



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des transports,  
de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN

**Rapport final** 15 novembre 2014

---

## **Photovoltaïque et neige**

Horizon des solutions pour l'installation sur les  
toits dans les régions enneigées.

---

**Mandant:**

Office fédéral de l'énergie OFEN  
Programme de recherche énergétique  
CH-3003 Berne  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Cofinancement:**

République et canton de Neuchâtel, Service de l'énergie et de l'environnement,  
CH-2000 Neuchâtel.  
Viteos SA, Quai Max-Petitpierre 4, CH-2001 Neuchâtel

**Mandataire:**

Planair SA  
Crêt 108a  
CH-2314 La Sagne  
[www.planair.ch](http://www.planair.ch)

**Auteurs:**

Davy Marcel, Planair SA, [davy.marcel@planair.ch](mailto:davy.marcel@planair.ch)  
Lionel Perret, Planair SA, [lionel.perret@planair.ch](mailto:lionel.perret@planair.ch)

**Responsable de domaine de l'OFEN:** Stefan Oberholzer

**Chef de programme de l'OFEN:** Stefan Nowak

**Numéro du contrat et du projet de l'OFEN:** SI / 500568-01

L'auteur de ce rapport porte seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

## Abstract

The PV installations of Blaise Cendrars school have been thought, from the beginning, to test and compare performances of various solutions in terms of energy produced and behaviour toward snow. After three years of operation, we make the following conclusions:

- The various de-icing solutions depend considerably on the specific features of the roof and installation: The height of the modules, the tilt/slope of the modules, the space between modules, the ballasting of the installations, are important parameters.
- Among passive solutions, the bifacial HIT Double panel is very promising. The damp-proof film impact remains to be validated (an upper tilt of the modules shall enable us to measure this impact).
- The active de-icing solutions did not show their efficiency in our first tests, but the reverse current flows do not seem to damage the health or impact in any way the efficiency of the installations.



*Figure 1 : View of the installations with progressive snow-clearing*

## Résumé

Les installations photovoltaïques du lycée Blaise-Cendrars ont été pensées depuis le départ pour tester et comparer les performances de différentes solutions en terme d'énergie produite et notamment le comportement vis-à-vis de la neige. Au bout de plus de trois ans d'exploitation, nous tirons le bilan global suivant :

- Les solutions de déneigement sont plus ou moins pertinentes en fonction des caractéristiques particulières du toit et de la configuration de l'installation: la hauteur des modules, l'inclinaison des panneaux, l'espacement entre panneaux et le lestage sont notamment des paramètres importants.
- Parmi les solutions passives, le panneau bifacial HIT Double est très prometteur. La solution hydrofuge reste à valider (une inclinaison supérieure des modules permettra potentiellement de la mesurer).
- Les solutions actives de déneigements n'ont pas prouvé leur efficacité dans nos premiers tests, mais l'injection de courant « inverse » ne semble pas être néfaste pour la santé ou le rendement des installations.



*Figure 2 : Vue des installations avec déneigement progressif*

## Table des matières

1.	Contexte .....	6
2.	Objectifs.....	9
3.	Procédures / Méthodologie .....	9
4.	Résultats.....	12
5.	Evaluation des résultats .....	14
6.	Conclusions et perspectives.....	18
7.	Références .....	19
8.	Annexe .....	20

## 1. Contexte

Le projet, en partenariat avec le canton de Neuchâtel, Viteos SA et Planair SA, se base sur une installation didactique sur les toits du Lycée Blaise-Cendrars à La Chaux-de-Fonds.

Cette installation a permis de comparer la production de différentes technologies photovoltaïques dans des conditions d'enneigement. Les différentes technologies ainsi que les systèmes de déneigement étudiés sont répertoriés dans le paragraphe « technologies installées ».

La conception, l'installation des capteurs et des systèmes de déneigement se sont déroulés durant l'année 2011 (voir schéma général de communication en annexe). Les mesures de productions des différentes technologies se sont déroulées durant l'hiver 2011-2012 et 2013-2014.

Le tableau ci-dessous, résume les événements majeurs de l'installation:

Quoi	Quand
Mise en place des installations de production PV sur les toits	courant 2011
Conception, installation des capteurs et systèmes de déneigement	courant 2011
Première acquisition des données de production de Solutronic	début janvier 2012
Première acquisition des données de consommation (2012 seulement)	10.janv.12
Début d'acquisition des données de production (toutes hormis Solutronic)	17.janv.12
Modification de la position du capteur de présence neige d'Eulekra	17.févr.12
Ajout d'un câble chauffant sur la solution Elektra	début janvier 2013
Problème de communications à priori résolu	courant 2014

*Tableau 1: histogramme des événements majeurs de l'installation*

Il est à noter qu'au jour de l'édition du rapport, l'installation semble fonctionner correctement.

Certains paramètres comme l'exposition au vent ou l'orientation vis-à-vis du soleil, semblent favoriser le déneigement sur certaines installations selon les périodes, rendant la comparaison pas entièrement objectives, et nous supposons que le temps d'étude de trois ans estompera ces différences. Les données de la consommation du système Eulekra ne sont pas exploitables au jour de l'édition du présent document (données « GZ » dans le solar log).

Concernant le climat durant les années étudiées, les informations ci-dessous permettent de nous apporter des renseignements :

## Conditions climatiques 2013/2014

L'hiver 2013/2014 a été caractérisé par sa douceur, une quantité de neige faible et un faible niveau de tenue de la neige. Les graphiques ci-dessous montrent les chutes de neige (hauteur en cm) et la couche restante:

Graphique des chutes de neige hiver 2013-2014

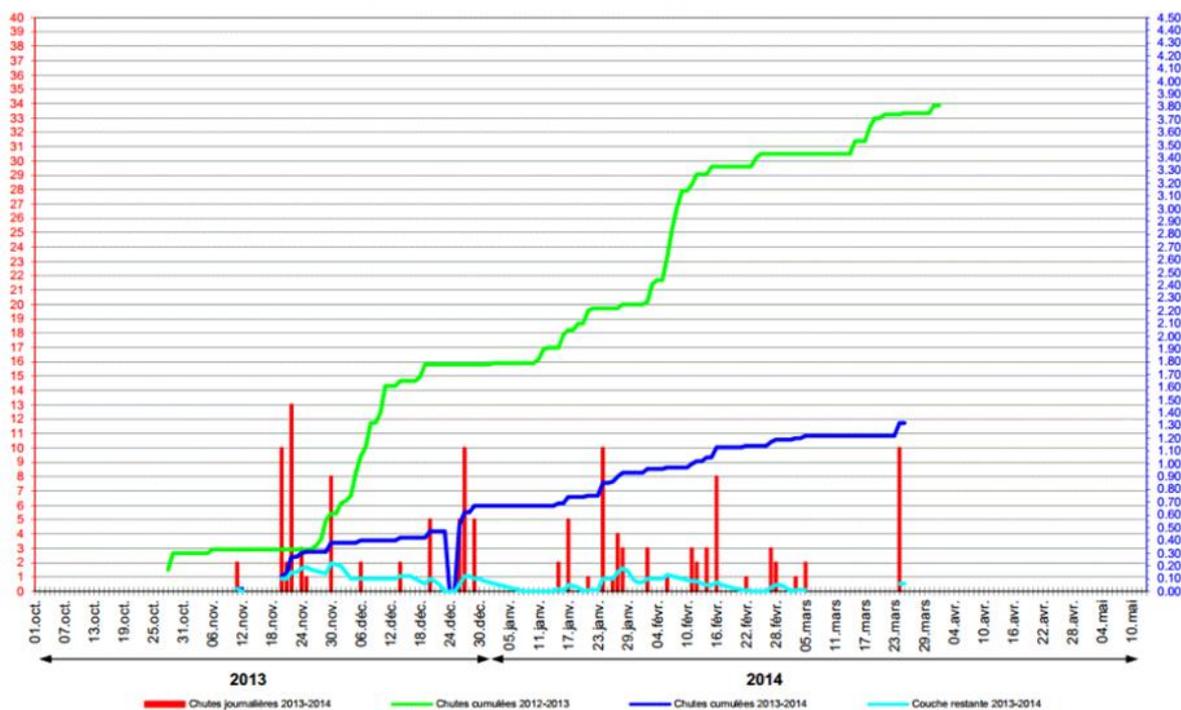


Figure 3 : aperçu annuel 2013/2014 des chutes de neige et de sa tenue (Source : Service du Domaine public, <http://www.chaux-de-fonds.ch/mobilite-urbanisme/circulation-stationnement/mesures-hivernales-et-deneigement>)

L'hiver 2012/2013 a été ponctué de fortes chutes de neige et plusieurs périodes de tenue de la couche résiduelle épaisse durant notre période d'étude :

Graphique des chutes de neige hiver 2012-2013

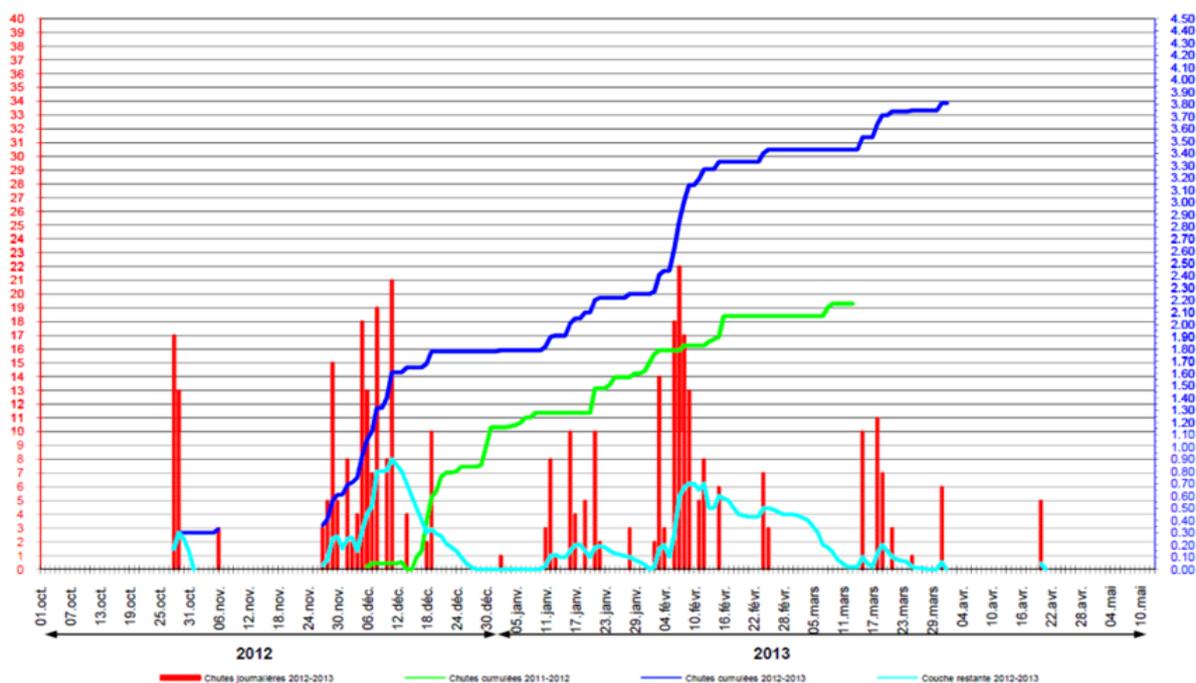


Figure 4 : aperçu annuel 2012/2013 des chutes de neige et de sa tenue (Source : Service du Domaine public, <http://www.chaux-de-fonds.ch/mobilite-urbanisme/circulation-stationnement/mesures-hivernales-et-deneigement>)

L'hiver 2011/2012 a été ponctué de quelques chutes de neige et une tenue constante de la couche résiduelle durant la période d'étude :

Graphique des chutes de neige hiver 2011-2012

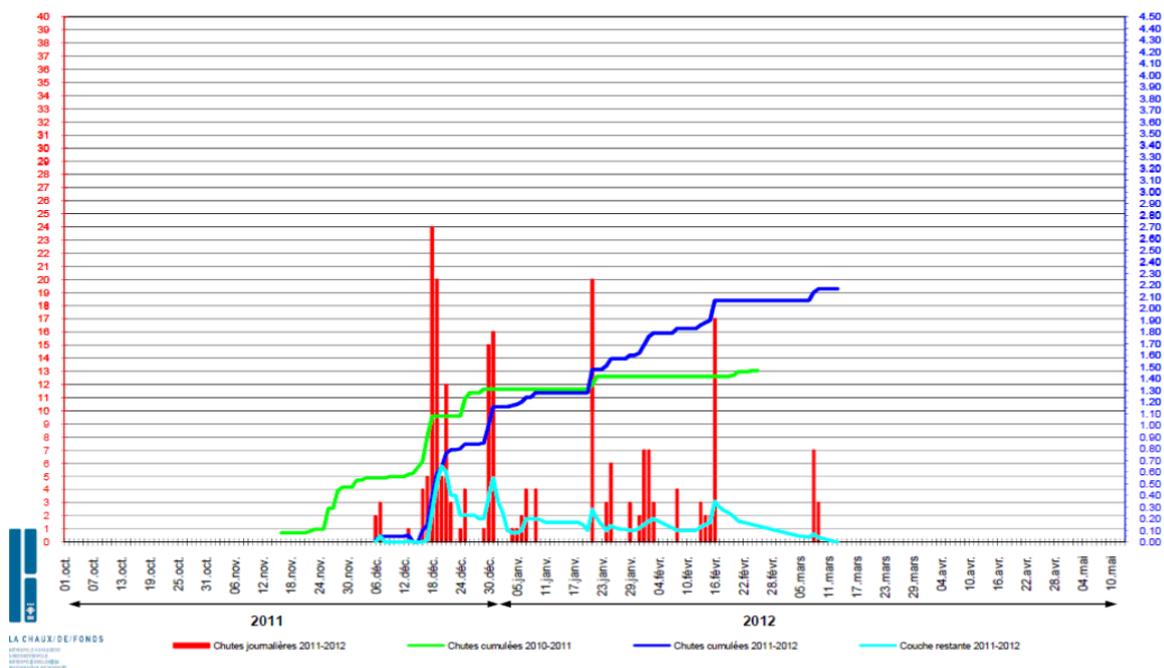


Figure 5 : aperçu annuel 2011/2012 des chutes de neige et de sa tenue (Source : Service du Domaine public, <http://www.chaux-de-fonds.ch/mobilite-urbanisme/circulation-stationnement/mesures-hivernales-et-deneigement>)

Evolution chutes de neige cumulées

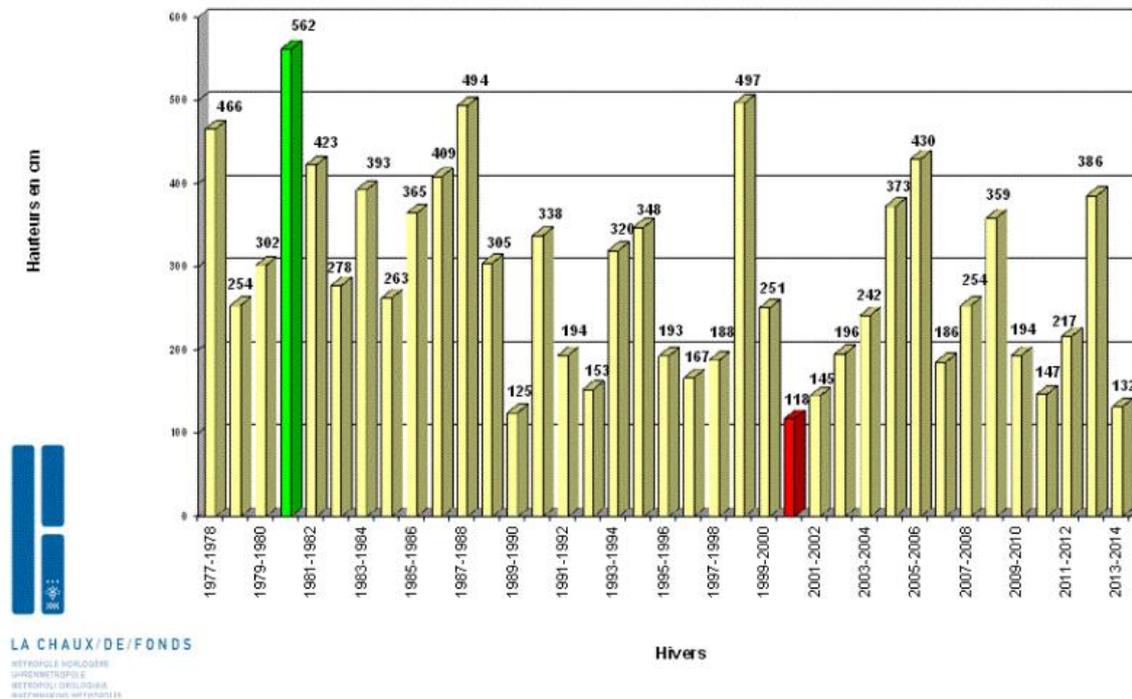


Figure 6 : évolution des chutes de neiges cumulées, <http://www.chaux-de-fonds.ch/mobilite-urbanisme/circulation-stationnement/mesures-hivernales-et-deneigement> (couleurs verte et rouge : maximum et minimum de chute de neige cumulée, observées sur la période)

## 2. Objectifs

L'objectif du projet est de comparer la production de différentes technologies photovoltaïques dans des conditions d'enneigement.

Ce document fait le bilan du comportement des installations en termes de bilan de production électrique sur les trois années écoulées depuis l'installation, en se focalisant sur les trois derniers hivers.

Une attention toute particulière est portée sur les solutions actives de déneigement.

## 3. Procédures / Méthodologie

Nous étudions ici la production électrique sur les trois années écoulées depuis l'installation, en se focalisant sur les trois derniers hivers. La même période de l'année sera étudiée avec l'intention de comparer les productions sur le même nombre d'heures (du 10 janvier à minuit au 31 mars à 23:59). Concernant les solutions actives de déneigement (Solutronic et Eurelektra), les données de consommation seront prises en compte lorsque présentes et, leur production fera l'objet d'un bilan.

Nous réalisons en premier lieu un historique technique des installations (répertoriant les incidents techniques et/ou modifications matérielles pertinentes etc.) afin de faire le bilan de l'histoire technique des installations (voir contexte). Il est à noter que pour les mêmes installations, et compte tenu de certains facteurs hors de contrôle (supposés climatiques comme l'intensité et l'orientation du soleil, le passage de nuages etc.), la neige accumulée ne se retire pas à la même vitesse, même sur les panneaux « passifs », et malgré l'absence d'ombrage, une inclinaison et une orientation communes. Nous comptons sur l'effet de durée des mesures pour minimiser ces différences hors de notre contrôle.

Nous nous focaliserons sur les différences relatives de production entre les installations plutôt que sur les résultats absolus de production des installations, afin d'évaluer les performances des systèmes de déneigement entre eux dans un contexte pratique et durant les mêmes périodes.

Nous ne prendrons en compte que les résultats de production lorsque toutes les données de toutes les installations ont été acquises ou qu'elles sont toutes absentes (il peut arriver durant certaines périodes que les données de certaines solutions n'aient pas été acquises (eg : problème d'onduleur, incident de communication, autre..)).

Notre niveau d'analyse sera la moyenne journalière : en consultant la plateforme d'acquisition de données (<http://viteos.solarlog-web.ch/1788.html>), nous vérifierons par méthode visuelle que les données ont bien été acquises pour toutes les installations.

## Technologies installées

Les technologies de modules photovoltaïques suivantes ont été installées sur le toit du Lycée Blaise-Cendrars :

Technologie	Fabricant	Puissance de l'installation
Si Amorphe	Flexcell	1.35 kW <sub>p</sub>
Si Monocristallin	Bosch	1.41 kW <sub>p</sub> (x5)
HIT <sup>1</sup> Double	Sanyo	1.26 kW <sub>p</sub>
Si Polycristallin	Trina	1.41 kW <sub>p</sub>

Tableau 2: type de technologies des panneaux PV

La technologie amorphe a été choisie pour ses propriétés de sensibilité au rayonnement diffus, qui devrait lui permettre de chauffer même avec une faible épaisseur de neige.

La technologie bifaciale HIT Double a été choisie pour sa double couche photovoltaïque, qui devrait lui permettre de mieux profiter de l'albédo et de monter en température par la réflexion de la lumière sur la neige environnante.

Les modules du fabricant Trina permettront de comparer la production de panneaux de fabrications chinoises et de panneaux d'origine allemande de même puissance (Bosch).

Les capteurs Flexcell (technologie amorphe) sont posés directement au sol et inclinés faiblement. Tous les autres capteurs sont inclinés à 20°. Les solutions de déneigement installées sur les différents champs de capteurs Bosch sont :

<sup>1</sup> HIT : Heterojunction with Intrinsic Thin layer

Type	Solution de déneigement	Remarques
Si Monocristallin, 1.41 kW <sub>p</sub>	Sans déneigement	Installation de référence
Si Monocristallin, 2,82 kW <sub>p</sub>	Solutronic (solution 1)	Inversion <b>manuelle</b> du courant dans les panneaux
Si Monocristallin, 1.41 kW <sub>p</sub>	Eulektra (solution 2)	Inversion <b>automatique</b> du courant dans les panneaux
Si Monocristallin, 1.41 kW <sub>p</sub>	FRESO (solution 3)	Application de polymère permettant de rendre les surfaces hydrofuge.

Tableau 3: type de solution active de déneigement

L'installation complète dispose de 8 champs d'environ 1.4 kW<sub>p</sub> chacun, soit une puissance totale d'environ 11 kW<sub>p</sub>. La solution de déneigement Solutronic nécessite deux champs de capteurs pour fonctionner : il n'y a donc que 7 champs représentés sur le schéma ci-après.

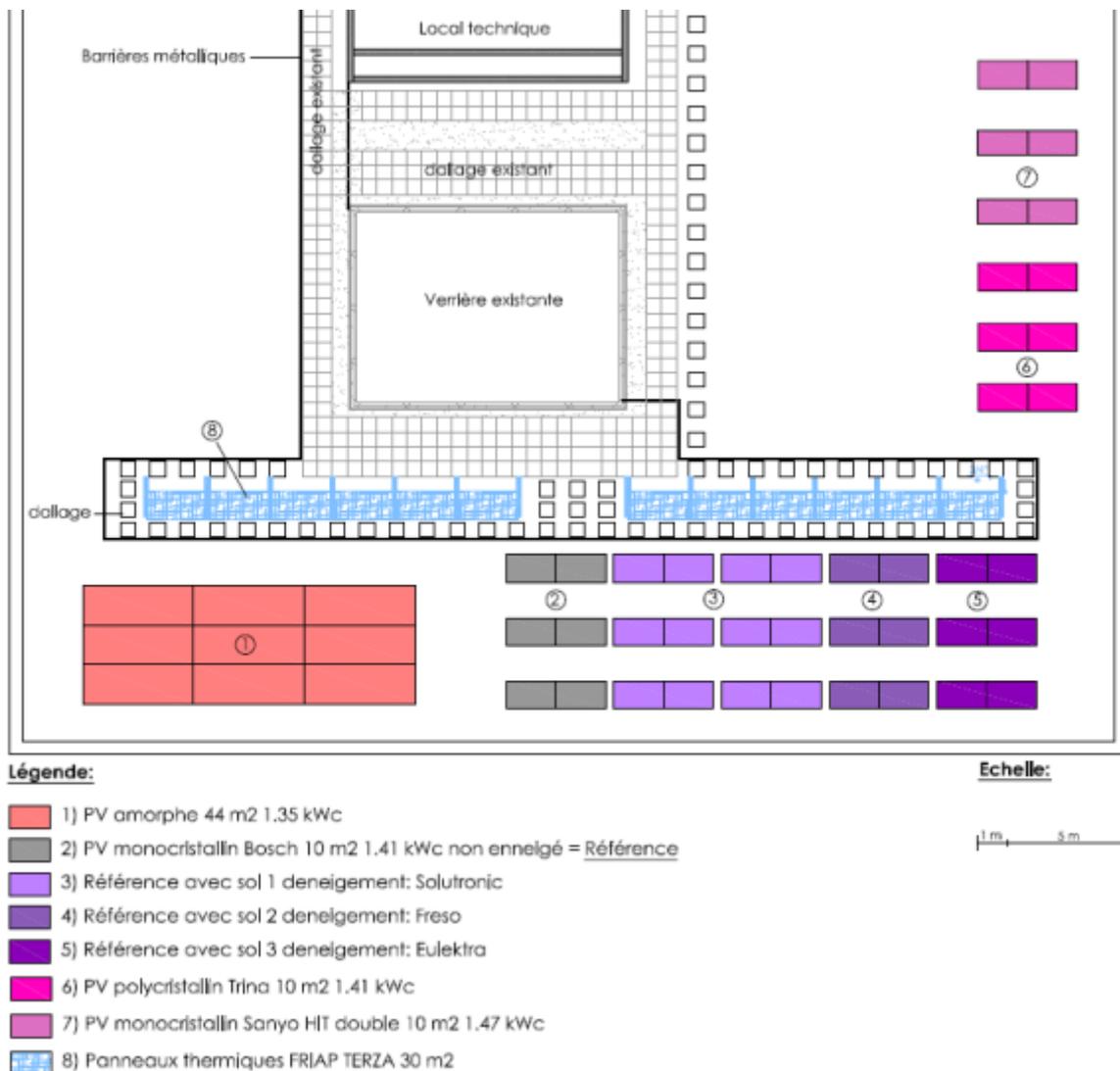


Figure 7: vue d'ensemble de l'installation sur le toit du Lycée

Chacun des 7 champs PV dispose de son propre onduleur et d'un équipement de supervision (Solarlog) permettant d'enregistrer les différents paramètres (production d'électricité, T° extérieure, ensoleillement (W/m<sup>2</sup>).

Les deux champs disposant d'un système d'inversion de courant possèdent un équipement de mesure de l'énergie consommée.

## 4. Résultats

### Bilan de l'hiver 2014

	Janvier (du 10 au 31)	Février (du 01 au 28)	Mars (du 01 au 31)	Bilan 2014
<b>Eulekra</b>				
consommation [kWh/kWc]	n.a	n.a	n.a	<b>139*</b>
production [kWh/kWc]	n.a	25,09	113,44	
<b>Solutronic</b>				
consommation [kWh/kWc]	n.a	n.a	n.a	<b>144*</b>
production [kWh/kWc]	13,02	22,64	108,65	
<b>Bosch référence</b>				
production [kWh/kWc]	n.a	17,67	103,84	<b>122</b>
<b>Freso</b>				
production [kWh/kWc]	n.a	17,47	104,22	<b>122</b>
<b>Sanyo HIT D</b>				
production [kWh/kWc]	n.a	25,89	128,87	<b>155</b>
<b>Trina</b>				
production [kWh/kWc]	n.a	20,62	109,69	<b>130</b>
<b>Flexcell</b>				
production [kWh/kWc]	n.a	8,58	55,22	<b>64</b>

Tableau 4 : production et consommation des différentes solutions avec bilan sur la période janvier-mars 2014 (\* : valeurs incertaines compte tenu du manque de données de consommation)

Remarques importantes :

- Il est à noter que des données sont manquantes pour toutes les installations du 7 février au 19 février 2014.
- Selon l'analyse des données acquises par le solarlog, le champ **solutronic** a été le seul champ à produire de l'électricité entre le 20 novembre 2013 et le 6 février 2014 (les données des autres installations indiquent 0kW durant toute cette période). Il est à noter que la période du 20 novembre correspond à une forte période de chute de neige à La Chaux-de-Fonds. Compte tenu que nous ne disposons pas des données de consommation de cette installation, nous ne sommes néanmoins pas en mesure de conclure de manière évidente quoi que ce soit concernant l'efficacité finale de cette solution.

## Mise à jour du bilan de l'hiver 2013

Des données de 2013 sont désormais disponibles sur le solar log, suite aux travaux commandés par Viteos et par conséquent les valeurs du bilan indiquées dans le tableau bilan du rapport intermédiaire 2013 se trouvent modifiées au jour de l'édition du rapport.

Le tableau ci-dessous présente la mise à jour du bilan de l'hiver 2012/2013 :

	Janvier (du 10 au 31)	Février (du 01 au 28)	Mars (du 01 au 31)	Bilan 2013
<b>Eulekra</b>				
<i>consommation [kWh/kWc]</i>	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>	<b><i>n.a</i></b>
<i>production [kWh/kWc]</i>	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>	22,23	
<b>Solutronic</b>				
<i>consommation [kWh/kWc]</i>	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>	<b>39*</b>
<i>production [kWh/kWc]</i>	9,05	15,18	14,41	
<b>Bosch référence</b>				
<i>production [kWh/kWc]</i>	11,61	0,91	14,68	<b>27</b>
<b>Freso</b>				
<i>production [kWh/kWc]</i>	11,01	0,87	14,53	<b>26</b>
<b>Sanyo HIT D</b>				
<i>production [kWh/kWc]</i>	17,24	1,60	23,43	<b>42</b>
<b>Trina</b>				
<i>production [kWh/kWc]</i>	17,43	1,26	16,65	<b>35</b>
<b>Flexcell</b>				
<i>production [kWh/kWc]</i>	13,59	0,96	5,84	<b>20</b>

Tableau 5 : production et consommation des différentes solutions avec bilan sur la période janvier-mars 2013 (\* : valeur incertaine compte tenu du manque de données de consommation)

## Mise à jour du bilan de l'hiver 2012

Au jour de l'édition de ce rapport, certaines données absentes en 2012, notamment des données de production concernant les installations Flexcell et Trina sont disponibles au jour de l'édition du rapport. Compte tenu de la campagne de mesure de la consommation des installations Eulektra et Solutronic et leur suivi particulier durant 2012, il a par contre été décidé de ne pas modifier le contenu du bilan dressé en 2012 concernant ces deux dernières installations.

	Janvier (du 10 au 31)	Février (du 01 au 28)	Mars (du 01 au 31)	Bilan 2012
<b>Eulektra</b>				
<i>consommation</i> [kWh/kWc]	133	295	52	<b>-291**</b>
<i>production</i> [kWh/kWc]	9	52	128	
<b>Solutronic</b>				
<i>consommation</i> [kWh/kWc]	2	6	0	<b>170</b>
<i>production</i> [kWh/kWc]	6	44	127	
<b>Bosch référence</b>				
<i>production</i> [kWh/kWc]	6	36	122	<b>164</b>
<b>Freso</b>				
<i>production</i> [kWh/kWc]	6	29	121	<b>156</b>
<b>Sanyo HIT D</b>				
<i>production</i> [kWh/kWc]	9	35	150	<b>193</b>
<b>Trina</b>				
<i>production</i> [kWh/kWc]	10	52	128	<b>189</b>
<b>Flexcell</b>				
<i>production</i> [kWh/kWc]	7	24	130	<b>161</b>

Tableau 6 : production et consommation des différentes solutions avec bilan sur la période janvier-mars 2012 (\*\* : valeur négative indiquant plus de consommation que de production)

## 5. Evaluation des résultats

L'hiver 2014 a été marqué par les points suivants :

- une grande douceur et une épaisseur moyenne de neige restante faible,
- la persistance des problèmes de communication concernant l'installation, avec notamment une grande période sans données, et des données de consommation d'énergie consommée par les solutions actives de déneigement indisponibles.

Néanmoins les remarques particulières suivantes peuvent être faites concernant l'hiver 2014 :

- la production en kWh des solutions Eulektra et Solutronic ont été à peu près équivalentes sur les mois de février et mars,
- la seule installation bénéficiant de données de production positives entre le 20 novembre 2013 et le 6 février 2014 a été « Solutronic »

## Bilan des résultats des trois hivers 2012 à 2014

En fonction des résultats de chaque hiver, nous pouvons dresser le bilan suivant :

Il est à noter que compte tenu des conditions climatiques très différentes, ainsi que de la perte de données en 2014 et l'absence de données continues concernant la consommation des solutions actives de déneigement, l'intérêt du tableau ci-dessous est avant tout d'avoir une vue d'ensemble de la production par an pour chaque installation (comparaison relative entre installations par année) :

	2012	2013	2014
<b>Eulektra</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	-291**	n.a	139*
« Classement »	7	n.a	3
<b>Solutronic</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	170	39*	144*
« Classement »	3	2	2
<b>Bosch référence</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	164	27	122
« Classement »	4	3	5
<b>Freso</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	156	26	122
« Classement »	6	4	6
<b>Sanyo HIT D</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	193	42	155
« Classement »	1	1	1
<b>Trina</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	189	17	130
« Classement »	2	5	4
<b>Flexcell</b>			
<i>Bilan production</i>			
[kWh/kWc]	161	6	64
« Classement »	5	6	7

Tableau 7 : Bilan de production des différentes solutions durant les trois hivers 2012, 2013 et 2014 (\* : valeur incertaine compte tenu du manque de données de consommation \*\* : valeur négative indiquant plus de consommation que de production). Le classement représente la position relative des installations les unes par rapport aux autres concernant le bilan d'énergie produite.

## Bilan et remarques liées aux solutions passives

- Les illustrations ci-dessous donnent des informations sur le principe des panneaux **Sanyo**:



Figure 8: Illustration des caractéristiques du module HIT

L'installation **Sanyo** avec panneaux double face a les avantages suivants :

- production électrique même quand le panneau est recouvert,
- montée en température permettant d'évacuer la neige plus rapidement (voir figure 8)

Nous pouvons noter ses inconvénients suivants :

- n'est pas adaptée aux toitures inclinées,
- le prix des modules est plus élevé que des panneaux standards



Figure 9: Profil de production du 26 janvier 2012 de l'installation Sanyo (courbe marron) et de l'installation de référence (vert)

## Bilan et remarques liées aux solutions actives

La solution de déneigement **Eulektra** est une solution automatique de déneigement. Malheureusement, la consommation électrique est bien plus importante que le gain apporté par cette solution.

Voici quelques conditions afin que le déneigement soit pertinent :

- météo de la journée suffisante pour apporter la perte due au déneigement,
- t° ambiante pas trop froide, sinon l'effet du déneigement électrique proposé ici est nul,
- pas de rechute de neige rapide suite au déneigement,
- activation du déneigement quand une irradiation est déjà présente : le soleil poursuit l'action enclenchée, l'inversion de courant accélère les choses,
- irradiation à venir suffisante pour que l'inversion de courant soit pertinente (gains > pertes).

L'expérience du terrain nous a également permis de voir que le détecteur de neige était placé trop bas sur le panneau. Nous l'avons donc remonté.

La solution de déneigement **Solutronic** est une bonne alternative quand une personne sur place peut prendre en compte tous les paramètres ci-dessus.

Les solutions avec injection d'énergie n'ont pas démontré leur efficacité pour des conditions très froide, le surplus d'énergie à injecter pour obtenir un effet reste largement supérieur au gain possible dans les jours suivants.

### Remarques concernant le rendement et les solutions actives :

Le graphique ci-dessous montre l'**évolution des rendements** (kWh/kWp) des solutions Eulektra, Solutronic et Bosch référence durant les périodes de « juin, juillet, août 2012 », « juin, juillet, août 2013 », et « juin, juillet, août 2014 »

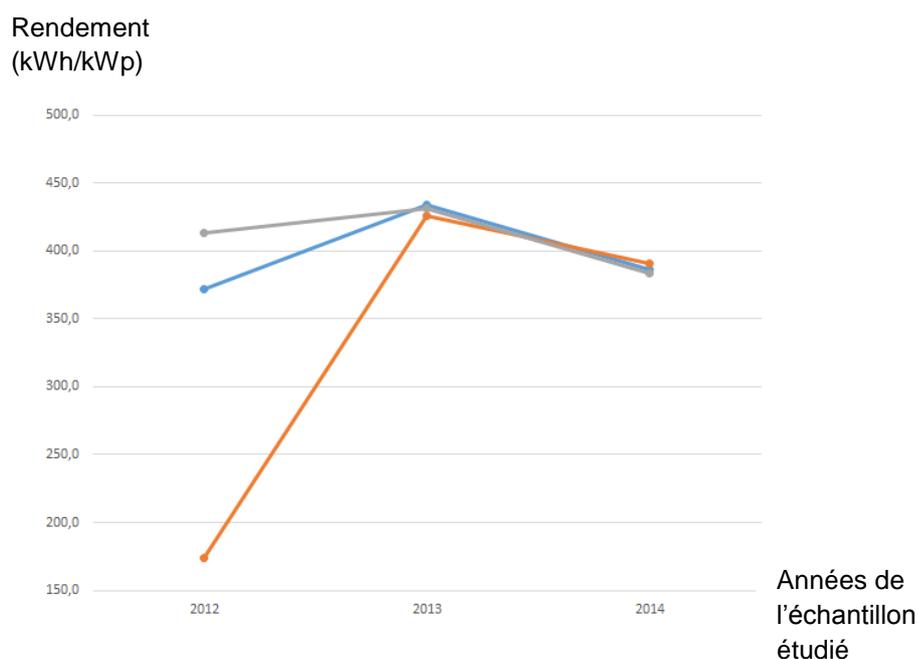


Figure 10: Evolution des rendements des solutions Eulektra, Solutronic, et Bosch référence

L'évolution du rendement des solutions de déneigements actives montre que le rendement ne semble **pas affecté** en utilisant l'inversion de courant dans les panneaux.

## 6. Conclusions et perspectives

Concernant le **bilan** final des trois hivers de 2012 à 2014, et compte tenu des conclusions de tous les rapports intermédiaires, les **conclusions finales** suivantes ont pu être faites :

- L'installation **Sanyo** avec panneaux double face a montré le meilleur rendement ces trois années consécutives. Ces performances sont d'autant plus notables que dans le cas de Blaise-Cendrars, les panneaux ont été disposés bas par rapport aux autres installations.
- La solution **Solutronic**, avec système manuel de déneigement actif s'est avéré être une alternative intéressante dans le cas où une intervention humaine, proche et régulière, était possible durant les événements neigeux. Cette solution est limitée concernant le rendement global, particulièrement dans des conditions très froides. Cette solution est pertinente si une personne est sur place et prend en compte les différents paramètres permettant d'optimiser l'efficacité de cette solution. L'utilisation d'une webcam ou l'exploitation d'un service de contrôle commande à distance plus développé (eg : alertes SMS, outils d'aide à la décision etc...) pourrait s'avérer pertinente (dans des contextes plus enneigés, ou des parcs plus gros).
- La solution **Eulektra**, avec système automatique de déneigement actif, a encore à prouver son efficacité globale, d'une part en prenant en compte les pertes de consommation électrique et d'autre part en prenant en compte les coûts de la solution. Le bilan (production – consommation) de cette solution est négatif, et le contrôle commande doit être optimisé (eg : modification de la résistance de chauffage ou implémentation de gardes fous type limites de fonctionnement horaires, prise en compte de l'épaisseur de neige, température, météo des prochains jours,...).
- La solution **Trina** a montré des performances notables par rapport à la référence.  
La solution **Freso** a donné des résultats à peu près comparables avec la solution de référence. L'application du polymère hydrofuge sur les panneaux de la solution **Freso** n'a donc visiblement pas apporté d'amélioration.
- En moyenne, la solution **Flexcell** montre la moins bonne performance lors de présence de neige.

Nos **conclusions finales générales** sont les suivantes :

- Les solutions de déneigement sont plus ou moins pertinentes en fonction des caractéristiques particulières du toit et de la configuration de l'installation: la hauteur des modules, l'inclinaison des panneaux, l'espacement entre panneaux et le lestage sont notamment des paramètres importants.
- Parmi les solutions passives, le panneau bifacial HIT Double est très prometteur. La solution hydrofuge reste à valider.
- Les solutions actives de déneigement n'ont pas prouvé leur efficacité dans nos premiers tests, mais l'injection de courant « inverse » ne semble pas être néfaste pour la santé ou le rendement des installations.

Les **perspectives** d'études sont, en coordination avec les partenaires, les suivantes :

- Correction de l'acquisition des données de consommation de la solution Eulektra sur le solar log et intégration des données de consommation de la solution Solutronic.
- Exploitation des données de consommation une fois obtenues (analyse bilan sur l'ensemble de la saison hivernale et analyser le gain/perte au niveau annuel (nous n'avons toujours pas pu établir le bilan production/consommation des solutions actives en 2014).
- Etablir, en fonction de différents paramètres (neige récente, température ambiante, prévision météorologique, ensoleillement présent et à venir), des recommandations pour la mise en route du déneigement pour la solution Solutronic.
- Mettre en place, éventuellement, un système de contrôle commande plus développé de la solution Solutronic afin de gagner en flexibilité (eg : une mise en marche par SMS).
- Modifier l'inclinaison des modules pour l'hiver 2014-2015 afin de mettre en évidence les changements (le système installé nous offre cette possibilité).
- Envisager de tester les performances de l'installation HIT pour des hauteurs différentes.
- Mesurer l'impact du polymère hydrofuge en modifiant l'inclinaison de l'installation FRESO et éventuellement en l'appliquant sur d'autres types de panneaux (eg : application sur un panneau HIT).

## 7. Références

- Photovoltaïque et neige : Horizon des solutions pour l'installation sur les toits dans les régions enneigés, Annual Report 2011 (Rapport intermédiaire 2011, OFEN, SI / 500568-01), Auteurs : Florian Bertrand et Lionel Perret, Planair SA.
- Photovoltaïque et neige : Horizon des solutions pour l'installation sur les toits dans les régions enneigés, Annual Report 2012 (Rapport intermédiaire 2012, OFEN, SI / 500568-01), Auteurs : Florian Bertrand et Lionel Perret, Planair SA.
- Photovoltaïque et neige : Horizon des solutions pour l'installation sur les toits dans les régions enneigés, Annual Report 2012 (Rapport intermédiaire 2013, OFEN, SI / 500568-01), Auteurs : Dario Poroli et Lionel Perret, Planair SA.

## 8. Annexe

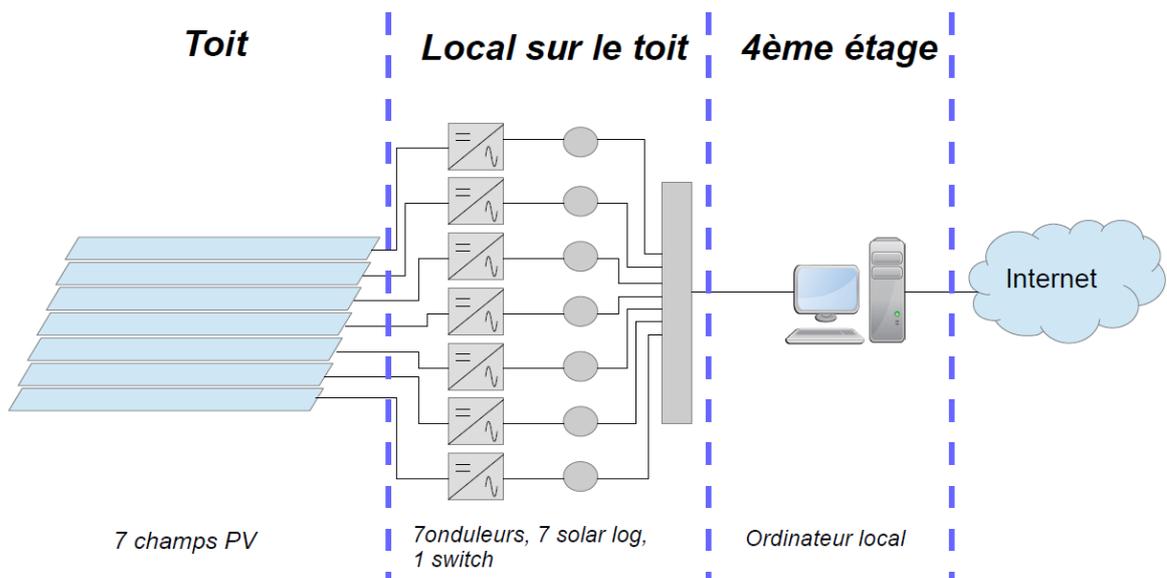


Figure 11: Schéma simplifié de communication de l'installation photovoltaïque du Lycée Blaise-Cendrars à La Chaux-de-Fonds