

MOTS CLES

Innovation verte

Bâtiment

Contre-productivité

Solaire Thermique

Usage

LES RISQUES DE CONTRE-PRODUCTIVITE A L'USAGE DES INNOVATIONS VERTES DANS LE BATIMENT.

Le cas français des chauffe-eau solaires dans l'habitat collectif

Vincent Renauld-Giard

.....

Depuis les années 2000, les politiques nationales en matière de transition énergétique tentent de diffuser, au sein de la production traditionnelle de logements, une myriade d'innovations vertes issues de l'ingénierie environnementale des années 70.

Or dans le cas du solaire thermique dans l'habitat collectif, notre enquête montre que cette banalisation technologique s'accompagne de dysfonctionnements techniques majeurs sur le terrain, principalement en phase de mise en œuvre et de maintenance, ce qui contrarie alors les bilans économiques initialement prévus pour les habitants et maîtres d'ouvrage.

Cet article défend alors la thèse de la « contre-productivité à l'usage ». Autrement dit, passé un certain seuil de décalage avec les pratiques et savoir-faire en usage dans le monde professionnel, l'innovation pourrait devenir contreproductive au regard des intentions initiales portées par ses promoteurs et par là même décliner sur le marché économique.

.....

Vincent RENAULD-GIARD est ingénieur et chercheur en urbanisme, membre de l'initiative Bâtiment de la Chaire Economie du Climat, et de la Direction Economie et Sciences Humaines du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

**Chaire Economie
du Climat**

**Palais Brongniart,
4ème étage**

**28 place de la
bourse**

75002 PARIS

Le solaire thermique en collectif : une généralisation technologique rapide (2005 - 2010) en l'absence de contraintes sur les qualifications professionnelles.

Depuis le début des années 2000¹, les politiques publiques nationales en matière d'efficacité énergétique et d'utilisation d'énergie renouvelable dans le monde du bâtiment (réglementations thermiques, instruments économiques) redonnent une actualité privilégiée à une myriade d'innovations techniques issues de l'ingénierie environnementale des années 70 et que le contre-choc pétrolier de 1984 avait fait oublier pendant près de deux décennies. Reviennent ainsi sur le devant de la scène économique des technologies emblématiques de l'ingénierie militante, comme les ventilations performantes (double-flux), les panneaux photovoltaïques ou encore le solaire thermique. L'objectif politique affiché, que ce soit pour développer de nouveaux marchés ou pour lutter contre le réchauffement climatique, consiste alors à dépasser le stade de l'expérimentation technologique pour parvenir à celui de la généralisation. Et à ce titre, le cas du solaire thermique est particulièrement révélateur puisqu'à la phase d'expérimentation des années 70-80, marquée par la création du commissariat à l'énergie solaire (1978), le concours du PUCA « 5000 maisons solaires » (1981) ou encore l'élaboration du Label Solaire (1983), se substitue désormais celle de la diffusion de masse au sein de la production traditionnelle de logements.

Historiquement, cette volonté de diffusion du solaire thermique par les pouvoirs publics débute en 2000 avec les premiers soutiens financiers des Régions et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) dont le « Plan Soleil », rebaptisé « Helios » en 2006, subventionne particuliers et maîtres d'ouvrage volontaires dans les phases de pré-diagnostic, d'étude et d'installation². Si le marché individuel se révèle alors rapidement dynamique³, celui du collectif se développe en revanche quelques années plus tard lorsque la Réglementation Thermique de 2005 introduit des labels de « Haute Performance Energétique » (HPE EnR, THPE EnR, BBC) qui tendent alors à banaliser l'usage d'énergie renouvelable pour l'eau chaude sanitaire. Dans ce cadre, si les avantages « Scellier vert »⁴ (LF 2009, art 82) poussent les constructeurs privés à installer du solaire thermique dans leurs bâtiments BBC, ce sont les bailleurs sociaux qui portent l'essentiel du marché en raison d'incitations économiques spécifiques. Car en effet, au-delà des financements régionaux⁵ du

¹ A la suite des accords de Kyoto (1997) et des conférences internationales sur le Climat : Berlin, 1995) ; (Genève, 1996) ; (Kyoto, 1997) ; (Buenos Aires, 1998) ; (Bonn, 1999) ; (La Haye, 2000) ; (Marrakech, 2001), etc.

² Ainsi, dans le « Plan Soleil », pour l'eau chaude solaire collective, la réalisation d'un prédiagnostic solaire et d'une étude de faisabilité est financée par l'ADEME à hauteur de 70% (montant plafonné), puis une subvention de 350 euros HT par m² de capteurs est proposée pour toute nouvelle opération.

³ Cf. les données d'Uniclimate sur le nombre de Chauffes Eau Solaires Individuels (CESI) vendu par année : 100 en 1999, 800 en 2000, 2780 en 2001, 3700 en 2002, 5400 en 2003, 8000 en 2004, 16500 en 2005, 35000 en 2006.

⁴ Quelle que soit la tranche marginale d'imposition, l'acquisition de logements basse consommation (BBC) à destination du marché de la location offre des réductions d'impôts aux propriétaires investisseurs égales à 22% du prix de vente sur 9 ans dans la limite des 300 000 euros, c'est-à-dire de 15 points plus élevés que dans le cas d'un bâtiment non-écologique (valeur 2011).

⁵ En 2010 et en Ile de France, l'appel à projets « solaire thermique » du Fonds Chaleur permettait une prise en charge de 50% des études de faisabilité (25% éligibles pour la Région, et 25% pour l'ADEME) tandis que

Fonds Chaleur de l'ADEME (depuis 2008) et des contrats de projets Etat-Régions, le mode de calcul des subventions publiques et des loyers maximums autorisés dans le logement social favorise largement le recours aux énergies renouvelables pour l'eau chaude. A titre d'exemple, la circulaire ministérielle (UHC/DH2)⁶ de 2010 définit un barème des majorations nationales et locales qui, en cas d'installation d'énergie renouvelable sur l'eau chaude sanitaire, permet de majorer de 1 à 2% les subventions publiques puis de 0,5 à 1% les loyers des locataires. La circulaire précise ainsi : « Une majoration de loyer est possible pour tenir compte des choix énergétiques et des équipements favorisant les énergies renouvelables. Cette majoration est destinée à favoriser des investissements innovants permettant une réduction des charges sans remettre en cause l'équilibre de l'opération »⁷. Cette possibilité de majorer le loyer est d'autant plus importante pour le bailleur que les recettes locatives correspondent schématiquement à 60% des recettes totales du bilan financier. Par conséquent, une majoration de 1% du loyer sur l'ensemble de la durée du prêt contracté avec la Caisse des Dépôts et Consignations (CDC) implique une augmentation globale des recettes de 20% plus élevée qu'une majoration de 2% sur les subventions publiques⁸.

Parallèlement à ces incitations financières, la volonté des pouvoirs publics de banaliser le solaire thermique pour l'eau chaude collective se manifeste par le soutien de l'ADEME au syndicat professionnel SOCOL dès sa création par ENERPLAN⁹ en 2009. L'objectif de SOCOL consiste précisément à « préparer et à accompagner le changement d'échelle du solaire thermique collectif, à le faire passer d'un marché de niche à une massification technologique »¹⁰, notamment en influant les politiques publiques, en sensibilisant les maîtres d'ouvrage et en proposant des référentiels de bonne pratiques pour les installateurs et mainteneurs. Depuis 2005, le marché est en effet en pleine croissance, et la technologie du solaire a le monopole de l'énergie renouvelable sur l'eau chaude sanitaire¹¹. La surface de panneaux solaires thermiques installés en collectif sur le territoire français passe ainsi de 16 000 à 125 500 m² entre 2005 et 2012, avec une progression annuelle oscillant entre 20 et 80% (Données Uniclimate). Dans les bâtiments performants labellisés par la RT2005, la technologie devient même la norme, puisque selon les chiffres de l'observatoire BBC créé fin 2009 par le Ministère de l'Ecologie et l'association Effinergie, 81% des projets BBC certifiés en 2010 (phase projet) sont équipés d'un système solaire thermique.

l'aide à l'investissement s'élevait jusqu'à 60% des dépenses pour les installations dont la productivité est supérieure à 350 kWh/m²/an (30% des dépenses éligibles pour l'ADEME, et 30% pour la Région).

⁶ En application de l'article 65 de la loi n° 2009-323 du 25 mars 2009 de mobilisation pour le logement et la lutte contre l'exclusion, les loyers et redevances maximums des conventions en cours sont désormais révisés chaque année au 1er janvier en fonction de l'indice de référence des loyers (IRL) du 2ème trimestre de l'année précédente. Cette modification permet d'harmoniser les dates de révision des montants de l'aide personnalisée au logement (APL) avec celles des conventions APL.

⁷ Cf. p. 24, Annexe 8 [Circulaire ministérielle UHC/DH2, 2010].

⁸ Calculé proportionnellement selon la formule suivante : (60% d'emprunt * 1% de majoration) / (25% de subventions * 2% de majoration)

⁹ Créé en 1983, Enerplan est le syndicat des professionnels de l'énergie solaire. Il compte 150 adhérents (2013) et a pour mission 1/ de représenter et défendre les intérêts de ses adhérents 2/ de participer au développement de la filière du solaire thermique en France.

¹⁰ Cf. Dossier de presse réalisé par Socol en novembre 2012.

¹¹ Le thermodynamique n'apparaît réellement comme technique concurrente sur le marché qu'à partir de 2012.

Face à cette banalisation technologique, les dispositifs de formation professionnelle imaginés par les pouvoirs publics s'avèrent paradoxalement mineurs et réservés à l'habitat individuel. Les Centres de Formation des Apprentis, gérés par l'éducation nationale, ont le quasi-monopole du cursus initial de formation aux métiers de plombiers, de chauffagistes ou encore de couvreurs qui conditionnent l'installation de chauffe-eau solaires sur le terrain. L'enquête menée par Nadine Roudil montre ainsi qu'au sein de ces cursus habituels, « *les enseignements dispensés restent cantonnés dans une approche très traditionnelle de ces métiers* » (2007, p. 104). Cela signifie qu'il n'est pas fait mention dans les programmes officiels des énergies renouvelables, et du solaire thermique en particulier. Seules de rares formations de plombier-chauffagiste proposent depuis quelques années un Certificat Complémentaire de Spécialisation (CCS) sur le thème des EnR, mais ce dernier reste complémentaire et par ailleurs réservé aux titulaires du diplôme. Historiquement, l'émergence d'un dispositif spécifique de formation professionnelle pour accompagner le développement du solaire thermique en France date du premier « Plan Soleil » de l'ADEME (1999) mais concerne nous l'évoquons exclusivement les installateurs en maison individuelle. Appelée QualiSol, ce dispositif initialement géré par l'ADEME est piloté depuis 2006 par l'association QualitEnr créée la même année à l'initiative d'ENERPLAN, du Syndicat des Energies Renouvelables (SER), de la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB), de la Fédération Française du Bâtiment (FFB) et de l'Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture et de Plomberie (UNCP), dans une démarche essentiellement tournée vers la qualité de mise en œuvre des nouveaux produits issus des grandes industries (Roudil, 2007, p. 105).

Plus précisément, la formation QualiSol est dispensée par un centre conventionné avec l'association QualitEnr, et concerne – jusqu'à cette année – uniquement les chauffe-eau solaires ainsi que les systèmes solaires combinés en habitat diffus. Elle se déroule sur une durée très courte (3 jours) puis se termine par un Questionnaire à Choix Multiples (QCM) dont le taux de réussite avoisine les 90% (Source : QualitEnr, 2013, 2014). Depuis 2008, une journée de travaux pratiques est intégrée aux trois jours de stage, mais celle-ci se déroule uniquement sur une plateforme pédagogique au sein du centre d'accueil. La qualification est délivrée pour 4 ans et comprend en théorie¹² un audit après 24 mois sur une installation réellement mise en œuvre sur le terrain. Pour les artisans qui financent leur formation, la démarche est essentiellement motivée par le fait que le label QualiSol donne le droit aux ménages, lorsqu'ils font appel à des professionnels qualifiés, aux aides des collectivités territoriales, et plus récemment aux aides de l'Etat¹³ dans le cadre du mécanisme d'éco-conditionnalité RGE « Reconnu Garant de l'environnement » (sept. 2014). En revanche, dans l'habitat collectif, les aides publiques ne renvoient à aucune exigence en matière de qualification solaire. Une formation spécifique à l'habitat collectif – QualiSol collectif – n'a d'ailleurs été mise en place que début 2015 et n'a réuni à l'occasion de sa première session au printemps dernier qu'une vingtaine de candidats volontaires.

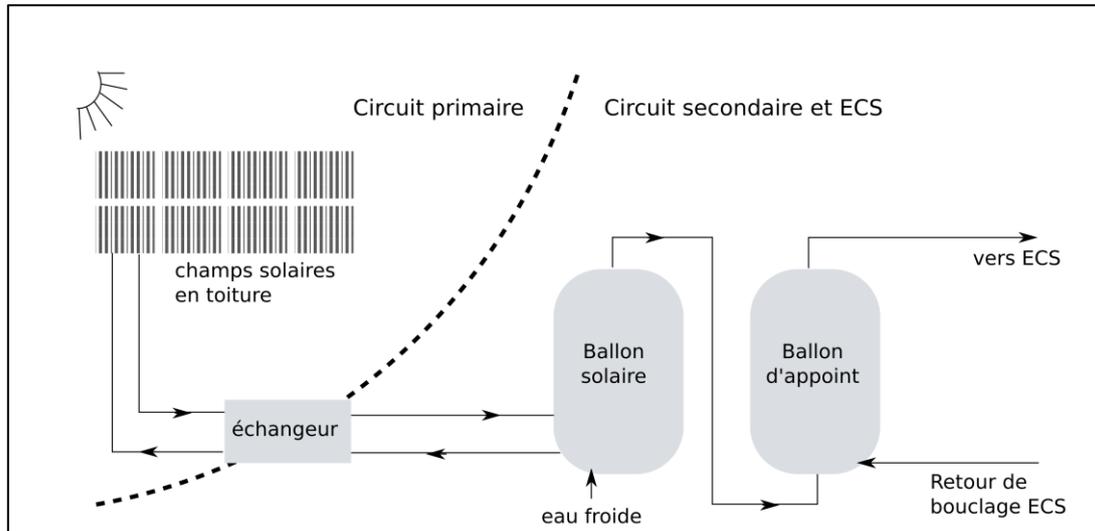
¹² Nous précisons que cet audit est « théorique » car sur les 1000 audits commandés par QualitEnr à son prestataire en 2007, seuls 287 furent réalisés dans les faits (Cf. Rapport d'activité de 2007 rédigé par l'association QualitEnr).

¹³ Il s'agit plus précisément de l'éco-prêt à taux zéro depuis le 1^{er} septembre 2014 et du crédit d'impôt « développement durable » depuis le 1^{er} janvier 2015.

1. Des dysfonctionnements techniques majeurs sur le terrain

1.1 Les premiers retours d'expérience (2012-2014)

Figure 1 : Schéma général de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire collectif



Source : Auteur, 2015

Les premiers retours d'expérience sur cette banalisation technologique – en l'absence de contraintes sur les qualifications professionnelles – témoignent de difficultés majeures de fonctionnement des installations sur le terrain. Les études pionnières menées dans l'habitat collectif par le bureau d'étude Enertech (2012) sur la ZAC de Bonne à Grenoble, par l'ADEME en région Aquitaine (2012), par le programme d'accompagnement des professionnels RAGE (2013, 2014) ou encore par l'Union Sociale pour l'Habitat (2013) témoignent ainsi de résultats particulièrement convergents. Ces résultats, que nous avons synthétisés dans le Tableau 1, montrent toute une série de décalages entre les pratiques professionnelles nécessaires au fonctionnement du système solaire thermique et celles réellement constatées sur le terrain. Mais avant d'appréhender plus en détail ces décalages, rappelons un instant le fonctionnement d'un système d'eau chaude solaire en logement collectif (Cf. Figure 1). Dans un premier circuit dit « solaire » ou « primaire », de l'eau glycolée monte en haute température au sein de champs solaires disposés en toiture. L'eau glycolée mise en circulation joue alors le rôle d'un fluide caloporteur qui, par l'intermédiaire d'un échangeur, transmet sa chaleur au second circuit situé en chaufferie et couramment appelé « circuit secondaire ». Ce circuit alimente alors un « ballon solaire » qui stocke l'eau préchauffée par le circuit primaire. Cette eau préchauffée passe enfin dans un « ballon d'appoint » qui assure la montée en température finale, et par là même la distribution vers le réseau d'eau chaude sanitaire (ECS). De manière à éviter les risques de légionelles et afin d'assurer une arrivée rapide d'eau chaude dans les logements, une boucle d'eau chaude sanitaire est systématiquement installée.

Tableau 1 : Synthèse des principaux problèmes identifiés par les premiers retours d'expérience dans le fonctionnement du solaire thermique collectif

	Pratiques constatées	Dysfonctionnements techniques
Phase de conception	Surdimensionnement des surfaces de champs solaires (calcul BE sur consommation maximale, maximisation du taux de couverture, etc.).	Goudronnage du circuit primaire, fuites possibles près de l'échangeur.
	Sous-dimensionnement du vase d'expansion solaire.	
	Position des composants à entretenir difficiles d'accès (locaux étroits ou sous-comble, accès aux champs en toiture, etc.)	
	Manque de prise en compte du contexte réel dans les logiciels en usage (ombres portées, données météo actualisées, schéma hydraulique réel, etc.)	Baisse de la productivité solaire, augmentation du rôle de l'appoint.
Phase d'installation	Retour de bouclage de l'ECS positionné dans le ballon solaire au lieu du ballon d'appoint.	Le retour de bouclage (50°C) chauffe le ballon solaire.
	Présence de pompes de circulation ou d'homogénéisation entre le ballon solaire et le ballon d'appoint.	Le ballon d'appoint chauffe le ballon solaire. Productivité solaire quasi-nulle.
	Piquages, sondes, et dégazeurs mal positionnés	Baisse de la productivité solaire.
	Défauts d'équilibrage sur les champs solaires en toiture (débits de glycol / champs).	Goudronnage lorsque le débit de glycol est trop faible / surface des champs
	Pression de pré-gonflage du vase d'expansion des capteurs solaires trop basse par rapport à la différence de hauteur entre la chaufferie et les panneaux.	Bulles d'air dans le circuit primaire, manque de fluide, surchauffes.
	Usage de matériaux non solaire (vannes, joints, dégazeurs, mitigeurs, vase d'expansion) sur le circuit primaire et sur le circuit secondaire proche de l'échangeur	Corrosion des matériaux en toiture, fuites glycolées en toiture, déformation des joints à proximité de l'échangeur en chaufferie.
Phase de mise en service	Mise en service par temps ensoleillé.	Formation de bouchons de glycol goudronné dans le circuit primaire.
	Mise en service avec un taux d'occupation inférieur à 70%.	Difficulté de refroidissement du glycol/ Surchauffes sur le circuit primaire
	Mise en service sur l'électricité de chantier. Risques de coupures / électricité finale.	Goudronnage du glycol dans le circuit primaire.
Phase de maintenance	Circulateurs solaires coupés (présence de fuites, attente de réparations ou d'intervention spécifique, etc.)	Goudronnage du glycol dans le circuit primaire.
	Installation à l'arrêt pendant l'été (lorsque le solaire thermique est utilisé également pour le chauffage)	
	Absence de réglage de la régulation en chaufferie ou réglage inhabituel.	Baisse de la productivité solaire. Erreurs de phasage sur les cycles de chauffe / refroidissement.

Source : Synthèse de l'auteur des travaux d'Enertech (2012), ADEME (2012), RAGE/REX (2013), et USH (2013)

Ces rappels effectués, illustrons à présent les dysfonctionnements emblématiques des premiers retours d'expérience des années 2012-2013. En phase conception est

par exemple identifié un surdimensionnement des champs solaires par rapport au volume des ballons en chaufferie et aux besoins des ménages, un sous-dimensionnement du vase d'expansion ou encore un manque de prise en compte du contexte réel dans les logiciels utilisés, notamment sur les ombres portées et les schémas hydrauliques. Lors de la phase d'installation, la principale source de dysfonctionnement s'avère être le positionnement du retour de bouclage dans le ballon solaire (au lieu du ballon d'appoint), ce qui a pour principale conséquence, comme le précise le bureau d'étude Enertech, de réduire par 4 ou 5 l'apport solaire escompté : *« il arrive très fréquemment que par suite d'erreurs de conception ou de montage, le retour de la boucle d'eau chaude sanitaire (dont la température est voisine de 50°) vienne réchauffer le bas du ballon solaire. Il devient alors très rare que l'installation fasse appel aux capteurs solaires, si bien que les apports de ces capteurs en fin d'année ne représentent que 20 ou 25 % de ce qu'ils auraient dû être. »* (Enertech, 2012, p. 18).

L'usage de matériaux « non-solaires » est également très répandu sur les opérations, au niveau des vannes, des dégazeurs, du vase d'expansion mais également pour les joints d'étanchéité (filasse, pâte d'étanchéité), que ce soit sur le circuit primaire glycolé en toiture ou à proximité de l'échangeur en chaufferie. La corrosion, la déformation des joints, l'évaporation de fluide caloporteur, voire dans certains cas les fuites, viennent alors rapidement altérés le bon fonctionnement de l'installation. La phase de mise en service n'échappe pas non plus à ces dysfonctionnements. Car la mise en route du système solaire, couramment réalisée en fin de chantier alors que le taux d'occupation est encore faible dans le bâtiment, peut dégrader partiellement l'installation, tout comme les éventuelles coupures de courant sur l'électricité de chantier. Enfin, concernant la maintenance, la principale source de dégradation des installations provient des coupures des circulateurs par les techniciens, généralement suite à une fuite ou dans l'attente d'une intervention spécifique (réparation, vidange, etc.).

1.2 Notre enquête sur des installations récentes en Ile de France (2014-2015).

De manière à vérifier l'actualité de ces constats et afin d'en mesurer la portée réelle sur le fonctionnement des installations, nous avons mené une enquête en Ile de France entre octobre 2014 et février 2015 auprès de 23 bâtiments de logements sociaux équipés de solaire thermique. Plus précisément, notre investigation s'est focalisée sur des systèmes mis en service entre 2009 et 2013, fonctionnant sous pression, c'est-à-dire sans dispositif autovidangeable¹⁴, et provenant des grandes références industrielles de la filière (Tecsol, De Dietrich, Vaillant, Viessmann, etc.). L'historique approfondi de chacun de ces systèmes a permis d'identifier assez finement le degré de fonctionnement technique de l'installation, les types de problèmes constatés, ainsi que les éventuelles réparations mises en œuvre depuis la mise en service par le bailleur, dans le cadre de la Garantie de Parfait Achèvement (GPA) ou dans celui pourtant moins habituel de l'assurance Dommages Ouvrage

¹⁴ Nous avons fait le choix de ne pas approfondir le cas des systèmes autovidangeables dans notre enquête en raison de leur caractère particulièrement récent sur le marché et également car ils introduisent des problématiques de conception, mise en œuvre et maintenance radicalement différentes des techniques sous pression (rapport spécifique à la pente lors de l'installation par exemple).

(DO). Partant de ces informations, nous avons indiqué les problèmes récurrents rencontrés puis classé les installations en fonction du niveau de dysfonctionnement constaté (Cf. Tableau 2). Le résultat de ce classement est le suivant :

Tableau 2 : Etat de fonctionnement – fin 2014 – de 23 installations solaires thermiques collectives en logement social (Ile de France, mises en service entre 2009 et 2013, hors systèmes autovidangeables)

	A l'arrêt total / HS	Fortement dégradé en l'état	Fortement dégradé puis remis en fonctionnement	Correct depuis mise en service
Principaux problèmes rencontrés	Fuites/pertes importantes de glycol, fuites sur le secondaire près de l'échangeur, coupures des circulateurs en maintenance, panneaux solaires cassés (grêle)	Mauvais branchement du retour de bouclage ECS, surchauffes sur le circuit primaire, joints et calorifugeage en toiture détériorés, perte de pression dans le circuit primaire, corrosion des matériaux en toiture, mauvais équilibrage des champs solaires.		Problèmes légers sans impacts majeurs
Nombre d'installations concernées	4	7	6	6
en %	17%	30%	26%	26%

Source : Enquête de l'auteur, 2014

- 4 stations sur 23 (17%) sont actuellement à l'arrêt total. Cette mise à l'arrêt est dans la plupart des cas actionnée par le mainteneur en chaufferie ou par l'installateur en visite de contrôle, généralement suite à d'importants problèmes sur le circuit primaire (formation de « bouchons », évaporation massive de glycol ou fuites, forte perte en pression, panneaux cassés en toiture, etc.).
- 7 autres (30%) s'avèrent « fortement dégradées ». Cela signifie que l'efficacité ainsi que la pérennité technique de l'installation sont particulièrement éloignées de celles escomptées initialement. C'est le cas par exemple de cette station à Arcueil (12 logements) dans laquelle un mauvais positionnement du retour de bouclage de l'eau chaude sanitaire maintient le ballon solaire à une température élevée (50-60°C), ce qui non seulement réduit drastiquement les apports solaires, mais rend également difficile le refroidissement du glycol dans le circuit primaire. Autre exemple, celui de cette installation à Trappes (130 logements) dans laquelle la dilatation des joints à la filasse en toiture a entraîné de légères fuites de glycol et par là même des phénomènes de surchauffe dans près de la moitié des champs solaires installés.
- Dans un registre similaire, 6 autres stations (26%) ont subi des dysfonctionnements du même ordre, mais ont en revanche été remise en état depuis en partenariat avec l'industriel, généralement dans le cadre de la Garantie de Parfait Achèvement (GPA).
- Enfin, 6 autres stations (26%) fonctionnent aujourd'hui correctement. Autrement dit, lorsque des problèmes sont signalés sur le terrain, ils n'affectent pas de manière significative l'efficacité et le fonctionnement du système.

Citons pour illustrer le cas de cette station solaire mise en route en 2012 et dont le réglage de la régulation n'a pas été optimisé, ni par l'installateur, ni par le mainteneur. Dans ce cas, si l'apport solaire est diminué, les pré-réglages de la régulation par les industriels assurent néanmoins un fonctionnement correct de la station.

2. Un système technique fortement décalé des usages professionnels.

Afin de mieux comprendre les raisons de ces dysfonctionnements constatés sur le terrain, nous avons rencontré en Ile de France entre décembre 2014 et mars 2015 des professionnels mobilisés dans la conception, l'installation et la maintenance de systèmes solaires thermiques dans l'habitat collectif. Cette enquête qualitative, basée sur une série de 19 entretiens longs¹⁵, a permis de mettre en évidence des décalages fondamentaux entre les pratiques escomptées par le fonctionnement des stations solaires dans les différentes phases du projet (conception, dimensionnement, installation, mise en service, maintenance) et celles régulées par les usages professionnels. Par usages professionnels nous entendons l'ensemble des règles et aptitudes incorporées par les professions dans leur pratique quotidienne. Les usages relèvent en ce sens de compétences et de savoir-faire historiquement reconnus dans les corps de métiers traditionnels.

2.1 En phase de conception.

Dans le cas du bureau d'étude, notre enquête révèle par exemple que les phénomènes de surchauffe des installations proviennent régulièrement du fait que le dimensionnement du système solaire a été réalisé par les ingénieurs sur la base de la « consommation journalière maximum » issue des traditionnels Documents Techniques Unifiés de plomberie (DTU 60.11). Cette pratique, tout à fait habituelle en ingénierie, consiste en effet à dimensionner la production d'eau de manière à satisfaire le jour où les besoins en eau chaude sont les plus importants (consommation dite « de pointe »). Or, contrairement à l'appoint, qui doit être dimensionné selon cette logique en usage issue des années 60, une installation solaire doit être pensée sur un besoin moyen journalier appelé « besoin solaire », de manière à prendre en compte la période où la récupération est la plus forte et l'occupation la plus faible. Pour prendre le cas de l'habitat collectif, si l'appoint doit être dimensionné sur une quantité usuelle d'eau chaude à 60°C par personne et par jour (ex : 50L), le solaire doit être appréhendé, en l'absence de données réelles, sur des ratios de 30 à 40% plus faibles proches du besoin minimum (30L à 60°C/pers/jour selon SOCOL). Comme le résume ce directeur d'un bureau d'étude en région parisienne : « *Le problème des ingénieurs avec le solaire, c'est qu'ils ont été formés pour dimensionner les installations sur la logique de la consommation maximale, et que changer cette*

¹⁵ Plus précisément : 4 entretiens avec des bureaux d'études (2 Directeurs, 2 Ingénieurs chargé de mission), 8 avec des installateurs (6 techniciens, 2 Responsables), et 7 avec des mainteneurs (4 techniciens, 3 Directeurs de service). La durée des entretiens varie entre 1h et 3h. Dans le cas des techniciens de terrain (installateurs et mainteneurs), 6 des 10 entretiens ont été réalisés directement en chaufferie, de manière à appréhender au plus près les enjeux d'usage.

logique qu'ils ont apprise à l'école et qu'ils pratiquent pour certains depuis 20 ou 30 ans, c'est beaucoup plus compliqué que ce qu'on imagine au départ. ».

2.2 En phase d'installation.

En phase d'installation, ce hiatus entre les pratiques en usage dans le monde professionnel et celles nécessaires à la mise en œuvre du solaire thermique est également manifeste, principalement sur les logiques de montage, le choix des matériaux et les techniques de raccords. Prenons tout d'abord le cas du branchement du retour de bouclage de l'eau chaude sanitaire, qui constitue, nous l'avons vu précédemment, un des problèmes les plus fréquemment rencontrés sur le terrain. Lors de l'installation de la chaufferie par une entreprise générale de plomberie, si la partie primaire du solaire thermique peut éventuellement être confiée à un professionnel qualifié en solaire (Quali'Sol) ou plus largement en énergie renouvelable (Qualit'ENr), la partie secondaire reste, de son côté, presque systématiquement installée par un plombier traditionnel. Dans ce cadre, le plombier sollicité par l'entreprise générale de chauffage appréhende régulièrement l'installation du ballon solaire et du ballon d'appoint comme un système usuel de deux ballons en série, ce qui s'avère d'ailleurs tout à fait courant car la taille des chaufferies ne permet que très rarement de stocker l'ensemble de l'eau chaude dans un seul ballon. Or, dans cette vision classique de l'installation, le retour de bouclage de l'eau chaude sanitaire doit nécessairement se situer à proximité de l'arrivée d'eau froide, de préférence après le groupe de sécurité, ou éventuellement à l'entrée basse du premier ballon de stockage. L'eau tiède du retour de boucle doit en effet, selon les habitudes des professionnels, être entièrement réchauffée de manière à respecter le « principe de stratification » entre les ballons en série. Ce principe, fondé sur la variation de la densité et de la pression de l'eau en fonction de sa température, permet d'avoir l'eau la plus chaude dans la partie haute du ballon tout en conservant le maximum de chaleur accumulée. Pour conserver cet équilibre et éviter les courants énergivores provoqués par l'arrivée d'une eau plus froide que celle stockée, le retour de bouclage doit donc, dans les règles habituelles de l'art, se situer après l'arrivée d'eau froide. C'est la raison pour laquelle de nombreuses installations solaires thermiques dysfonctionnent, puisque le retour de bouclage est relié au ballon solaire (arrivée d'eau froide), ce qui implique, nous l'avons vu précédemment, une réduction d'environ 75% la productivité solaire.

L'importance de cette règle habituelle de montage hydraulique pour le retour de bouclage est d'autant plus manifeste sur le terrain que certains plombiers vont jusqu'à modifier le schéma initial de l'installation préconisé par le bureau d'étude pour s'assurer que le piquage du retour de boucle se situe bien à proximité de l'arrivée d'eau froide. Un technicien d'une major de la maintenance témoigne ainsi : *« Quand on est arrivé ici, le solaire fonctionnait tellement mal qu'il a fallu l'intervention d'un expert après plusieurs mois qu'on a payé une fortune pour réaliser simplement que c'était juste la boucle qui était mal positionnée. Regardez, ici, on a modifié maintenant, mais au début, tout allait dans le premier ballon, donc en fait le solaire, ben il était toujours chaud et donc se mettait quasiment jamais en route. Et ce qui est le plus hallucinant, c'est qu'on a regardé ensuite, on a fait notre petit historique (rire), et le schéma initial, ben il était bon au départ, c'est ça qui est incroyable, y avait pas d'erreur. C'est le plombier qui a modifié. ».* Un autre

technicien interrogé nous raconte ensuite le cas d'une installation solaire dans laquelle le retour de bouclage est relié à la fois au ballon d'appoint et au ballon solaire avec un système de vannes. Relativement courant, ce système peut s'avérer pertinent car il fait office de by-pass en cas de problème ou de pannes sur un des ballons. Or dans ce cas, détaillé dans l'Extrait 1, le plombier spécialisé en solaire montre qu'après une bataille de plusieurs semaines sur le sens d'ouverture des vannes, le plombier du réseau secondaire a finalement décidé de couper le tuyau du retour du bouclage vers l'appoint, puis de mettre un bouchon afin de s'assurer que tout le retour de boucle aille uniquement dans le premier ballon à proximité de l'eau froide comme il est d'usage dans les chaufferies traditionnelles.

Extrait 1 : Cas d'une bataille entre le plombier solaire et le plombier du réseau secondaire sur le positionnement du retour de bouclage ECS.

« Au printemps dernier, j'étais sur un chantier avec du solaire à Champs sur Marne, bon, et ça se passait pas très bien, on avait la pression pour finir, et la communication était franchement pas terrible entre le chef de chantier et l'entreprise générale qui réalisait la chaufferie. C'était franchement le bordel. Et moi, sur cette installation solaire, j'avais juste posé les panneaux en toiture et fait le primaire. Un jour, je vais en chaufferie, quelques semaines plus tard, et je vois que le gars avait inversé les vannes pour le retour de bouclage. En gros, il balançait tout dans le solaire, donc ça allait pas, forcément. Bon je me dis, c'est une erreur classique, je change les vannes et tout ira bien. Ben pas du tout, je reviens une semaine plus tard et tout avait été changé à nouveau, le retour de bouclage allait à nouveau direct dans le ballon solaire. Je me dis c'est pas possible. J'inverse à nouveau, j'appelle l'entreprise générale pour leur signaler, et là, je sais plus pourquoi, je reviens sur le chantier, c'était peut-être 3 ou 4 mois plus tard, je débarque en chaufferie pour finaliser un réglage sur la régul, et là qu'est-ce que je découvre ? Le tuyau du retour de bouclage avait carrément été coupé, le plombier avait mis bouchon pour s'assurer que tout aille bien direct dans le solaire. »

Source : Entretien avec un installateur solaire expérimenté.

Par ailleurs, le fait que le ballon solaire soit appréhendé par les professionnels comme un habituel ballon de stockage positionné en série avec l'appoint est également confirmée par la présence régulièrement constatée sur le terrain de pompes d'homogénéisation. Dans plusieurs cas rencontrés, ces pompes sont installées par le plombier sur le réseau secondaire entre la sortie du ballon d'appoint et l'entrée du ballon solaire, ce qui a pour effet de transférer partiellement la chaleur de l'appoint vers le ballon solaire, et par là même de dégrader la productivité du système. Or, la présence de cette pompe est tout à fait courante dans le cas de ballons électriques situés en série. Elle permet de brasser les ballons de stockage avant la fin de la période de réchauffage de nuit et par là même de récupérer les volumes d'eau chaude stockés sous la résistance.

Concernant le choix des matériaux et des types de raccords, le solaire thermique apparaît également en rupture avec certains usages et savoir-faire des installateurs. Sur le terrain, et plus précisément sur les circuits primaires, les professionnels utilisent

ainsi des types de vannes, dégazeurs, vases d'expansion ou encore soupapes tout à fait habituels et disponibles dans les centrales d'achat. La dégradation du matériel (rouille, oxydation, usure), la perte de pression, et des fuites de glycol s'expliquent ainsi car les risques de voir monter le circuit primaire à des températures pouvant aller jusqu'à 150-200°C, notamment lors d'une panne d'un circulateur, exigent un matériel spécifique en termes de viscosité et de capacité d'expansion, afin de résister à la chaleur et à la dilatation des fluides, mais aussi à la corrosion en cas d'exposition extérieure du matériel. Dans les faits, cette exigence va à l'encontre des habitudes d'achat des entreprises générales de plomberie : *« De toute façon, nous, quoi qu'on fasse, c'est toujours le plombier général qui fournit le matériel, et lui, c'est connu, il est habitué au matériel classique qu'il achète au plus tôt la veille des travaux dans sa centrale d'achat. Donc c'est sûr qu'il va jamais s'emmerder à commander des vannes TA solaire, spécifiques et tout, qui ne vont arriver de toute façon que 2 ou 3 semaines plus tard alors que le chantier, lui, il doit finir dans 2 jours. »*¹⁶. Cette problématique des matériaux n'est pas non plus absente sur le circuit secondaire car le traditionnel PVC Haute Température, qui résiste à 90°C, s'il convient parfaitement aux réseaux d'ECS habituels (60°C), peut poser des difficultés à proximité de l'échangeur à plaque. Citons pour illustrer le cas de cet équipement solaire à Choisy-Le-Roi dont une panne sur le circulateur secondaire a provoqué une impossibilité de refroidissement sur le circuit primaire, et par conséquent une montée du glycol en haute température qui s'est diffusée au sein de l'échangeur jusqu'à déformer le PVC en forme de « bec d'avion » et provoquer des fuites d'eau en chaufferie.

Au-delà des matériaux, de nombreuses évaporations ou fuites de glycol en toiture s'expliquent également par le fait que les plombiers réalisent l'installation primaire avec des raccords conventionnels, que ce soit au niveau des joints ou des raccords fixes. C'est le cas sur 13 des 23 bâtiments sur lesquels nous avons enquêté en Ile de France. La pâte d'étanchéité classique, le téflon ou encore le célèbre joint à la filasse, qui date de l'Antiquité, sont monnaie courante en toiture, alors que la technologie du solaire nécessite d'utiliser du soudo-brasage (brasure cuivre) ou des pâtes bien spécifiques résistantes à des températures supérieures à 150°C. Dans les faits, la pâte d'étanchéité et la filasse sont souvent combinées dans les règles de l'art de la plomberie traditionnelle, alors même que, comme le précise cet installateur d'une cinquantaine d'année, cette technique est chronophage sur chantier : *« Moi sur ce chantier (il parle d'un chantier solaire auquel il a participé) comme sur tous les autres, je fais tout à la filasse, c'est une question de principe... alors je sais que maintenant beaucoup se contentent des nouvelles pâtes d'étanchéité, mais au moins avec la filasse, t'es tranquille, tu sais que tu fais du bon boulot. Après, c'est sûr, il faut savoir faire, et ça prend du temps, il faut gratter le filetage avec une lame, rouler la filasse dans un certain sens et tout, avoir les bonnes clés et un bon coup de main, mais au moins le travail, il est bien fait. On a une satisfaction vous voyez. Et c'est ça que je trouve dommage aujourd'hui sur les chantiers, c'est qu'on a plus le temps de faire notre travail, on nous dit toujours d'aller plus vite, qu'il faut finir. Mais moi, vous savez, je suis à l'ancienne, je tiens à faire les choses dans les règles de l'art. »*.

¹⁶ Cf. Entretien avec un Plombier-installateur spécialisé dans le solaire.

2.3 En phase de mise en service.

En fin de chantier, il est généralement d'usage dans les entreprises de construction de mettre en service la chaufferie assez rapidement après son installation, principalement pour s'assurer que tout fonctionne avant la livraison du bâtiment aux clients finaux¹⁷. Par conséquent, la nécessité de mettre en service la station solaire lorsque le taux d'occupation est supérieur à 70% est donc rarement respectée. Les chefs de chantier poussent au contraire à une mise en circulation rapide des installations de plomberie de manière à identifier les éventuels problèmes et à les corriger dans les délais du chantier. Dans le cas du solaire, ce mode habituel de fonctionnement alors que la consommation d'eau chaude est faible dans le bâtiment peut impliquer des difficultés de refroidissement du circuit primaire et par là même d'éventuelles surchauffes en toiture. De plus, une fois la mise en route sur chantier, il apparaît que les coupures d'électricité sont monnaie courante en chaufferie, que ce soit pour effectuer une vidange, réparer une fuite ou encore lors du passage de l'électricité provisoire à l'électricité finale. Ces coupures des circulateurs, même de quelques heures, si elles ont lieu par temps ensoleillé, peuvent provoquer des « goudronnages » et contrarier la bonne circulation de l'eau glycolée dans le circuit primaire : « *Les coupures de courant sur chantier, ça c'est vraiment un problème car si la régulation solaire fonctionne plus, tout se dégrade très très vite, parfois juste en quelques heures, et je sais que même si je leur dis bien de faire attention, de ne pas couper les circulateurs et tout, même si je le répète dix fois, vingt fois, derrière y a rien à faire, ils le font, je le vois régulièrement, alors parfois ça n'a pas trop d'impact, mais bon il suffit que ça tombe un jour où il fait 30°C et là, même une coupure d'une demi-heure, ça laisse forcément des traces.* »¹⁸.

2.4 En phase de maintenance.

Enfin, en phase de maintenance, la technologie du solaire pose également plusieurs difficultés vis-à-vis des habitudes des techniciens, notamment au niveau des conditions de travail ou de la logique même du métier de mainteneur. Un premier exemple particulièrement récurrent dans nos entretiens se pose ainsi au niveau de l'accessibilité de l'installation en chaufferie. Car la présence du solaire dans des chaufferies à taille constante (optimisation économique des constructeurs) implique un agencement beaucoup plus dense et resserré des dispositifs de plomberie (ballons, tuyaux, vannes, échangeurs, soupapes, etc.). Cela signifie que les mainteneurs éprouvent régulièrement des difficultés à contrôler l'installation en l'état, ce qui va à l'encontre de la pérennité du système : « *Regardez là, ils nous ont collé tous les ballons ici et du coup, avec tous les tuyaux, je fais comment moi pour vérifier si y a pas de fuites, pour aller derrière, pour voir ce qui se passe, on voit rien, regardez ! Du coup, je suis obligé d'utiliser tout le temps ma lampe de poche, mon miroir là comme ça. Je perds du temps, quoi ! (...)* Et dans tous les bâtiments avec du

¹⁷ Cf. cet échange avec un chef de chantier d'une opération neuve BBC avec solaire thermique : « La chaufferie, moi je demande toujours de la mettre en service dès que tout est prêt avant la livraison, comme ça, si y a un problème, on le voit tout de suite, parce que tant que c'est pas mis en eau, on sait pas si le boulot il a bien été fait ou pas, s'il faut changer des choses, tout ça. »

¹⁸ Cf. entretien avec un jeune Plombier-installateur spécialisé dans le solaire (individuel et collectif).

solaire ou de l'enr, c'est pareil, ils mettent des trucs en plus mais bon la place en chaufferie, elle, elle change pas, vous remarquerez, donc résultat, nous, on arrive pas à faire notre boulot correctement. (...) Une fois j'ai eu une chaufferie qui faisait tout juste 1m50 de large et mon ballon faisait 1m30 de diamètre. Alors qu'à côté y a des locaux vélos et poubelles surdimensionnés !»¹⁹. Ce problème d'accessibilité pour les chauffagistes de la maintenance est d'ailleurs particulièrement tangible au niveau des soupapes de sécurité, situées à l'arrière des ballons et qui servent à réguler les excès de pression lorsque la température de l'eau augmente. Car la densité des installations complique la tâche des chauffagistes. Un mainteneur interrogé reconnaît même avoir abandonné l'idée de vérifier le fonctionnement de ces soupapes : « C'est clair que moi, sur une installation comme celle-là, je regarde si y a pas de fuites apparentes évidemment, mais je peux pas faire plus. Déjà que c'est pas simple de détecter une fuite avec le calorifugeage, mais en plus ils nous compriment tout dans un mètre carré, donc moi c'est clair que y a des trucs, je fais pas, y a des soupapes de sécurité, je fais pas, je contrôle pas. Je peux pas le faire, j'ai pas le choix ».

Au-delà de ces difficultés d'accessibilité qui peuvent nuire à la pérennité des installations, un certain nombre de dysfonctionnements techniques s'expliquent aussi par le décalage entre la logique habituelle du métier de mainteneur et les contraintes spécifiques du solaire thermique. Prenons le cas de la mise à l'arrêt des installations pendant la période estivale, très souvent constatée lorsque l'eau chaude solaire est destinée uniquement au chauffage des appartements (chauffage central, chauffage au sol, etc.). Dans cette situation, les sociétés de maintenance ont l'habitude de couper la circulation d'eau au début de l'été puis de la remettre à l'automne, ce qui évite à juste titre de faire fonctionner les pompes, mais provoque dans le cas du solaire d'importantes surchauffes sur le circuit primaire.

Dans le même registre, citons également le phénomène de cercle vicieux en cas de fuites ou de pannes en phase fonctionnement. Car lorsque ces dernières sont constatées par le mainteneur sur le système solaire, la nécessité technologique voudrait qu'elles soient rapidement réparées de manière à éviter une mise à l'arrêt du système qui provoquerait des surchauffes, tandis que dans la logique du technicien, il s'agit d'abord d'arrêter la fuite, de faire remonter le problème à sa société puis de s'assurer que les habitants aient toujours de l'eau chaude. C'est pourquoi un léger dysfonctionnement peut rapidement s'aggraver par une prise en charge selon les habitudes actuelles. Pour illustrer, prenons le cas de ce bâtiment à Cergy dans lequel une simple fuite sur le circuit secondaire a été constatée une année après la mise en service de l'installation. Dans ce cas, le chauffagiste chargé de la maintenance a tout d'abord coupé le circulateur (donc la mise sous pression) de manière à mettre un point d'arrêt aux fuites, l'appoint au gaz assurant immédiatement le relais en eau chaude pour les habitants. Il consigne ensuite méticuleusement le problème constaté dans le cahier de maintenance ainsi que la mise à l'arrêt du circulateur, puis signale la situation à sa société. Cette dernière procède alors à son analyse habituelle des responsabilités entre les différents protagonistes concernés (industriel, installateur, maître d'ouvrage, etc.) puis valide la réparation du chauffagiste une semaine plus tard, autrement dit après une durée

¹⁹ Cf. entretien avec un Mainteneur formé au solaire.

suffisamment importante pour que le processus de refroidissement du glycol ait été fortement dégradé dans le circuit primaire.

3. Contre-productivité à l'usage et déclin technologique.

3.1 Contre-productivité pour l'habitant.

Tableau 3 : Surcoût « P2 solaire » dans les contrats de maintenance (en € TTC/logt/an)

	Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4	Proposition retenue
Cas d'une installation solaire complexe (eau solaire séparée de l'ECS)	52,6	70,8	70,9	60,5	60,5
Cas d'une installation solaire classique (schéma hydraulique standard)	29,4	40,7	31	32,2	31

Source : Extrait de la réponse à l'Appel d'Offres (2014) lancé par un bailleur social en Ile de France

Les différents problèmes que pose le solaire thermique à l'usage pour les professionnels ont pour première conséquence d'impliquer des coûts de maintenance plus élevés que ceux escomptés initialement. Chez les bailleurs sociaux, la partie « P1 » du contrat de maintenance financée par les locataires et correspondant à la fourniture d'énergie comprend en ce sens un taux d'apport solaire contractuel – lorsqu'elle en contient un²⁰ – particulièrement réduit (20%) au regard du taux théorique initialement prévu lors du dimensionnement (de 30 à 60%²¹). Cela signifie que les sociétés de maintenance, face à des installations jugées peu fiables, évaluent systématiquement à la baisse l'apport solaire réel et par conséquent l'économie réalisée par les habitants sur l'eau chaude sanitaire. Comme le précise ce responsable commercial sénior d'une société de maintenance implantée en Ile de France : « *Nous, aujourd'hui, concrètement, dans nos contrats solaires, si on est amené à s'engager, on va jamais au-delà du 20% d'apport, ça c'est clair, et là on est vraiment aligné avec nos concurrents. C'est-à-dire qu'aujourd'hui, sur ce type d'installation innovante, mal maîtrisée, qui fonctionne il faut le dire pas très bien, je connais personne qui partirait sur du 30 ou 40%.* ». Cette estimation de l'apport solaire par l'entreprise de maintenance à environ 20% est d'ailleurs confirmée par notre investigation auprès de bailleurs sociaux en région parisienne. En témoigne cette réponse à deux appels d'offres datant de 2014 (Cf. Tableau 3) et dans laquelle les 6 sociétés de maintenance concurrentes (DALKIA, COGEMEX, CRAM, CIEC, THOP, COFELY) indiquent un taux contractuel d'apport solaire égal à 15 ou 20%. De manière plus générale, il arrive également que les mainteneurs ne prennent aucun risque et ne s'engagent en ce sens sur aucun apport solaire.

²⁰ Bien que la tendance soit à la contractualisation de l'apport solaire par le mainteneur, il reste néanmoins tout à fait courant que la société de maintenance ne soit pas engagée dans le fonctionnement de l'installation solaire thermique. Dans ces conditions, c'est le taux d'apport solaire réel fortement minoré par les dysfonctionnements techniques qui permet de mesurer l'économie réalisée par les habitants sur leur facture de gaz ou d'électricité.

²¹ Cf. Références fournies par SOCOL (2015).

Tableau 4 : Bilan économique réel du solaire thermique pour l'habitant (hors majoration de loyer)

DONNEES		Valeur basse	moyenne	Valeur haute	Cas réel 1 (installation complexe)	Cas réel 2 (installation standard)
Prix de l'énergie nécessaire au réchauffage (gaz ou électricité)	€TTC/m3	4,5	5	6	5,48	4,59
Consommation annuelle ECS	m3/logt/an	25	35	45	35	40
Apport solaire / contrat d'exploitation P1	%	15%	20%	25%	20%	20%

BILAN		Scénario pessimiste	Scénario moyen	Scénario optimiste	Cas réel 1	Cas réel 2
Repère : facture annuelle standard pour ECS gaz	€TTC/logt	270	175	112,5	-	-
Economie par logement sur la facture d'eau chaude	€TTC/an	17	35	67,5	38,36	36,72
Charge maintenance récupérable. Plus-Value P2 solaire	TTC/logt/an	80	40	25	60	35
Bilan économique	€TTC/an	-63	-5	42,5	-21,6	1,7

Source : Auteur, 2015

Puis la partie appelée « P2 » des contrats, qui correspond à la maintenance technique usuelle de l'installation (contrôles, réglages, petites réparations), s'avère de son côté fortement majorée par la présence de solaire thermique en chaufferie. De manière à rémunérer le risque des installations considérées peu fiables au regard des dysfonctionnements techniques constatés, à anticiper des coûts de réparation, voire par effet d'aubaine, les sociétés de maintenance augmentent généralement de 25 à 80 € TTC/logt/an leur prestation de service P2, sachant que le coût habituel P2 hors solaire est en moyenne de 40 € TTC/logt/an²². Les deux appels d'offres que nous évoquons sont à ce titre révélateurs (Cf. Tableau 4) puisque dans le premier cas, qui concerne une installation complexe (séparation hydraulique entre le stockage solaire et la production d'eau chaude), les propositions des entreprises sur le « surplus solaire P2 » varient de 53 à 71 € TTC/logt/an, alors que dans le second, qui concerne une installation au schéma hydraulique standard, elles oscillent de 29 à 41

²² Cf. (USH, 2013).

€/logt/an. Ces propositions apparaissent donc bien supérieures à celles imaginées par les promoteurs du solaire thermique. Le syndicat SOCOL précise en effet que les frais de maintenance pour une installation moyenne (25-50 m²) ne doivent pas dépasser 350 € TTC/an, autrement dit environ 10 € TTC/logt/an.

Partant de ces constats, et de manière à appréhender l'économie réelle pour l'habitant dans le cas du logement social, nous avons alors mis en perspective les économies contractuelles réalisées sur le chauffage d'appoint (gaz, électricité, etc.) avec les charges récupérables liées à la maintenance des équipements. Cette économie varie schématiquement selon le prix nécessaire à la chauffe de l'eau (entre 4 et 5 euros HT/m³ en moyenne pour le gaz), la consommation en ECS des ménages, l'apport solaire évalué par la société de maintenance – lorsque cette dernière s'engage – et enfin la charge récupérable due à la maintenance courante de l'installation solaire. Selon les différents scénarios que nous avons synthétisés dans le tableau 4, le bilan pour l'habitant se révèle rarement positif, généralement nul voire largement négatif dans le cas du scénario le plus désavantageux (-63 euros / an). Cela signifie que les charges récupérables en maintenance tendent la plupart du temps pour les habitants à annuler voire à dépasser les économies réalisées sur le chauffage d'appoint.

Cette tendance se confirme également par le fait qu'il faudrait, dans le cas du logement social, ajouter à ce bilan la part de la majoration du loyer due à la présence de technologies performantes énergétiquement. Actualisée chaque année par le Ministère du Logement, cette part s'ajuste selon un « barème local » défini par les préfets de région et département, les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), ou encore les directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL). Dans le cas spécifique du solaire thermique, elle n'est pas précisément quantifiable car elle se retrouve à la fois dans la majoration du loyer rendue possible par l'obtention de labels énergétiques (de 6 à 10% en fonction des différentes catégories de logements pour les BBC en 2010, 2011, et 2012)²³, puis dans celle qui concerne plus précisément l'usage d'énergie renouvelable dans la production de chaleur, et qui oscille entre 0,5 et 1% (valeurs 2010)²⁴ en fonction de la part de la consommation totale couverte par la technologie verte. Néanmoins, si l'on s'en tient à la fourchette basse et pour un logement non-BBC conventionné à 500€ de loyer, et à titre d'exemple, l'introduction de 15% d'énergie renouvelable sur la production de chaleur (en consommation totale)²⁵ signifie pour le locataire que le bailleur social est en mesure de majorer son loyer conventionné de 30 euros à l'année (60 euros pour 50% d'EnR). Cela signifie donc plus largement que la présence du solaire thermique, compte tenu des dysfonctionnements actuels, est pour l'habitant contre-productive du point de vue économique. L'augmentation du loyer couplée au montant particulièrement élevé de la charge récupérable de maintenance spécifique au solaire s'avère clairement supérieure à l'économie de gaz ou d'électricité concédée par la société de gestion.

²³ Cf. la circulaire ministérielle UHC/DH2 actualisée chaque année.

²⁴ *Ibid.*

²⁵ La Circulaire ministérielle UHC/DH2 (2010) précise ainsi que la possibilité de majorer le loyer est rendue possible dès lors que sur la production de chaleur, 15% de la consommation totale provient d'une énergie renouvelable.

Extrait 2 : La perception de la « gratuité » de l'eau chaude chez les habitants (Fréquel-Fontarabie, Paris)

« Nous ici c'est bien, l'eau est chauffée sur le toit, avec le soleil et tout, ben c'est sûr que nous on en profite quoi. (...) Avec les panneaux solaires moi je me gêne pas, j'en profite. Ma fille c'est pareil, elle profite aussi, depuis que je lui ai dit, elle prend les bains tout l'été, tranquille, parce qu'en fait, avec le soleil et tout, ça chauffe l'eau directement, et nous ici, l'eau elle bien chaude » (Foyer 1)

« Je sais qu'ici c'est spécial parce qu'on paie pas l'eau chaude. (...) On paie rien je vous dis ! C'est les panneaux solaires qu'ils ont mis je vous dis, ça chauffe l'eau directement, et l'eau elle est chaude, même l'hiver elle est chaude je vous dis, ça marche très bien, nous bon on se plaint parfois mais là on est très content. (...) Donc on se prive pas, les douches tout ça c'est sûr c'est agréable, tu rentres du travail, tu te poses sous l'eau, tu restes bien longtemps, bien tranquille. (...) Bon, et nous on a 4 enfants quand même donc nous les bains c'est souvent. Donc ça aussi c'est bien. » (Foyer 2)

« Ils nous ont mis des panneaux solaires, vous avez vu ? C'est pas très beau, mais bon, il paraît que ça chauffe l'eau, et tout, donc ça moi je leur ai dit, j'en ai parlé à l'amicale, que ça c'était bien, nous on est content. (...) et l'hiver, il paraît que quand y a pas de soleil, y a un autre chauffage qui se met en route, mais nous ici, je vous dis, on a toujours de l'eau chaude, même très chaude regardez (il me montre). Je sais par exemple que moi l'été ici j'aime bien prendre des douches, mon fils, il fait du sport aussi, et l'eau ici on la paie presque pas. » (Foyer 3)

« L'eau elle est pas chère ici, c'est du solaire. Et moi au début quand mon mari quand il m'a dit ça, je lui ai dit, mais l'hiver elle va être chaude l'eau ou pas ? Vous voyez, je commençais à m'inquiéter. Et franchement, je vous dis, la vérité, y a pas de problème, elle bien chaude. (...) Pour l'instant, on a pas reçu de facture, donc on sait pas trop, mais franchement on est content, c'est toujours ça de plus pour les enfants. » (Foyer 4)

De plus, notre enquête a permis d'appréhender le fait qu'il pourrait exister un phénomène d' « effet rebond » sur les consommations d'eau chaude dès lors que les habitants connaissent l'existence de panneaux solaires thermiques dans leur bâtiment. Dans l'enquête que nous avons menée auprès de 6 foyers²⁶ dans de nouveaux logements sociaux de l'écoquartier Fréquel-Fontarabie (Paris 20^e), les habitants considèrent souvent que l'eau chaude est « gratuite » grâce à la présence du système solaire (Cf. Extrait 2). Plus précisément, 4 foyers sur 6 sont concernés. Certains ont cette perception uniquement l'été tandis que d'autres imaginent que cela est valable pour toute l'année, témoignant alors d'inquiétudes sur le fait que l'eau soit bien chaude pendant la période hivernale. Dans les deux cas, cette représentation conduit les habitants, souvent d'ailleurs dans la délectation imaginaire d'une « eau directement chauffée par le soleil », à « en profiter » ou à « ne pas se

²⁶ Cette enquête a été réalisée en porte-à-porte au sein de 2 bâtiments sociaux possédant chacun un système solaire collectif.

priver», sur la durée des douches par exemple ou sur la prise plus fréquente de bains. Bien que cette hypothèse mériterait d'être vérifiée à plus grande échelle, certains retours de bailleurs sociaux semblent aller dans ce sens. Un bailleur de la région Rhône Alpes est ainsi confronté au fait que ses bâtiments réhabilités avec du solaire thermique ont une consommation de 18% plus élevée que la moyenne de son parc hors solaire (39m³/logt/an au lieu de 33m³/logt/an). Dans le même registre, un bailleur d'Ile-de-France raconte la manière dont il a été confronté à l'une de ses amicales de locataires. Cette dernière jugeait sa facture d'eau incompréhensible en présence des panneaux solaires : *« ils pensaient tous que l'eau chaude était presque gratuite et que le solaire chauffait l'eau à 100%, donc c'est sûr qu'ils ont été surpris, donc nous on leur a expliqué, on a dit les choses, mais ils étaient tellement persuadés qu'ils payaient pas l'eau que ça a été compliqué pour nous à gérer comme situation. »*. Sur ce bâtiment d'ailleurs, la mesure des consommations d'eau sur l'année concernée a révélé qu'elle était, à 56 m³/logt/an, l'une des plus élevées de l'ensemble du parc de logements du bailleur.

3.2 Contre-productivité pour le bailleur.

Du point de vue du bailleur, le fait que la technologie du solaire soit fortement décalée des savoir-faire en usage et par là même dysfonctionne n'est pas neutre au regard de ses propres logiques d'action. Plusieurs éléments significatifs en témoignent. Le principal concerne la manière dont le solaire thermique fait croître les charges récupérables de maintenance chez les locataires (P2). Car ce problème va non seulement à l'encontre de l'intérêt de l'habitant, mais également de celui du bailleur dont la stratégie actuelle est à la « maîtrise des charges » des locataires, c'est-à-dire à la maîtrise des impayés de loyers, qui constitue en réalité son corolaire, l'habitant privilégiant le paiement de ses factures à celui de son loyer²⁷.

De plus, cette absence d'économies réelles pour l'habitant met les bailleurs sociaux dans une situation délicate vis-à-vis des associations de locataires. Elle signifie des risques latents de conflits et par là même la nécessité potentielle d'intervenir financièrement sur les opérations pour résoudre le manque à gagner des habitants. Pour contourner ce risque, un bailleur social raconte hors micro avoir été jusqu'à installer des systèmes solaires thermiques sans pour autant mettre en route la technologie en chaufferie : *« Je ne devrais pas le dire, mais chez nous, la démarche, notamment pour éviter d'avoir à gérer d'éventuels conflits avec nos amicales, ça a parfois été : on met le solaire et on branche pas les tuyaux. Comme ça on paie pas le P2 en plus, et on est sûr de pas avoir de surcoût pour les habitants, parce que c'est quand même pas rien pour les locataires, de mettre 50 euros en plus, d'autant que nous les charges, on fait un gros travail là-dessus. Et rajouter ça pour un gain négatif ou de zéro... Donc au niveau de la Direction, on nous disait, on met les panneaux et on s'arrête là. Et c'est vrai qu'on l'a fait à quelques reprises. »*.

²⁷ Cf. entretien avec ce responsable de la maintenance d'un bailleur social : *« Aujourd'hui on sait très bien avec le solaire que nos locataires, ils vont payer plus de charges de maintenance qu'ils ne vont faire d'économies, donc pour nous, qu'est-ce que ça veut dire ? ça veut dire que derrière, les locataires, on le sait, ils vont toujours payer d'abord leurs factures, donc les impayés de loyer vont mécaniquement augmenter, donc ça c'est un vrai problème pour nous dans un contexte où le budget de nos ménages, il tend plutôt à se précariser qu'autre chose »*.

Sur le plan des ressources humaines, la gestion des dysfonctionnements du solaire implique également un « coût humain » non négligeable pour le bailleur. L'exemple le plus révélateur est celui du type d'assurance mobilisée, car la gravité et la fréquence des dysfonctionnements constatés sur le terrain implique l'usage de l'assurance « Dommage Ouvrage » (DO), beaucoup plus chronophage que la traditionnelle Garantie de Parfait Achèvement (GPA)²⁸. Dans les cas de « désordres décennaux » qui « rendent impropres un équipement à sa destination » (article 1792 du code civil), le bailleur doit en effet réaliser des déclarations exclusivement dans le format DO, que ce soit la première année après réception des travaux en substitution de la GPA ou dès la deuxième année en fin de GPA. Et le recours à cette assurance est un processus qui exige une forte mobilisation des services supports, dans la déclaration DO elle-même – qui comprend des éléments complexes sur les dommages constatés, les acteurs engagés, la mise en demeure de la GPA – mais également dans l'analyse des rapports d'experts voire dans la constitution des dossiers de remboursement des frais engagés.

3.3 Déclin technologique.

Plus largement, le fait que les dysfonctionnements du solaire soient contre-productifs pour les maîtres d'ouvrage conduit ces derniers à réajuster leurs choix technologiques et par là même à revenir, dès lors que la réglementation l'autorise, à des systèmes de chauffage plus traditionnels, mieux maîtrisés par les corps de métiers actuels²⁹. C'est une des raisons pour lesquelles après une forte croissance du nombre d'installations solaires dans les années 2005-2010, la part de solaire dans les nouveaux projets de certification BBC est en recul constant depuis 2011, passant de 82% en 2010 à 19% en 2014 (Cf. Figure 3), au bénéfice essentiellement des chaufferies au gaz (9% en 2010 et 72% en 2014). De même, selon les données que les industriels fournissent chaque année à Uniclimate, le nombre de panneaux solaires vendus en France dans le logement collectif s'avère en net recul depuis 2013, avec une première baisse de 22% par rapport à 2012 puis une seconde de 23% en 2014 (Cf. Figure 2). Cette baisse est d'ailleurs d'autant plus significative que selon les chiffres donnés par le Ministère de l'Ecologie, la construction de logements collectifs, contrairement aux logements individuels, est relativement stable depuis 2010. En intégrant les logements résidences, qui font partie du marché du solaire thermique, le nombre de logements collectif mis en chantier en France est en effet de 209 300 en 2010, 212 400 en 2011 (+1%), 207 800 en 2012 (-2%), 221 300 (+6%) en 2013 puis de 213 200 en 2014 (-4%)³⁰. Cela signifie que proportionnellement à ces chiffres, la baisse

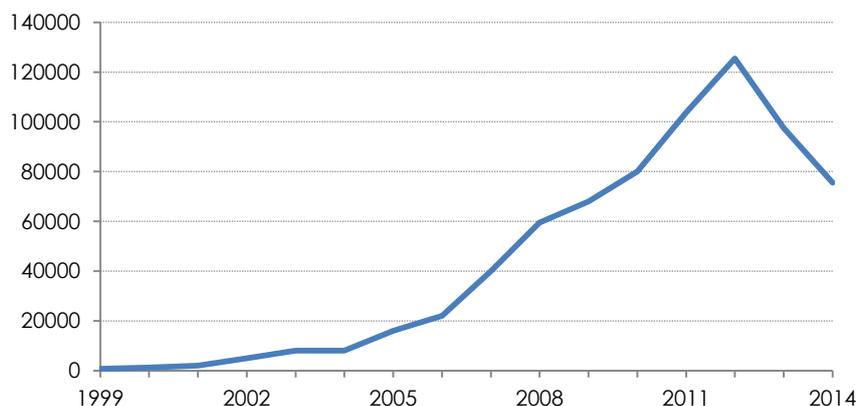
²⁸ Comme l'indique ce chef de projet de la Direction Développement Durable d'un bailleur social : « le coût humain du solaire est énorme en interne. Et ça fait plusieurs années qu'on est confronté à ce problème. Déjà nous on passe beaucoup de temps dans notre direction à gérer les problèmes mais surtout nos services, ils font trop de DO solaire par rapport au reste, parce que comme les installations marchent pas, la GPA souvent suffit pas et donc il faut passer en DO, et là c'est vite galère pour nous, on n'est pas sûr que ça aboutisse car les assurances se laissent pas faire évidemment. ».

²⁹ Dans son enquête sur le solaire thermique datant de 2013, l'USH assure ainsi que « seuls 5 des 12 bailleurs installeraient des chauffe-eau solaire sur les bâtiments enquêtés si c'était à refaire. ».

³⁰ Si l'on ne prend pas en compte les résidences, les chiffres des logements collectifs mis annuellement en chantier sont les suivants : 182 100 en 2010, 186 300 (+2%) en 2011, 185 200 (-1%) en 2012, 199 200 (+8%) en 2013, 186 500 (-6%) en 2014.

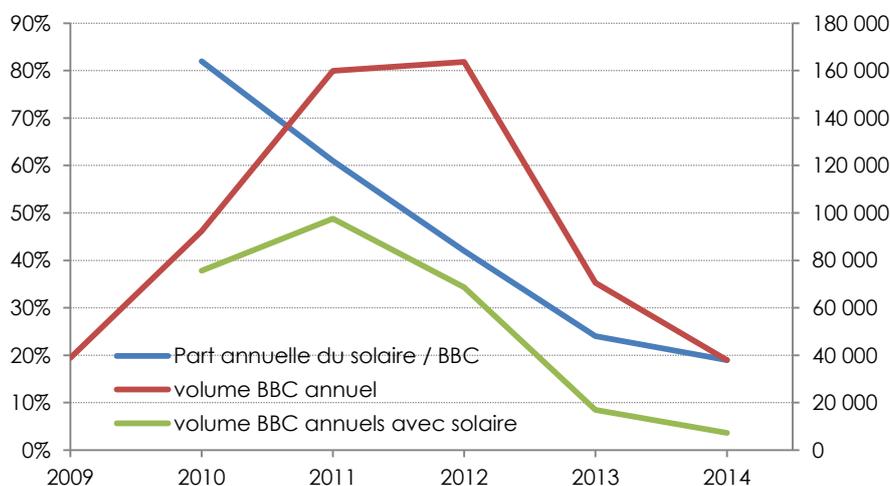
des ventes de solaire thermique reste substantielle : -27% en 2013, puis -20% en 2014³¹. Notons également qu'elle est en cohérence avec le déclin technologique visible dans les projets de certifications BBC dès 2011 puisqu'environ 2 ans séparent la phase de projet de celle du chantier, qui correspond alors à l'achat des produits industriels.

Figure 2 : Nombre de panneaux solaires vendus en France pour l'habitat collectif (en m²)



Source : Chiffres Uniclimate (1999-2014)

Figure 3 : Part du solaire thermique dans les projets BBC collectifs (en %) et volume de demandes de labels BBC collectifs (en nb de logements annuels)



Source : Observatoire BBC, Cerqual, Promotelec (2009-2014)

Ces dates ne sont d'ailleurs pas anodines puisqu'elles correspondent précisément à la mise en place de la dérogation sur la performance énergétique propre aux logements collectifs dans la construction neuve. Annoncée en 2010 lors de l'arrêté

³¹ Ainsi pour 100 logements collectifs mis en chantier dans l'année, 60,4 m² de panneaux solaires thermiques sont vendus en 2012, puis 44,1 en 2013 (-27%), et enfin 35,4 en 2014 (-20%).

de la RT2012 et effective depuis le 1^{er} janvier 2013, cette dérogation permet aux constructeurs d'habitat collectif de déroger de 15% aux objectifs de consommations issus de la norme BBC, c'est-à-dire de viser une performance de 57,5 au lieu de 50 kWh/m²/an. Elle offre ainsi la possibilité aux maîtres d'ouvrage de ne pas avoir recours à un certain nombre de technologies innovantes dont l'énergie renouvelable sur l'eau chaude³². Autrement dit, le déclin technologique du solaire s'inscrit dans un moment spécifique de la réglementation thermique. Il marque à la fois la fin de l'« effet BBC » issu des labellisations de la RT2005 et le début de la dérogation sur la RT2012 initialement prévue jusque fin 2015 puis finalement prolongée jusqu'au 1^{er} janvier 2018, comme l'a annoncé le Premier Ministre en novembre 2014 lors du Sommet de la Fédération Française du Bâtiment (FFB). Par conséquent, cette dérogation apparaît comme l'élément déclencheur qui donne à voir sur le marché économique le fait que le manque actuel de maîtrise du solaire thermique par les corps de métiers traditionnels a des conséquences contraires aux intérêts des maîtres d'ouvrage. C'est d'ailleurs précisément ce constat que réalisent les promoteurs du solaire, comme en témoigne cet extrait de l'article cosigné le 1^{er} mars 2015 sur XPair par Daniel MUGNIER (Tecsol) et Richard LOYEN (Enerplan) : « Le solaire collectif continue de représenter plus de la moitié du marché global mais la situation demeure préoccupante avec une deuxième année consécutive de baisse (-22,5% par rapport à 2013). (...) le marché du collectif est impacté par la fin de la construction de résidences BBC 50 kWh/m²/an (...) et par le droit à surconsommer jusqu'en 2018 avec la RT2012 pour l'habitat collectif (57,5 kWh/m²/an). Cela dans un contexte de contre-choc pétrolier conjoncturel, qui voit l'effondrement du prix du baril et la baisse du prix du gaz. Mais un autre facteur essentiel de recul du marché du solaire thermique collectif est la confiance dans une technologie fiable et mature qui s'est émoussée chez certains maîtres d'ouvrage. La faute à une filière en croissance rapide, avec des compétences et des savoir-faire hétérogènes chez les professionnels. La performance technico-économique d'une installation de solaire thermique collective, tient à la force de la chaîne d'acteurs 'maîtrise d'œuvre, installateur et exploitant'. Un seul maillon faible chez les professionnels et l'on risque de décevoir le maître d'ouvrage. »³³.

En ce sens, les constructeurs saisissent désormais les marges de manœuvres supplémentaires qui sont à leur disposition pour éviter d'installer du solaire et revenir à des technologies plus traditionnelles : « Nous, c'est pas un secret, dès qu'on peut, on n'en met pas (du solaire thermique), parce que ça marche pas. C'est une techno trop compliquée et aussi trop décalée du monde réel. Alors on continue quand même à en mettre un peu parce que les investissements sont parfois moindres que de sur-isoler les bâtiments, mais dès qu'on peut s'en sortir, on s'assoit sur les subventions et on met pas de solaire. Entre le montant des subventions, le surcoût, et les problèmes qu'on a derrière, le choix ça a été de se dire, les subventions tant pis, on met des chaudières à condensation classique et on s'embête pas. Alors c'est sûr le droit à surconsommer ça joue aujourd'hui, car ça nous donne des marges de manœuvre supplémentaires, mais ce droit à surconsommer, il arrive aussi à un moment où tout le monde se rend bien compte que des innovations technologiques

³² Élément confirmé par les bureaux d'études dans nos entretiens.

³³ Cf. http://conseils.xpair.com/actualite_experts/chaleur-solaire-collective.htm (consulté le 22 avril 2015)

comme le solaire, les artisans sont pas prêts, ça marche pas tout simplement. »³⁴. Et en effet, si la dérogation à 57,5 kWh/m²/an est naturellement liée au pouvoir d'influence des acteurs du gaz et de l'électricité en France, elle est également portée par les lobbys du syndicat des constructeurs (FFB) et par celui des artisans du bâtiment (CAPEB), qui militent pour des temps d'adaptation sociale aux innovations plus long que ceux exigés par les réglementations.

Conclusion : le seuil de décalage entre innovation et usages en question.

Partant du cas du solaire thermique dans l'habitat collectif, nous venons de montrer comment la généralisation rapide d'une innovation verte, dans un cadre émancipé du militantisme et de l'expérimentation, et en l'absence contraintes sur les qualifications, pouvait conduire à de forts décalages avec les pratiques en usage dans le monde professionnel. Or ces décalages peuvent impliquer des dysfonctionnements techniques majeurs sur le terrain, qui contredisent alors les intentions initiales des acteurs et modifient leurs modes de décision. Car dans une approche sociotechnique de l'innovation (Callon & al., 1986 ; Akrich, 1987 ; Latour, 1991), un objet ne peut fonctionner et par là même valider les projections économiques de ses promoteurs que dans un mode d'existence particulier qui nécessite toujours un certain nombre de pratiques sociales dans les corps de métier, à la fois en phase de conception, de mise en œuvre et de maintenance (Cf. Figure 4). Autrement dit, une innovation technique, en escomptant de nouvelles pratiques, implique toujours des décalages avec les savoir-faire en usage chez ceux qui sont amenés à concevoir, installer et entretenir cette innovation dans le monde réel. C'est ce *degré de décalage* que nous proposons ici d'interroger. Car dans le cas du solaire, l'écart avec les savoir-faire traditionnels s'apparente plutôt à la rupture. Pour l'installateur-plombier confronté à cette technologie par exemple, il s'agit en effet non pas d'ajuster ses manière de travailler à la marge, mais bien de transformer des éléments essentiels de son métier comme les logiques traditionnelles de montage hydraulique (règle de stratification, principe d'homogénéisation), les techniques usuelles de pose (raccords à la filasse, pâte d'étanchéité) ou encore les méthodes classiques de réglage des installations. De même, pour le technicien chauffagiste investi dans la maintenance, c'est la logique même de sa pratique qui est transformée. Le fonctionnement de la chaufferie solaire n'est plus associée au fait que les habitants aient de l'eau chaude³⁵, et ses méthodes d'interventions usuelles, notamment dans la gestion des fuites, sont rendues obsolètes par les exigences de fonctionnement de la station solaire.

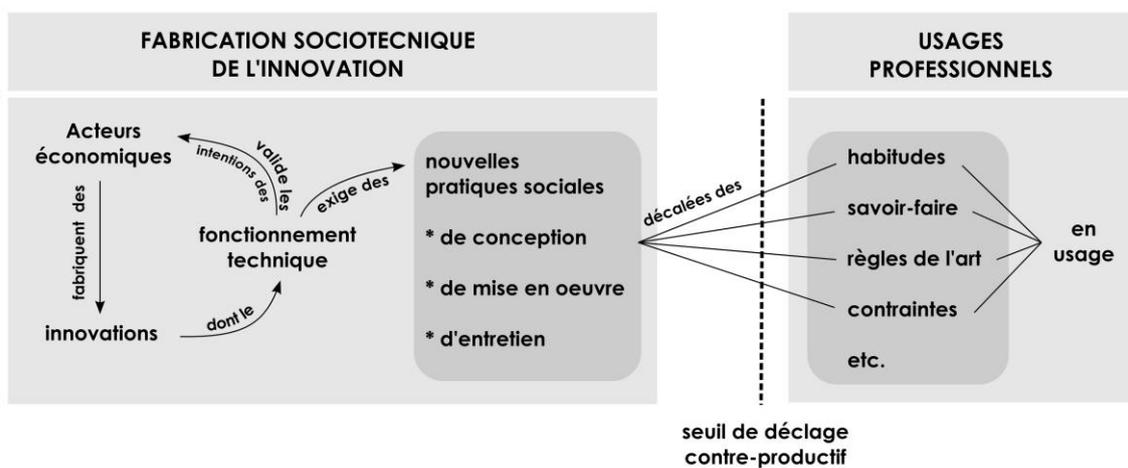
Nous défendons alors l'idée que ces décalages entre innovation et usages, dès lors qu'ils dépassent un certain seuil, pourraient avoir des conséquences contre-productives au regard des intentions initiales portées par les promoteurs de la nouveauté. C'est ce que nous proposons ici d'appeler le « seuil de décalage contre-productif » (Cf. Figure 4). Dans le cas du solaire, le fait que ce seuil soit franchi se constate donc par le fait que les promesses initiales, à l'image de la campagne de communication de l'ADEME – « Avec le chauffe-eau solaire, préservez votre argent,

³⁴ Cf. Entretien avec le chargé de maintenance d'un bailleur social en Ile de France.

³⁵ Souvenons nous que le chauffage ECS d'appoint prend le relais en cas de défaillance du solaire.

préservez votre planète »³⁶ – ne se vérifient pas dans les faits. Ce qui devait produire des économies financières pour les habitants tend au contraire à alourdir les charges par le poids de la maintenance ainsi que les factures d'eau chaude par effet rebond. Ce qui devait réduire de 40 à 60% les consommations d'énergie carbonée pour l'eau chaude sanitaire – hors énergie grise – ne produit en réalité qu'une baisse marginale, à l'image du taux de couverture auquel s'engagent les sociétés de maintenance. De même, ce qui devait se banaliser dans la construction neuve, développer de nouveaux marchés, créer de nouveaux emplois et favoriser une nouvelle croissance, tend plutôt, en l'absence d'obligation réglementaire, à décliner au bénéfice des technologies traditionnelles mieux maîtrisées par les corps professionnels.

Figure 4 : La problématique du « seuil de décalage contre-productif » entre une innovation technique et les usages professionnels.



Source : Auteur, 2015

Dans la littérature, si cette notion de *contre-productivité à l'usage* n'est à notre connaissance pas encore conceptualisée en tant que telle, celle plus large de résistance sociale aux innovations vertes est en revanche bien développée depuis les premières politiques énergétiques issues des chocs pétroliers des années 70. Pionnier en la matière, Philippe Dard (1986) montre ainsi dès les années 80 comment les nouveaux systèmes thermiques de l'habitat promu par les politiques publiques sont confrontés sur le terrain aux *modèles culturels* (Raymond, 1984) des habitants. Au grand désespoir des ingénieurs, ces derniers condamnent les bouches de ventilation VMC de leurs logements, couvrent allègrement de rideaux leurs nouvelles vérandas solaires et abandonnent leur chauffe-eau en toiture, rendant par là même obsolètes les meilleures intentions des concepteurs. Du côté des artisans, Jean-Pierre Bonaiti (1983, 1986, 1988) détaille à la même époque et dans la même veine comment les politiques innovantes en matière de maîtrise de l'énergie de l'habitat font face sur le terrain à « *une résistance des logiques et des pratiques professionnelles* » (1988, p. 17) dans les corps de métiers du bâtiment, favorisant le désenchantement des maîtres

³⁶ Source : notre-planete.info, http://www.notre-planete.info/actualites/actu_90_plan_soleil_France.php

d'ouvrage privés et le ralentissement dès 1982-1983 des travaux de rénovation thermique dans le secteur diffus (SOFRES, 1984). Depuis le milieu des années 2000, ce prisme d'analyse retrouve une actualité renouvelée, et une poignée de chercheurs issus de l'urbanisme, de la sociologie de l'énergie (Zelem et Beslay, 2015) voire de l'économie (Carassus, 2011) questionnent à nouveau le rapport que les usagers – artisans comme habitants – entretiennent aux bâtiments verts. Un corpus de travaux émergent ainsi depuis 5 à 10 ans alors que diverses études témoignent de contre-performance énergétiques sur le terrain (Etude VAD/AQC/ADEME, 2013 ; étude RAGE/REX, 2013 ; étude IAU/RT2012, 2013 ; étude ADEME/PREBAT, 2011 ; études Enertech, 2011-2012, Illouz & Catarina, 2009, etc.). Parmi ces travaux, citons ici ceux menés sur les mutations du monde artisanal dans les bâtiments verts (Assegond, Dagot, Fouquet, 2009 ; Gournet et Beslay, 2015 ; Thiriot dans une thèse en cours), sur *l'acceptabilité sociale* des EnR (Zelem, 2013), sur *l'usage* des innovations techniques (Brisepierre, 2013 ; Grandclément, 2014 ; Renaud, 2013, 2014) ou encore sur *les résistances culturelles des habitants* à la transition énergétique (Subrémont, 2012).

C'est donc en prolongement de ce corpus que nous proposons ici d'introduire la notion de *contre-productivité* à *l'usage* des innovations vertes, et plus précisément celle de *seuil de décalage contre-productif*. Car l'appréhension fine et documentée du degré de rupture entre une technologie nouvelle et les usages de ceux qui vont être amenés à la manipuler nous semble un élément essentiel pour comprendre les contre-performances constatées sur le terrain, et plus largement le potentiel de pérennisation technologique dans le monde social. En ce sens, l'introduction de cette notion s'inscrit dans une démarche à la fois compréhensive et prospective. Cela signifie qu'au delà de l'analyse des réalités sociotechniques et économiques, l'identification des risques de contre-productivité à l'usage peut permettre de porter un éclairage nouveau sur les politiques énergétiques ainsi que sur les instruments économiques de soutien à l'innovation qu'elles sous-tendent. Elle offre par conséquent un outil supplémentaire pour penser l'ancrage des politiques publiques nationales dans le monde réel, et favoriser par là même l'émergence d'innovations capables à la fois de venir se « greffer » (Rabardel, 1995) sur des pratiques existantes, et en ce sens aptes à se « banaliser » (Toussaint, 2003) dans le quotidien des travailleurs tout en participant, à leur mesure et à celle du corps social, aux enjeux posés par la lutte contre le réchauffement climatique.

Références

- ADEME, 2012, Evaluation des systèmes solaires collectifs en Aquitaine. Rapport de synthèse.
- ADEME/PREBAT, 2011, Bâtiments à haute performance énergétique : Formalisation des questionnements concernant le processus de réalisation, la caractérisation de la performance énergétique et sa mesure, document disponible sur <http://www.prebat.net>
- AKRICH Madeleine, 1987, « Comment décrire les objets techniques ? », Techniques et culture, n°9, pp. 49-64.
- ASSEGOND C., DAGOT C. et FOUQUET J-P., 2009, Les entreprises artisanales du bâtiment face aux enjeux du développement durable, ADEME et Université François Rabelais de Tours.
- BRISEPIERRE Gaëtan, 2013, Les conditions sociales et organisationnelles d'une performance énergétique in vivo dans les bâtiments neufs, Les chantiers Leroy Merlin Source, N°1.
- BONAITI J-P et LECONTE G., 1983, Maîtrise de l'énergie dans l'habitat existant : du cas grenoblois à une stratégie locale, Grenoble, IEPE.
- BONAITI Jean-Pierre, 1986, Plans et programmes locaux de maîtrise de l'énergie dans l'habitat : bilan des initiatives des collectivités locales et coopération interinstitutionnelles, Grenoble, IEPE.
- BONAITI Jean-Pierre, 1988, « Politiques nationales de maîtrise de l'énergie dans l'habitat : une innovation à l'épreuve du terrain » in Politiques et management public, vol. 6 n°4, 1988, pp. 1-23.
- CALLON Michel, LAW John, RIP Arie, 1986, Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World, London, Mac Millan, 260 p.
- CARASSUS J., 2011, Les Immeubles de bureaux « verts » tiennent-ils leurs promesses ? Performance réelle, valeur immobilière et certification « HQE exploitation », Paris, CSTB.
- COLOMBARD-PROUT, LAUMONIER et ROUDIL, 2007, Le rôle des artisans novateurs dans la diffusion des meilleures techniques énergétiques disponibles, Paris, CSTB.
- DARD Philippe, 1986, Quand l'énergie se domestique... Observations sur dix ans d'expériences et d'innovations thermiques dans l'habitat, Plan Construction, coll. « Recherches », 175 p.
- ENERTECH, 2009, Retour d'expériences à partir des missions de suivi et d'évaluation, document disponible sur <http://www.enertech.fr>
- ENERTECH, 2011, Enseignements des campagnes d'évaluation réalisées sur des bâtiments performants, document disponible sur <http://www.enertech.fr>
- ENERTECH, 2012, Comment optimiser la maintenance et l'exploitation des systèmes techniques pour atteindre réellement le niveau BBC, document disponible sur <http://www.enertech.fr>

- ENERTECH, 2012, L'entretien et la maintenance dans les bâtiments à très faible consommation d'énergie. Enjeux et stratégie, document disponible sur <http://www.enertech.fr>
- ENERTECH, 2012, L'entretien et la maintenance dans les bâtiments à très faible consommation d'énergie. Enjeux et stratégie, document disponible sur <http://www.enertech.fr>
- FLICHY Patrice, 1995, L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales - vers une nouvelle théorie de l'innovation, *Réseaux*, 1995, vol. 13, n° 74, pp. 207-210.
- GOURNET R. et C. BESLAY, 2015, Les professionnels du bâtiment face aux enjeux de la performance énergétique : nouveaux savoirs et nouveaux métiers, *SociologieS, Dossiers, Enjeux environnementaux et dynamiques des groupes professionnels*, mis en ligne le 26 mai 2015
- GRANDCLEMENT Catherine, 2014, Building Comfort for Older Age. Designing and managing thermal comfort in low carbon housing for older people. Rapport final de recherche, sous la direction de Simon Guy. Université de Manchester.
- IAU/RT2012, 2013, La RT2012 à l'épreuve de la réalité des pratiques professionnelles, document disponible sur <http://www.iau-idf.fr>
- ILLOUZ S. et O. CATARINA, 2009, Retour d'expérience de bâtiments de bureaux certifiés HQE, Paris, ICADE/CSTB
- LATOUR Bruno, e2006 (1ère éd. 1991), Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique, Paris, La Découverte/Poche, 206 p.
- RABARDEL Pierre, 1995, Les hommes et les technologies. Approches cognitives des instruments contemporains, Paris, Armand Colin, coll. U. Psychologies, 239 p.
- RAGE/REX, 2013, 2014, Retours d'expériences. Bâtiments performants et risques de non-qualité, publié par « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 », document disponible sur le site <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>
- RAYMOND Henri, 1984, L'architecture, les aventures spatiales de la raison, Paris, Editions CCI, 293 p. (coll. «Alors»)
- RENAULD Vincent, 2014, Fabrication et usage des écoquartiers. Essai critique sur la généralisation de l'aménagement durable en France, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 125 p. (coll. «Espaces en société »)
- RENAULD Vincent, 2013, « L'habitat écologique à l'épreuve de son public. », *EspacesTemps.net*, Travaux, 25.03.2013
- ROUDIL N., 2007, « Artisans et énergie renouvelables. Une chaîne d'acteurs au cœur d'une situation d'innovation », in *Les annales de la recherche urbaine*, n°103, MEDAD / PUCA.
- SIMONDON G., 1989, Du mode d'existence des objets techniques. Aubier, Paris.
- SOFRES, 1988, Enquête sur les attitudes et comportements des particuliers en matière de travaux d'économie d'énergie, Paris, SOFRES, 1974-1988.

- SUBREMON Hélène, 2012, *Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat : un état des lieux*, Paris, PUCA
- TBC, 2009, *Le solaire en toiture. Evaluer et favoriser la capacité d'évolution de la filière des professionnels du bâtiment mettant en œuvre des systèmes solaires, thermiques ou photovoltaïque, en toiture de maisons individuelles*, PREBAT ADEME PUCA
- TOUSSAINT Jean-Yves, 2003, *Projets et usages urbains. Fabriquer et utiliser les dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain*, rapport de H.D.R. coordonné par Yves Grafmeyer, Université Lumière-Lyon 2, Lyon, ronéo, 263 p.
- USH, 2013, *Solaire thermique : les pistes d'amélioration. Retour sur l'évaluation de 15 opérations*
- VAD/AQC/ADEME, 2013, *Retours d'expérience sur 21 bâtiments performants de la région Rhône-Alpes*, document disponible sur le site <http://www.ville-amenagement-durable.org>
- ZELEM Marie-Christine, 2008, *Le bâtiment économe : innovation, dynamisation des réseaux et formation des acteurs*, ERT-SPEED, CUFR-Albi, Programme PREBAT (PUCA-ADEME)
- ZELEM MC, BESLAY C, (dirs), 2015, *Sociologie de l'énergie. Gouvernance et pratiques sociales*, Paris, Ed CNRS., coll. Alpha.
- ZELEM MC, 2013, « *Energies renouvelables : de leur acceptabilité sociale à leur faisabilité sociotechnique* », *Revue de l'Energie*, n°611, janv-fev.

DERNIERES PARUTIONS

Taxer l'achat et/ou l'usage du véhicule : quelle incidence de l'effet rebond? n°38

Bénédicte MEURISSE

Une Analyse Contrefactuelle du développement des énergies Renouvelables n°37

Marc BAUDRY et Clément BONNET

Les flottes de véhicules : Quelles stratégies privées et publiques pour quels enjeux économiques et environnementaux ? n°36

Bénédicte MEURISSE avec Hugo BOIS

Climate Change Mitigation in Temperate Forests : n°35

The Case of The French Forest Sector

Sylvain CAURLA et Philippe DELACOTE

Comparing Biomass-Based and Conventional Heating Systems with Costly CO2 Emissions: Heat Cost Estimations and CO2 Breakeven Prices n°34

Lilian CARPENE, Vincent BERTRAND et Timothée OLLIVIER

Revue Internationale des Politiques de Soutien aux Energies Renouvelables : les Enseignements du Danemark, de l'Allemagne et de la Chine n°33

Clément BONNET

Nos publications sont disponibles sur le site chaireeconomieduclimat.org

Directeur des publications Information et Débats : Marc BAUDRY

Les opinions exposées ici n'engagent que les auteurs. Ceux-ci assument la responsabilité de toute erreur ou omission

La Chaire Economie du Climat est une initiative de CDC Climat et de l'Université Paris-Dauphine sous l'égide de la Fondation Institut Europlace de Finance

contact@chaireeconomieduclimat.org