents devront être transmis en exemplaire original par courrier et courrier électronique à la structure support dans un délai de deux mois après la clôture de l'appel (cachet de la poste faisant foi, pour le courrier).

Faute de réception de ces documents dans les délais indiqués, aucun complément de financement ne sera accordé.

5.6 Procédure de sélection

La procédure de sélection comprend les étapes suivantes :

- validation d'éligibilité des projets par le comité d'évaluation et choix des experts ;
- évaluation des projets éligibles a minima par deux experts indépendants tenus à la confidentialité, sur la base des critères énoncés en § 5.3 ci-dessus.
- examen des rapports d'experts et classement des projets par le comité d'évaluation sur les critères de qualité scientifique, technique et partenariale ;
- sélection des projets par le comité de deuxième niveau ;
- évaluation financière des devis et des entreprises par OSEO/ANVAR pour les projets sélectionnés par l'ANR. Pour les projets ADEME l'évaluation s'effectue par cette dernière ;
- décision de financement par l'ANR ou l'ADEME ;

- finalisation du dossier administratif et financier pour les projets retenus, par le CEA⁶ au nom et pour le compte de l'ANR et par ADEME pour les dossiers financés par elle.
- Etablissement pour les projets retenus, par le CEA et l'ADEME des conventions et/ou des décisions attributives « type » selon les modalités décidées par l'ANR.

⁶ La délégation de ce programme de l'ANR au CEA est mise en place dans le cadre des principes adoptés par le conseil d'administration de l'ANR et explicitée sur le site internet de l'ANR.

Ouverture de l'appel à projets : 3 février 2006.
Clôture de l'appel à projets : 24 mars 2006 à minuit
(date limite de dépôt des dossiers).

Adresse de réception des projets

Les dossiers sont à adresser par le coordinateur :

- par courrier électronique (pas de fichier pdf) à la boîte à lettres suivante :
PV.ANR@CEA.fr
- et par voie postale (le cachet de la poste faisant foi) en triple exemplaire à l'adresse suivante :

CEA Siège
ANR/NTE
31-33 rue de la Fédération
75752 PARIS CEDEX 15

Un accusé de réception du projet sera envoyé au coordinateur par la délégation.

Contacts		
Aspects techniques		Aspects financiers
Pascal COUFFIN Tél. : 01 40 56 24 92 Mail : pascal.couffin@cea.fr Fax : 01 40 56 26 80	André CLAVERIE Tél. : 04 93 95 79 13 Mail : andre.claverie@ademe.fr Fax : 04 93 65 31 96	Fahimeh ROBIOLLE Tél. : 01 40 56 24 72 Mail : fahimeh.robiole@cea.fr Fax : 01 40 56 26 80