

Etude Solar Ready

Etude du surcoût de bâtiments prêts à solariser

Auteur LPA

Date d'édition : 16/07/2020

N° de projet : 20-0220 RD

Version : V.3

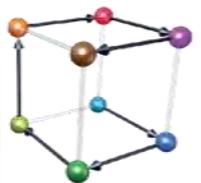
Maître de l'ouvrage :

ENERPLAN

515 avenue de la Tramontane

Le Forum – Bâtiment B – Zone Athélia IV

13 600 Le Ciotat



I. Synthèse

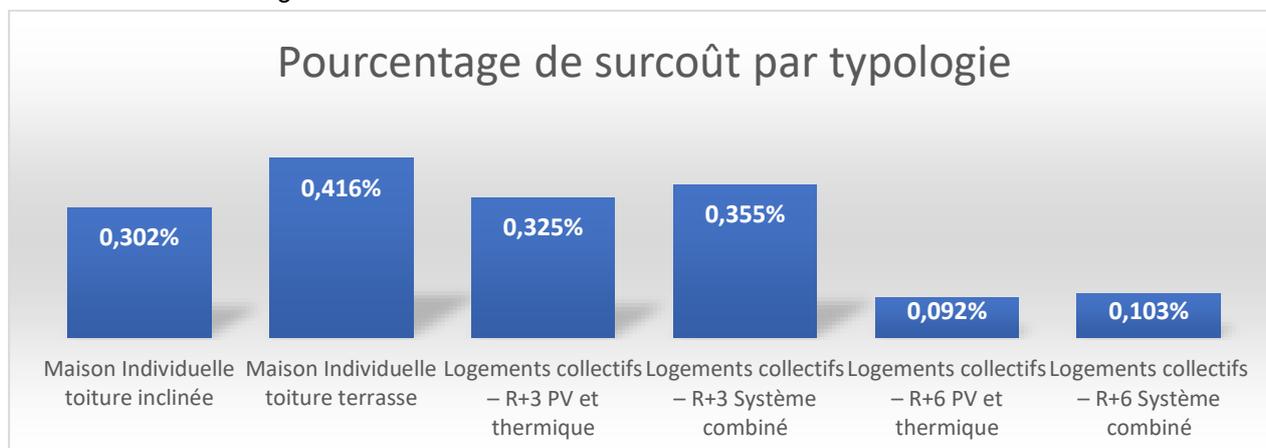
La présente étude vise à estimer les impacts financiers potentiels des mesures conservatoires qui pourraient être prévue dès la construction des bâtiments afin de les rendre ultérieurement solarisables à moindre coût.

Ceci dans l'objectif de proposer une obligation dans le cadre de la future réglementation thermique et environnementale RE2020.

Cette étude a permis d'identifier les prédispositions suivantes à appliquer aux bâtiments :

Lots	Contraintes techniques
Conception	Etude ombrage : 0.5 jours pour une maison individuelle 3 jours pour des logements collectifs
Gros œuvre	Contrainte structurelle : 150 daN/m ²
	Installation d'une ligne de vie Installation de plots
Second œuvre	Gaine Technique : 0.3*0.4 m électricité
Second œuvre	Gaine Technique : 0.3*0.4 m fluides Ou utilisation gaine fluides existante Jeu de fourreaux en MI
Étanchéité	Étanchéité : niveau I4
	Lanterneau de 100*100 cm Mise en place d'une crosse électricité
Isolation	Isolants non porteurs de classe C à 80 °C ou panneaux supports en isolants polystyrène expansé de classe B à 80°C
Locaux techniques	Photovoltaïque : Local technique onduleurs en cas de pose des onduleurs en local en collectif très marginal. Thermique : Aucune nécessité (local ou chaufferie déjà existante)

En conclusion, ces mesures conservatoires ont un coût très faible dès lors qu'elles sont réalisées au stade de la construction de l'ouvrage.



Ces surcoûts minimes sont à comparer, en maison individuelle, à l'installation à la construction d'une production photovoltaïque qui représente une **majoration de 9.6% des coûts de construction**.

Ce surcoût mineur amène à se poser la question de la généralisation du pré équipement des bâtiments, et partant l'obligation faite dans la Réglementation Environnementale 2020 de réaliser des bâtiments prêts à solariser.

II. Définition du projet

1. Contexte

La nouvelle réglementation environnementale (RE2020) va rentrer en vigueur. Cette réglementation a pour ambition de prendre en compte l'impact environnementale des bâtiments (via les émissions de CO₂) et de développer les bâtiments à énergie positive.

Dans ce cadre, ENERPLAN souhaite évaluer le surcoût généré par les mesures conservatoires destinées à solariser les bâtiments ultérieurement. Ceci dans l'optique de préparer les constructions neuves futures afin de les rendre solarisables à moindre coût.

C'est pourquoi CARDONNEL Ingénierie a été missionné pour réaliser une étude économique sur la solarisation de bâtiments résidentiels.

2. Le projet

Le présent document a pour objet de définir les surcoûts liés à la conception et la construction d'un bâtiment prêt à solariser. L'étude a été réalisée sur des logements individuels et collectifs.

Les technologies d'exploitation du gisement solaire exploitées sont les suivantes :

1. Modes d'intégration
 - a. En intégré (IAB : Intégré au bâti)
 - b. En surimposition (ISB : Imposition sur bâti)

2. Technologies étudiées
 - a. Photovoltaïque (PV)
 - b. Photovoltaïque hybride (PVT)
 - c. Solaire thermique (Capteurs tubulaires et plan)
 - d. Systèmes solaires combinés (Capteurs EPDM)

Pour accorder notre étude aux études réalisées dans le cadre de la Réglementation Environnementale (RE2020), nous avons utilisé des bâtiments ayant les caractéristiques suivantes :

	Typologies
Maison Individuelle	90 m ² de plein pied
Logements collectifs	889 m ² - R+3
	3670 m ² - R+6

Dans cette étude, nous avons pris les hypothèses suivantes :

- 70 % de la toiture sera solarisable
- Surface panneau photovoltaïque, combiné ou thermique : 1.6 m²
- Nombre de plots par panneau : 2 plots

Cette étude est valable quelque soit l'usage de production déterminé.

III. Contraintes

1. Contraintes administratives

Pour concevoir un bâtiment prêt à solariser, il est nécessaire que chaque entreprise soit sensibilisée à ce besoin. Les contraintes techniques ci-dessous concernent plusieurs corps de métier.

Des démarches peuvent également être amorcées avec les Architectes des Bâtiments de France (ABF) afin de valider le projet (en cas de contrainte architecturales fortes).

Le PLU doit également être respecté.

2. Contraintes techniques

Pour rendre un bâtiment prêt à solariser et éviter les surcoûts, il est important d'anticiper les contraintes liées à la mise en place d'un parc photovoltaïque.

2.1. Conception

Une installation solaire nécessite d'être étudiée en amont. Il est **nécessaire de prévoir une étude ombrage** afin de disposer au mieux nos capteurs solaires. Cette étude nécessite d'être menée en amont afin d'éviter toute disposition de panneaux dans des zones où les ombrages nuisent à la production.

2.2. Lot Gros Œuvre

Contrainte structurelle

Le bâtiment doit être capable **supporter le poids des capteurs solaires**. Ainsi, les murs porteurs doivent pouvoir redescendre une charge ponctuelle et déplaçable, non majorée de 150 daN/m² (selon la norme NF P 06-001).

Contrainte toiture terrasse technique

La toiture terrasse doit disposer d'un acrotère de 1 m de hauteur (à partir du nu extérieur de la toiture terrasse). A défaut, une ligne de vie devra être installée afin de protéger les techniciens devant intervenir sur les installations. Afin d'éviter les ombrages supplémentaires, la ligne de vie est plébiscitée.

Compte tenu de la faible charge représentée par les installations solaires (inférieure à 90kg par plot et conformément au DTU 43.1) nous considérerons des plots de type posés sur étanchéité avec plaque de répartition de charge (Type HILTI MV-LDP-L). A défaut prévoir un complexe d'étanchéité adapté (cf. infra).

2.3. Lot second œuvre

Systèmes photovoltaïques

Un bâtiment solarisable doit disposer **d'une gaine de dimension 0.3*0.4 m** permettant de raccorder le réseau « production électricité » au réseau intérieur ou réseau concessionnaire. Cette gaine ne nécessite aucune contrainte particulière dans le cas où les onduleurs se trouve en toiture terrasse (cas le plus courant). Cependant, si les onduleurs se trouvent en local technique dans l'enveloppe du bâtiment, il est nécessaire de disposer d'une gaine coupe-feu ½ h.

Dans le cas de cette étude, cette gaine est réalisée avec une cloison de 72 mm.

Systèmes thermiques

Les systèmes thermiques nécessitent de redescendre les réseaux de fluide des capteurs vers l'installation de production. Bien souvent cette liaison abouti dans la « chaufferie » ou le local technique de production ECS/Chauffage.

Nous considérerons donc qu'une **d'une gaine de dimension 0.3*0.4 m** est nécessaire pour passer ces tubes.

Toutefois, dans le cadre de ce type d'installations de génération collective, une gaine palière est bien souvent disponible et ces réseaux peuvent y résider sans modification du projet.

Nous provisionnerons tout de même cette gaine car certaines typologies de constructions impliquent la réalisation de gaine en logement où il ne serait pas judicieux de prévoir ce réseau.

En effet, en cas d'installation à postériori, cette disposition impliquerait une intervention complexe en logement occupé.

En maison individuelle, nous prévoyons dans les doublages **un jeu de fourreaux de 42mm** entre le comble/la toiture et l'emplacement de la production ECS/Chauffage afin de pouvoir disposer aisément ces liaisons à postériori.

2.4. Lot étanchéité

Les performances minimales relatives au poinçonnement statique et dynamique seront L4 et D2 par référence à ce même cahier, ce qui correspond au niveau I4 selon le classement FIT.

L'étanchéité devra également recouvrir les plots afin d'éviter toute infiltration.

Pour permettre une accessibilité à la toiture terrasse aisée et sécurisée, le bâtiment doit disposer d'**un lanterneau**. Ce dernier doit disposer d'une **dimension minimale de 100*100 cm**.

Cette dimension permet de manutentionner un panneau sans moyen de levage.

Une **crosse pour les liaisons électriques** doit également être placée afin de permettre au câblage de descendre en infrastructure. Le diamètre de cette crosse est de 80mm.

2.5. Isolation

L'isolation de la toiture terrasse doit permettre d'isoler correctement le bâtiment tout en **évitant de se dégrader** dans le temps. Ainsi, il doit résister à la compression.

Lors de la conception, les bureaux d'études devront donc prescrire des isolants de classe C à 80 °C (ou de classe B à 80 °C en cas de polystyrène expansé). Les isolants utilisés aujourd'hui sur des projets équipés de toiture terrasse technique chez CARDONNEL Ingénierie répondent déjà à cette exigence.

2.1. Locaux techniques

Systèmes photovoltaïques

La majorité des systèmes photovoltaïques ne nécessitent pas de local technique. En effet, pour des raisons de rendement de l'installation, de coûts (gaine CF, local ventilé et CF), les onduleurs sont installés en toiture à proximité du plan de capteurs en collectif.

La technologie des micro-onduleurs renforce cet aspect en maison individuelle et le cas échéant l'onduleur centralisé est posé à proximité de la gaine technique logement ou dans des espaces « moins nobles » (garage, remise...). Une provision spatiale n'est pas nécessaire en raison des faibles dimensions de l'équipement.

Systèmes thermiques

Les systèmes thermiques en maison individuelle ou en logements collectifs vont compléter ou substituer les systèmes installés initialement. En ce sens, aucune provision d'espace ou local dédié ne sera nécessaire.

2.2. Résumé des contraintes techniques

Lots	Contraintes techniques	Source
Conception	Etude ombrage : 0.5 jours pour une maison individuelle 3 jours pour des logements collectifs	Selon un chiffrage interne
Gros œuvre	Contrainte structurelle : 150 daN/m ²	NF P 06-001 NV65 EUROCODE 3 CM66
	Installation d'une ligne de vie Installation de plots	DTU 43.1
Second œuvre	Gaine Technique : 0.3*0.4 m électricité	NFC 15-100
Second œuvre	Gaine Technique : 0.3*0.4 m fluides Ou utilisation gaine fluides existante Jeu de fourreaux en MI	
Étanchéité	Étanchéité : niveau I4	
	Lanterneau de 100*100 cm Mise en place d'une crosse électricité	
Isolation	Isolants non porteurs de classe C à 80 °C ou panneaux supports en isolants polystyrène expansé de classe B à 80°C	DTU 45.3
Locaux techniques	Photovoltaïque : Local technique onduleurs en cas de pose des onduleurs en local en collectif très marginal. Thermique : Aucune nécessité (local ou espace déjà existant)	

IV. Surcoûts d'un bâtiment « Solar Ready »

1. Hypothèses

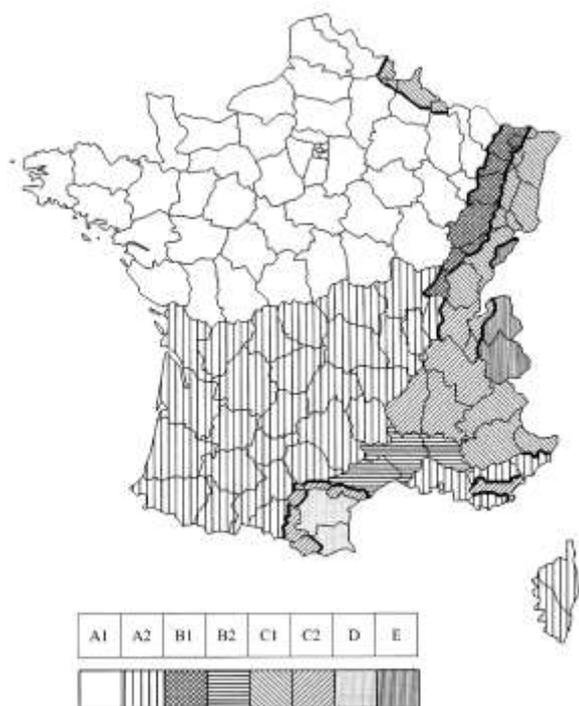
Pour chiffrer les surcoûts d'un bâtiment « prêt à solariser » vis-à-vis d'un bâtiment classique, les ratios de coûts utilisés dans cette étude ont été sélectionnés sur BATIPRIX édition 2020. Les prix renseignés comportent les coûts des matériaux ainsi que le coût de mains d'œuvre habituellement constatés.

Les prix des moyens de fixation ont été communiqués par Sika et HILTI.

Contrainte structurelle

En fonction de la zone climatique, les règles NV65 donnent des contraintes de surcharges de neiges et de résistance aux vents.

Ces contraintes sont appliquées selon la cartographie suivante :



Jusqu'à 200 mètres d'altitude, les charges verticales normales p_{n0} et extrêmes p'_{n0} uniformément réparties dues à la neige ont pour valeurs en projection horizontale celles indiquées par le tableau 1 (NV65 2009 section 2,1)

Régions:	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E	SPM
Valeur caractéristique (p_{n0} en daN/m ²) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200m	35	35	45	45	55	55	80	115	190
Charge extrême p'_{n0} (daN/m ²)	60	60	75	75	90	90	130	190	310
Charge accidentelle	-	80	80	108	-	108	144	-	-

Charges d'exploitation des bâtiments

AFNOR NF P06-001

Les charges normales d'exploitation sont relatives aux surcharges d'occupation humaine sur surfaces horizontales (planchers), garde-corps, aux surcharges d'entretien sur couvertures de charpentes, terrasses. Ces charges sont majorées pour la vérification des contraintes (coefficient 1.5 pour les règles CM66 et Eucode 3, sauf disposition contraire).

Charges d'exploitation verticales

Type de bâtiment	Cas	Surcharge répartie (kN/m ²)	Surcharge concentrée (kN)	Commentaires
Bureaux	Non public	2.5		
Habitations		2.5		
Locaux industriels	Cas général	2.0	1	La plus favorables des deux (pour les marches)
Locaux industriels	Passerelles n'appartenant pas au schéma général de circulation	1.5		
ERP	Etablissements scolaires Hôpitaux Lieux de culte, de spectacle, de sport	4.0		2.5 dans les locaux d'hébergement 5.0 lorsqu'une accumulation d'un grand nombre de personnes y est prévisible
Locaux à très forte concentration de public		5.0		

Masses surfaciques des capteurs du marché

Nous avons collecté un panel de fiches techniques auprès des fournisseurs du marché tant en maison individuelle qu'en collectif. Cette collecte nous conduit en synthèse à une moyenne de masse surfacique par typologie de capteurs ci-dessous :

Types de capteurs	Masse surfacique capteurs kg/m ²	Masse surfacique support métallerie kg/m ²	Masse surfacique support bac lesté kg/m ²	Surcharge rapportée kg/m ²
Photovoltaïque (PV)	11,2	3,5	4,5	14,7 ou 15,7
Photovoltaïque hybride (PVT)	13,3	3,5		16,8
Thermique tubulaire	16,6	3,5		20,1
Thermique plan	16,3	3,5		19,8
Thermique nappe EPDM	11,9	7,2		19,1

La moyenne étant de 13.86 kg/m² pour les capteurs nous constatons un faible écart de masse surfacique entre les différents systèmes.

En prenant une hypothèse d'une surcharge de 20,1 kg/m² (daN/m²) nous couvrons l'ensemble des configurations de capteurs étudiés.

Conclusion :

La charge appliquée aux toitures en zone métropolitaine est composée de la charge propre de la structure, de la surcharge climatique et de la charge d'exploitation.

Globalement, dans les zones qui comportent le moins de risque, la surcharge est de 60 daN/m² auxquelles s'ajoutent la surcharge d'exploitation de 150 daN/m², soit un total de 210 daN/m² non majorés. Avec majoration au calcul pour la vérification structurelle EUROCODE3 Règles CM66, cette valeur plancher est portée à 310 daN/m².

Une solarisation implique une surcharge maximale de 20 daN/m² (poids propre des panneaux, poids des supports ou des bacs lestés).

La surcharge engendrée représente donc une faible part des surcharges applicables de 6,4% des surcharges réglementaires obligatoirement prises en compte. Raison pour laquelle la grande majorité des toitures est déjà solarisable sans préjudice ou modification structurelle.

Il ne nous semble donc pas opportun de majorer les surcharges de ce ratio.

Plots en toiture

Après recherche de solutions et contact auprès de différents fournisseurs, **il ne nous apparaît pas opportun de proposer l'installation de plots en toiture au moment de la construction.**

En effet, **sans avoir réalisé d'étude de prédimensionnement**, la pose de plots serait réalisée de manière aléatoire et pourrait être amenée à être modifiée lors de la solarisation.

Aussi, le système de plots avec étanchéité génère des points singuliers et sont souvent source de sinistralité par infiltration d'eau. En outre, que les plots en attente seront exposés aux intempéries de manière plus prononcée que lorsqu'ils sont immédiatement utilisés.

Nous recommandons donc de privilégier les systèmes de plots avec plaque de répartition ou supports collés sur membrane.



Complexe d'étanchéité

Nos recherches nous ont conduit à ne pas considérer de surcoût sur les complexes d'étanchéité dans la mesure où les densités courantes de complexes d'isolants et les niveaux de poinçonnement des membranes courantes répondent aux exigences minimales de la pose d'un plan capteur.

2. Surcoût global

2.1. Maison Individuelle – S = 90 m². Toiture inclinée

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	0.5 jours	360 €
Surcharge	Négligeable	A définir selon pente	
Installation de plots	Sans Objet	Sans Objet	
Ligne de vie	Sans Objet	Sans Objet	
Étanchéité	Sans Objet	Sans Objet	
Lanterneau d'accès	Sans Objet	Sans Objet	
Crosse d'antenne ou fourreau combles - RDC	12.14 €/ml	10 ml	121,14 €
Isolation	0 €/m ²	90 m ²	0 €

Total	481.14 €
Total / m² SHON	5.34 €/m ²

2.1. Maison Individuelle – S = 90 m². Toiture terrasse

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	0.5 jours	360 €
Surcharge	Négligeable	90 m ²	
Installation de plots	Sans Objet	Sans Objet	
Ligne de vie	Sans Objet	Sans Objet	
Étanchéité	Sans Objet	Sans Objet	
Lanterneau d'accès	Sans Objet	Sans Objet	
Crosse d'antenne ou fourreau combles - RDC	12.14 €/ml 182.84€ crosse	10 ml	302.56 €
Isolation	0 €/m ²	90 m ²	0 €

Total	662.56 €
Total / m² SHON	7.36 €/m ²

2.1. Maison Individuelle – S = 90 m². Toiture inclinée – Comparaison

Dans le cas d'une installation initiale intégrée au bâti, nous proposons de comparer les coûts d'un équipement complet aux mesures conservatoires proposées.

Pour une installation de 15 Panneaux photovoltaïques 280 W soit 4200 Wc 3 x 5 modules (4,32 x 5,37 m), les coûts estimatifs sont :

Poste	Coût
Kit photovoltaïque 4 kw, polycristallin	9 366,67 €
Pose et sujétions de pose, marge entreprise	5 932,33 €
PRIX DE VENTE HT	15 299,00 €

	Surcoût	Coût de la construction	% de surcoût
Maison Individuelle toiture inclinée	15 299 €	159 210 €HT	9.6 %

2.2. Logements collectifs – S = 889 m² (R+3) – PV ou Thermique

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	3 jours	2250 €
Surcharge	Négligeable	223 m ²	
Installation de plots	Sans Objet	194 plots	
Ligne de vie	25.22 €/ml	60	1513.2 €
Gaine technique	43.57 €/m ²	7 m ²	304.99 €
Étanchéité	Négligeable	223 m ²	
Lanterneau d'accès	854.27 €/unité	1 unité	854.27 €
Crosse câblage	181.42 €/unité	1	181.42 €
Isolation	0 €/m ²	223 m ²	0 €
			Total
			5103.88 €
			Total / m² SHON
			5.74 €/m ²

2.1. Logements collectifs – S = 889 m² (R+3) – Système hybride

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	3 jours	2250 €
Surcharge	Négligeable	223 m ²	
Installation de plots	Sans Objet	194 plots	
Ligne de vie	25.22 €/ml	60	1513.2 €
Gaine technique	43.57 €/m ²	14 m ²	609.98 €
Étanchéité	Négligeable	223 m ²	
Lanterneau d'accès	854.27 €/unité	1 unité	854.27 €
Crosse câblage	181.42 €/unité	2	362.84 €
Isolation	0 €/m ²	223 m ²	0 €
			Total
			5590.29 €
			Total / m² SHON
			6.28 €/m ²

2.1. Logements collectifs – S = 3670 m² (R+6) – PV ou Thermique

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	3 jours	2250 €
Surcharge	Négligeable	525 m ²	
Installation de plots	Sans Objet	450 plots	
Ligne de vie	25.22 €/ml	60	2320.24 €
Gaine technique	43.57 €/m ²	12.25 m ²	533.73 €
Étanchéité	Négligeable	525 m ²	
Lanterneau d'accès	854.27 €/unité	1 unité	854.27 €
Crosse d'antenne	181.42 €/unité	2	362.84 €
Isolation	0 €/m ²	223 m ²	0 €

	Total	6139.57 €
	Total / m² SHON	1.67 €/m ²

2.1. Logements collectifs – S = 3670 m² (R+6) – Système hybride

Contrainte	Surcoût Unitaire	Nombre d'Unité	Surcoût Total
Étude ombrage	720 €/jour	3 jours	2250 €
Surcharge	Négligeable	525 m ²	
Installation de plots	Sans Objet	450 plots	
Ligne de vie	25.22 €/ml	60	2320.24 €
Gaine technique	43.57 €/m ²	24.5 m ²	1067.46 €
Étanchéité	Négligeable	525 m ²	
Lanterneau d'accès	854.27 €/unité	1 unité	854.27 €
Crosse d'antenne	181.42 €/unité	2	362.84 €
Isolation	0 €/m ²	223 m ²	0 €

	Total	6854.81 €
	Total / m² SHON	1.86 €/m ²

V. Conclusion

Le coût de la construction est basé sur l'indice ICC de l'INSEE et se situe à 1769€/m² SHON au T4 2019.

	Surcoût	Coût de la construction	% de surcoût
Maison Individuelle toiture inclinée	481.14 €	159 210 €HT	0.3 %
Maison Individuelle toiture terrasse	662.56 €	159 210 €HT	0.41 %
Logements collectifs – R+3 PV ou thermique	5103.88 €	1 572 641 €HT	0.3 %
Logements collectifs – R+3 Système hybride	5590.29 €	1 572 641 €HT	0.3 %
Logements collectifs – R+6 PV ou thermique	6139.57 €	6 651 440 €HT	0.09 %
Logements collectifs – R+6 Système combiné	6854.81 €	6 651 440 €HT	0.09 %

Le surcoût engendré par les contraintes liées à l'installation sur toiture terrasse techniques pouvant accueillir les capteurs solaires reste donc négligeable. Si l'on considère les prix suivants, nous obtenons un surcoût ne dépassant pas 0.41% pour les maisons individuelles et de 0.09% à 0.3% pour les logements collectifs.

En maison individuelle, le surcoût engendré par les prédispositions représente une majoration du coût de construction de 0.3%.

Ce surcoût mineur amène à se poser la question de la généralisation du pré équipement des bâtiments, et partant l'obligation faite dans la Réglementation Environnementale 2020 de réaliser des bâtiments prêts à solariser.

VI. ANNEXE Technique

Systèmes fixés sur dispositifs solidaires de la structure porteuse

Éléments porteurs

Les éléments porteurs sont les supports maçonnés, en tôles d'acier nervurées, en bois ou panneaux dérivés du bois définis dans les NF DTU de la série 43.

- *Pente admise :*
Ces systèmes admettent des pentes supérieures à 5 %, bien qu'ils soient mis en oeuvre sur des toitures considérées comme techniques au sens des NF DTU de la série 43.
- *Charges prises en compte :*
Il est rappelé qu'il appartient au maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 en travaux de réfection, et selon les NF DTU 43.1, 43.3, 43.4 et 43.11 en travaux neufs, notamment en prenant bien en compte les charges rapportées permanentes liées aux équipements de production d'énergie. Il est rappelé également que la destination en toiture technique implique la prise en compte d'une charge d'entretien majorée (150 daN/m²), selon la norme NF P 06-001.

Isolation thermique

- *Sur ouvrages neufs :*
Les **supports isolants non porteurs admis** sont :
 - de classe C (compressibilité selon guide UEAtc) minimale à 80 °C avec étanchéité apparente ;
 - de classe C (compressibilité selon guide UEAtc) minimale à 60 °C avec étanchéité sous protection lourde.
- *Sur ouvrages existants :*
Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité. L'interposition d'un écran support de classe C minimale à 80 °C est nécessaire si les conditions des alinéas ci-dessus ne sont pas remplies. Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.
- *Revêtement d'étanchéité*
Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'un avis technique ou document technique d'application.
Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

Systèmes lestés

Plusieurs types de solutions sont possibles :

- **Éléments porteurs**
En maçonnerie, conformément aux spécifications du NF DTU 20.12.

Isolation thermique

- *Sur ouvrages neufs :*
Sont admis les isolants thermiques supports d'étanchéité de classe C à 80 °C ou pour pose inversée, utilisables en toitures techniques.
- *Sur ouvrages existants :*

Il y a lieu de refaire un nouveau revêtement d'étanchéité. L'interposition d'un écran support de classe C minimale est nécessaire si les conditions de l'alinéa ci-dessus ne sont pas remplies. Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le NF DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.

- Revêtement d'étanchéité
Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'un avis technique ou document technique d'application.
- Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité.

Les exigences suivantes sont à respecter :

- Structure, éléments porteurs
Dimensionnement en fonction des charges rapportées ; pour l'élément porteur, il convient de tenir compte des charges de neige concentrées et des zones d'accumulation créées par les modules inclinés.

Isolation thermique

- *Sur ouvrages neufs :*
Les supports isolants non porteurs sont de classe C à 80 °C (compressibilité selon guide UEAtc). Les panneaux supports en isolant polystyrène expansé de classe B à 80 °C sont également admis. De plus, il convient de dimensionner l'isolant en fonction de la pression appliquée par le système, en particulier celle due au lestage, etc.
- *Sur ouvrages existants :*
Sur un ancien revêtement d'étanchéité conservé dans le cadre des dispositions définies par le DTU 43.5, il y a lieu de remettre un écran support de classe C et apte à recevoir un revêtement d'étanchéité, si l'isolant existant ne respecte pas les conditions de l'alinéa ci-dessus.
- Dans le cas d'une nouvelle isolation, toujours avec application des dispositions définies par le DTU 43.5, les panneaux isolants répondent aux mêmes spécifications qu'en travaux neufs.
- Revêtement d'étanchéité
Sont admis tous les systèmes d'étanchéité prévus pour les toitures techniques et bénéficiant d'une évaluation technique telle qu'un avis technique ou document technique d'application.
- Dans le cas d'ouvrages existants, il y a lieu de refaire un nouveau complexe d'étanchéité. De plus, le complexe doit être renforcé pour résister aux efforts de poinçonnement (I5).

Dispositions liées au complexe d'étanchéité

Les exigences de réalisation, d'entretien et de réparation des ouvrages d'étanchéité nécessitent, pour l'implantation des modules, le respect des dispositions suivantes selon le type d'élément porteur :

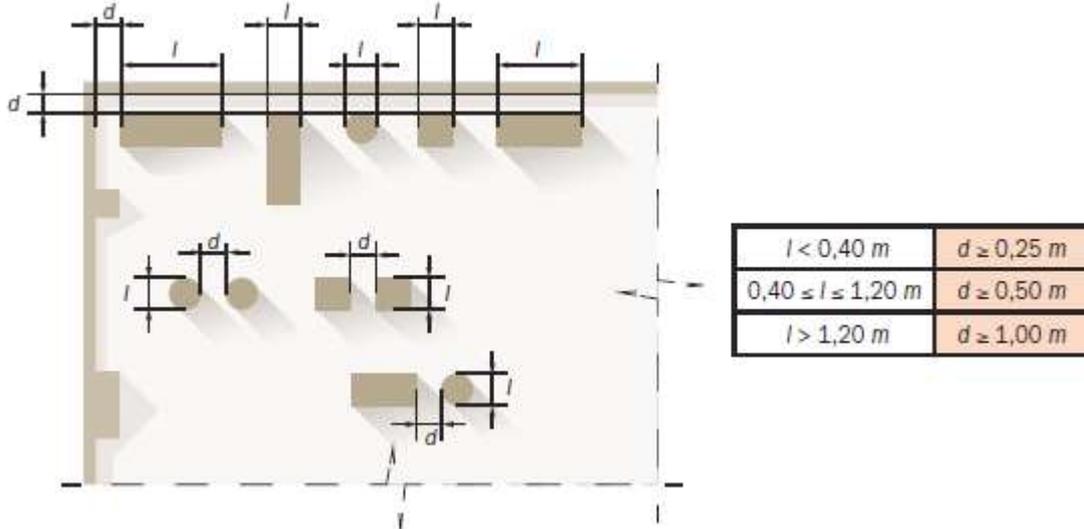
Élément porteur en maçonnerie avec massifs (voir NF DTU 43.1 et 43.11) :

- La distance minimale entre ouvrages émergents voisins, définie dans le NF DTU 20.12, doit être respectée. Elle est rappelée dans la figure ci-dessous en fonction de la dimension en vis-à-vis entre massifs supports du système.

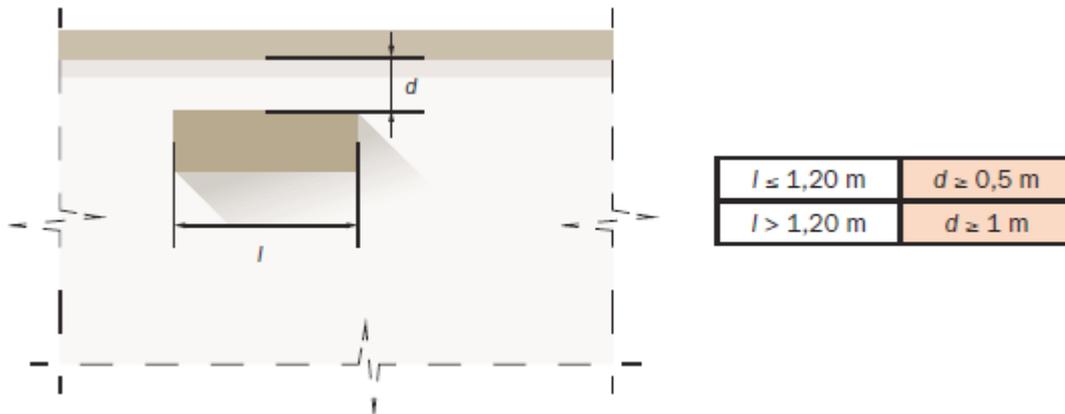
Élément porteur en tôles d'acier nervurées ou en bois ou panneaux à base de bois avec dispositifs solidaires de la structure porteuse (voir NF DTU 43.3 et 43.4)

- Deux cas sont à envisager :
la longueur de l'équipement, mesurée parallèlement à l'émergence voisine, est $\leq 1,20$ m : l'équipement doit être à plus de 0,50 m de l'émergence et de l'entrée d'eaux pluviales ;

Cette longueur est supérieure à 1,20 m : l'équipement doit être à plus de 1 m de l'émergence et de l'entrée d'eaux pluviales.



Exemple d'implantation d'équipements en fonction de leurs longueurs



Exemple d'implantation d'équipement en fonction de sa longueur