

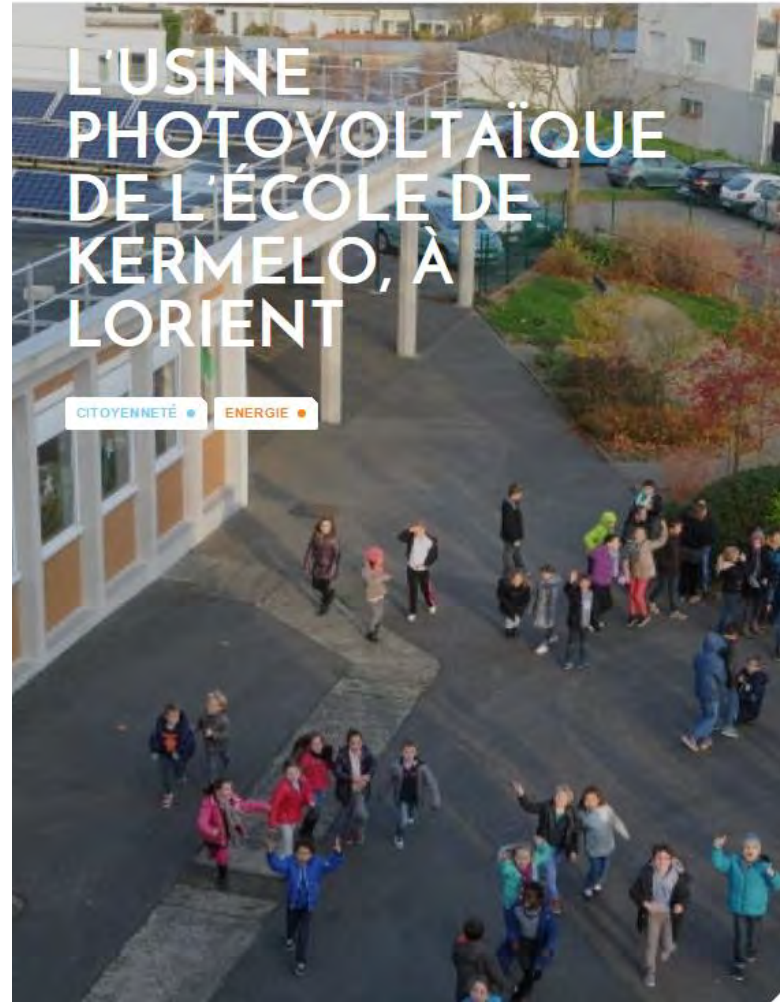
Politique Photovoltaïque – Ville de Lorient



 *my positive impact*
À l'initiative de la Fondation Nicolas Hulot

L'USINE
PHOTOVOLTAÏQUE
DE L'ÉCOLE DE
KERMELO, À
LORIENT

CITOYENNETÉ • ENERGIE •



Plan de la présentation

Le PCET de la Ville de Lorient

- Présentation globale
- Achat d'électricité à haute valeur environnementale

Le photovoltaïque

- Equipements de la ville de Lorient
- Démarche d'autoconsommation: raisonnements économiques préalables

La conception des centrales solaires

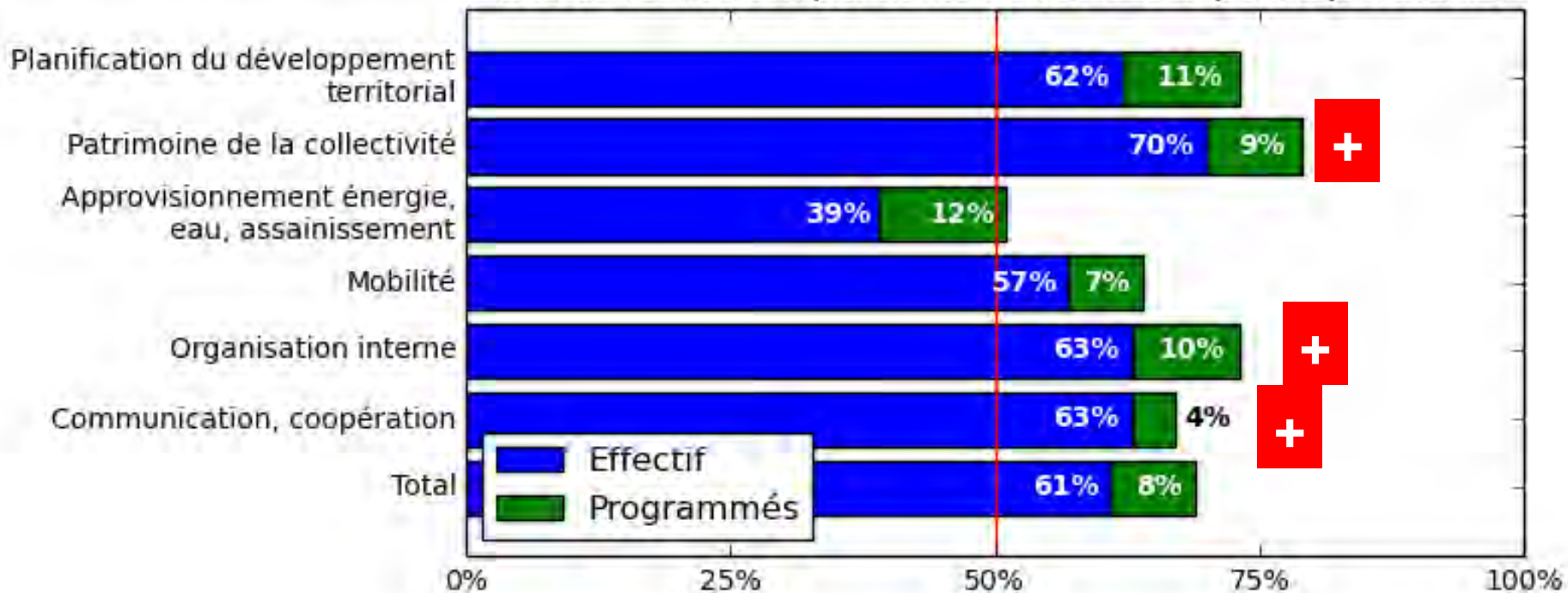
L'implantation des centrales solaires

- La formation des agents
- Les principales étapes de l'implantation

Les perspectives...

Résultats par domaine

Taux de réalisation par domaine (en % des points potentiels)

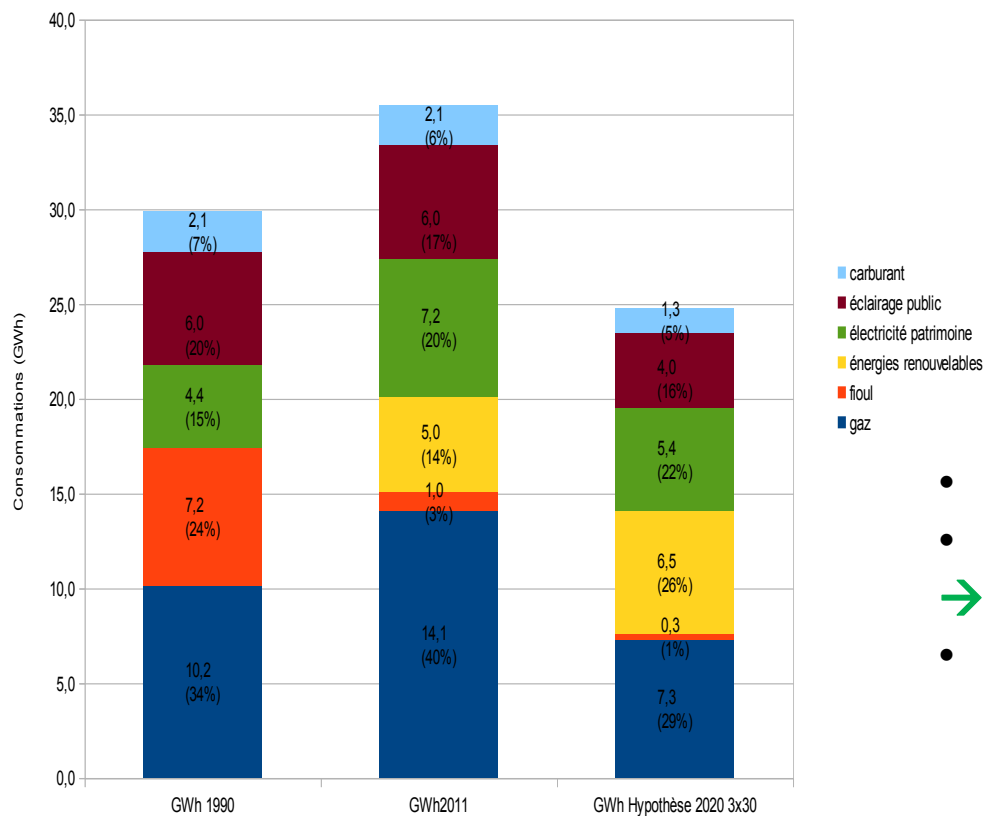


Avec actions planifiées, potentiel de 69%

Le PCET de la Ville de Lorient: Objectifs « 3x30 » pour le patrimoine municipal

Consommations d'énergies 1990, 2011, et objectif 2020

Patrimoine Ville de Lorient



- -30% émissions de CO₂/1990
- **50% EnR dans la consommation**
- **→ Déjà 34% sur la chaleur**
- 30% d'efficacité énergétique



Le photovoltaïque

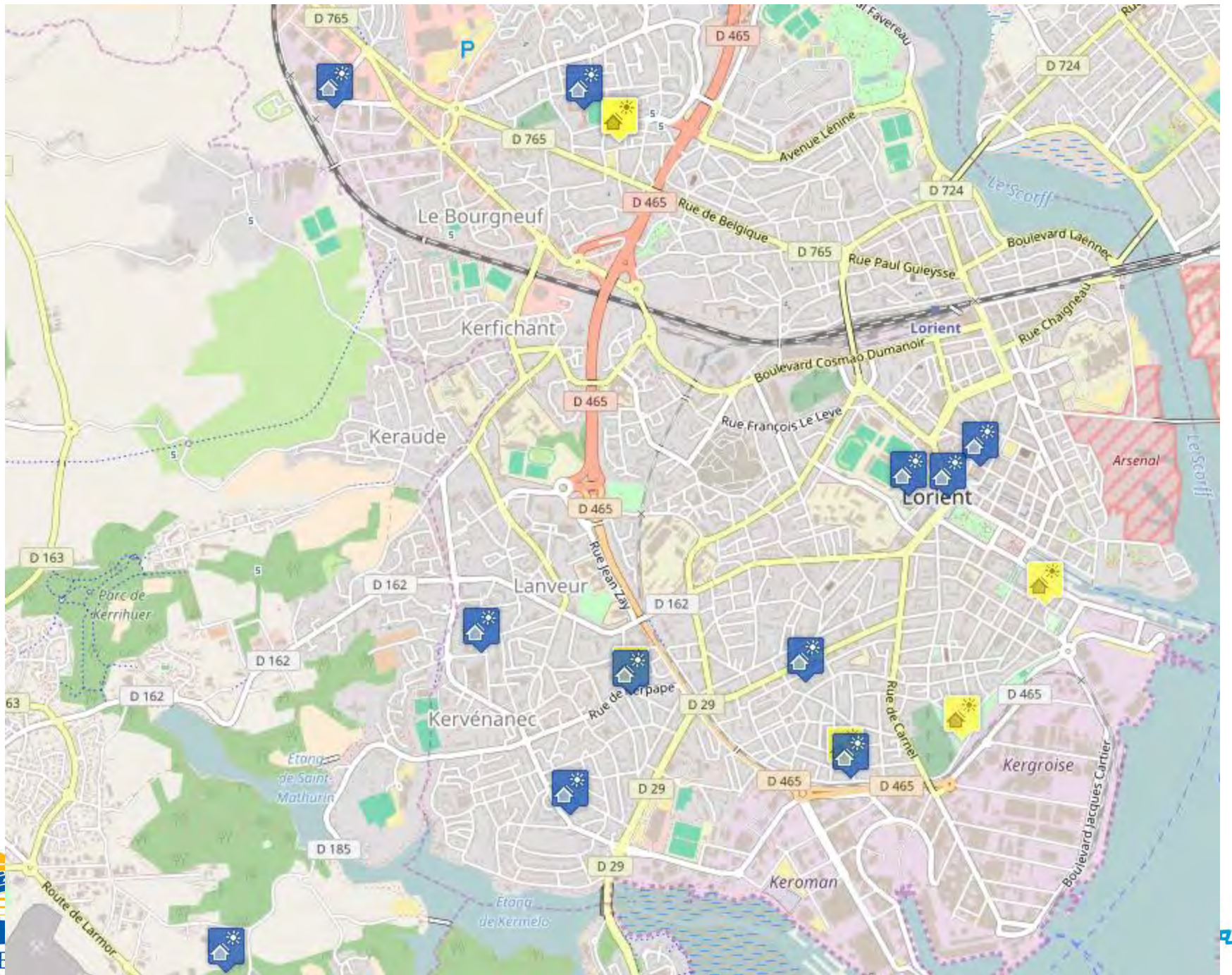
- Equipements de la ville de Lorient
- Démarche d'autoconsommation: raisonnements économiques préalables



Installations PV Ville de Lorient

Site	Année d'installation	Surface	Puissance	Production annuelle	Recette annuelle
Serres de Kerdroual	2006	20m ²	3kWc	3,3MWh	550€ (A)
Ecole Bisson	2008	44m ²	5,9kWc	6,5MWh	3900€(V)
Stade du Moustoir	2010	110m ² +520m ²	47kWc	38MWh	22000€(V)
La Balise	2012	64m ² +18ml	9,56 kWc	10,5MWh	2000€(V)
Crèche Anne Franck	2013	35m ²	4,7 kWc	5,2MWh	1000€(V)
Maison de la solidarité	2014	250m ²	36kWc	43MWh	8000€(V)
Ecole Kermelo	2014	120m ²	15kWc	17,5MWh	3000€(A)
Rue Lefort	2014	6m ²	0,75kWc	1MWh	520€(A)
Cimetière Carnel	2015	4m ²	0,5kWc	0,5MWh	100€(A)
Total	9 installations	1175m ²	122kWc	125MWh	41000€





Plan d'action (2015)

- La constitution d'une PPI photovoltaïque
 - Identifier annuellement 60 000€ sur le budget plan climat (investissement)
- Le rattachement en section d'investissement du matériel électronique et mécanique
 - Permettre l'utilisation de la section d'investissement pour l'achat de petit matériel
- Des actions de réduction de la consommation électrique des sites alimentés en PV
 - Travailler sur les usages, notamment dans les écoles
- Le recours au financement participatif citoyen
 - Tester un modèle de financement participatif permettant d'amplifier les capacités d'investissement de la Ville
- Le maintien d'une capacité d'intervention en régie
 - Maintenir un niveau de formation, travailler à l'organisation de la Régie pour permettre l'entretien dans la durée de ces équipements générateurs de « non dépenses »
- La promotion de ce nouveau modèle économique vis à vis des entreprises du territoire.
 - Levier de développement économique avec les entreprises tertiaires

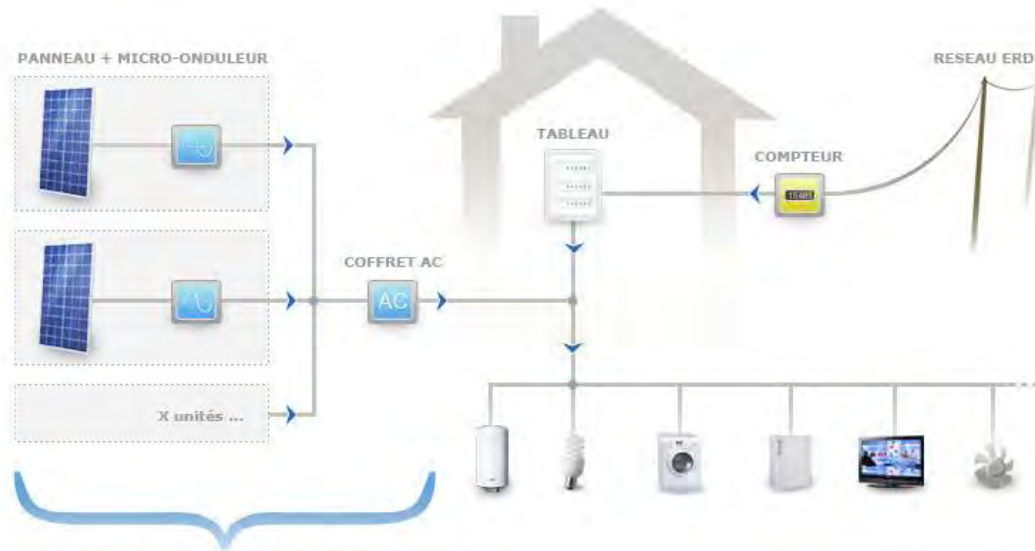


L'autoconsommation, un nouveau modèle intéressant



Installation électrique classique

L'autoconsommation, un nouveau modèle intéressant



Le système d'autoconsommation solaire vient se greffer sur l'installation électrique existante.

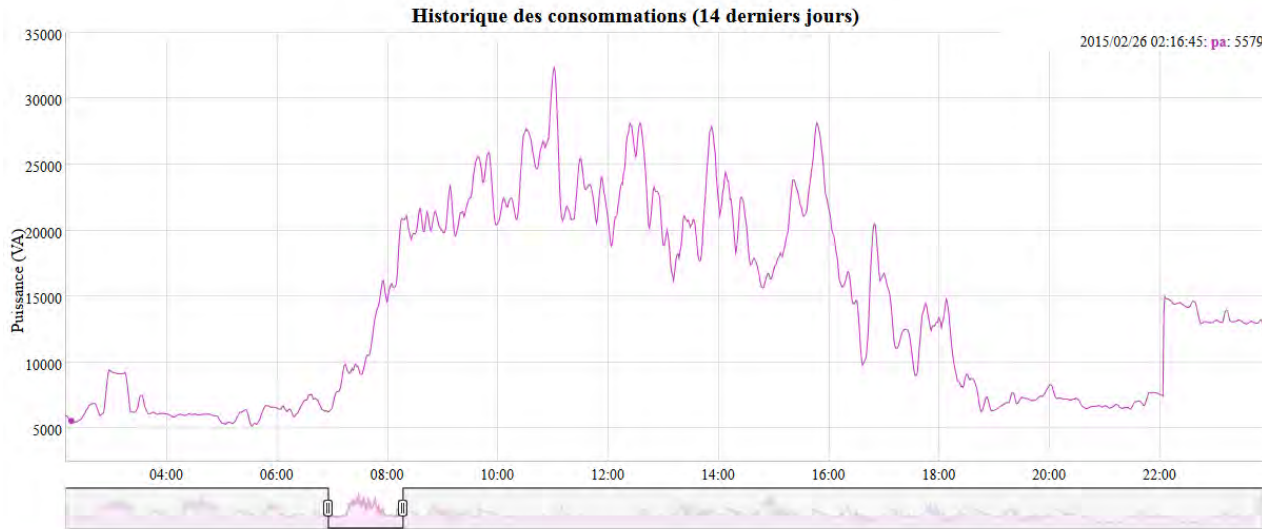
Installation électrique classique

2 options de « raccordement » :

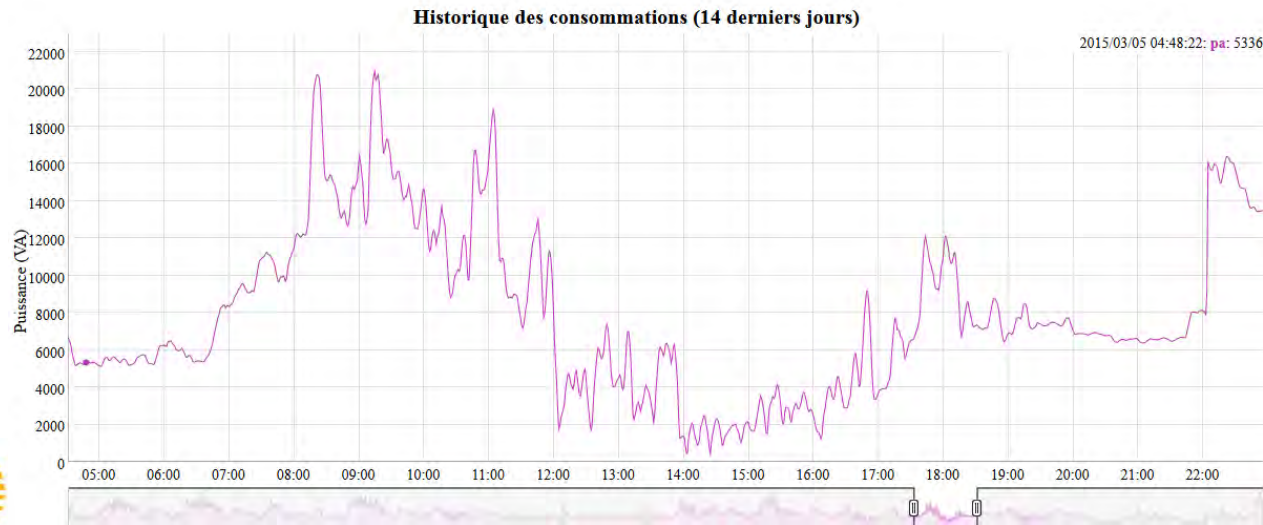
-vente du surplus: **+: vente** ; **-: complexe/coût raccordementt**

-autoconsommation totale: **+: simplicité (convention d'exploitation), prod<36kVa sur site « jaune »** ; **-: pas de vente!**

Installation PV de l'école de Kermelo



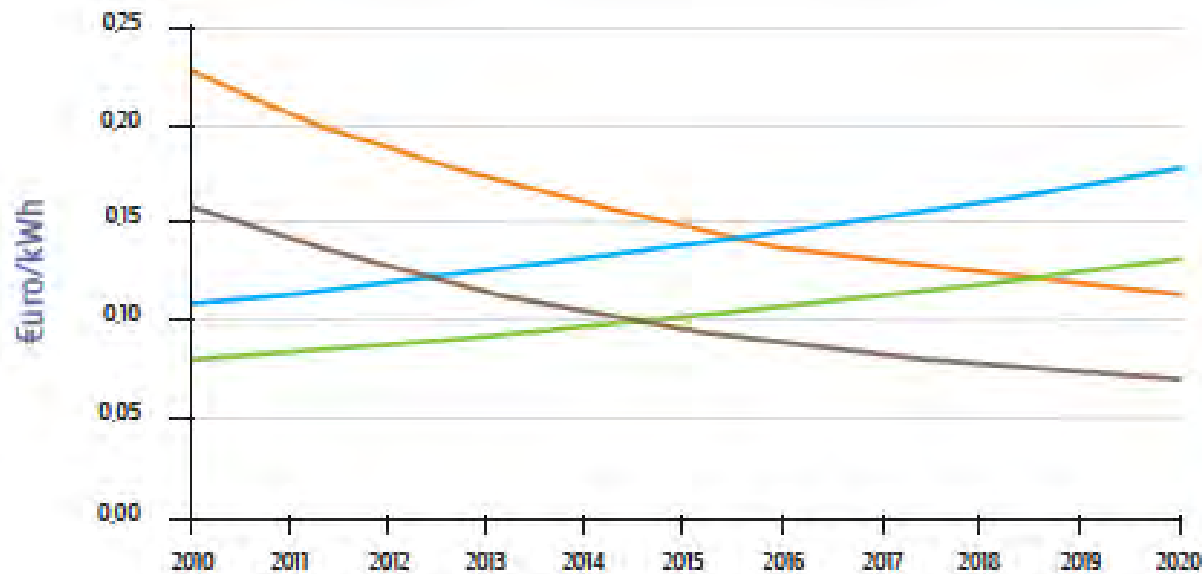
Avant installation PV



Après installation PV



L'atteinte de la « parité réseau »



- Coût professionnel BAPV Nord de la France
- Coût professionnel BAPV Sud de la France
- Tarif professionnel - petit consommateur
- Tarif professionnel - grand consommateur

Figure 9 : Atteinte de la compétitivité vue du client. Final pour les installations photovoltaïques professionnelles

(Source : SER, 2013)

Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Achat d'électricité sur le réseau :

budget de fonctionnement : **prix TTC**

Prix de revient kWh PV :

budget investissement : **prix HT**

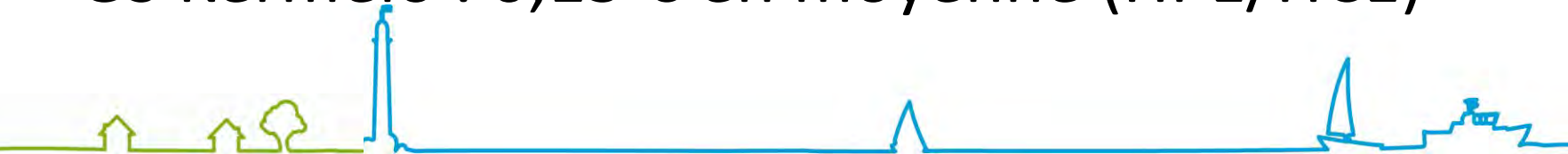


Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Achat d'électricité sur le réseau : prix déterminé à partir des factures

Prix du kWh « sec » + taxes, contributions indexées sur la consommation

- Calcul sur les tarifs « heure pleine » (pas de kWh substitués en heure creuse)
- Prise en compte de la TVA
- GS Kermelo : 0,15 € en moyenne (HPE/HCE)



Composition des prix de l'électricité

- La Contribution Tarifaire d'Acheminement (CTA) :

Elle permet de financer les droits spécifiques relatifs à l'assurance vieillesse des personnels relevant du régime des industries électriques et gazières.

- La Contribution aux charges de Service Public de l'Électricité (CSPE) :

Cette contribution sert notamment à financer :

- Les surcoûts de production d'électricité dans les îles (Corse, départements d'outre-mer, Mayotte, Saint-Pierre et Miquelon, îles bretonnes),
- Les politiques de soutien aux énergies renouvelables,
- Le tarif social, en faveur des clients démunis,
- La moitié du budget du médiateur national de l'énergie.

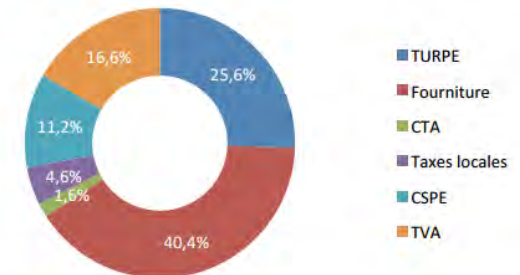
- Les Taxes sur la Consommation Finale d'Electricité (TCFE) :

Les TCFE sont définies par chaque commune et chaque département. Elles dépendent de la puissance souscrite et d'un coefficient multiplicateur fixé et voté avant le 1er octobre de chaque année par les Conseils municipaux et généraux pour l'année suivante. Le montant de ces taxes est fixé au profit des communes, ou selon le cas, des établissements publics de coopérations intercommunales et des départements.

Composantes de la facture d'électricité

• 3 composantes :

- La fourniture (l'électron)
- Le transport et la distribution (TURPE)
- Les taxes et contributions
 - CSPE
 - CTA
 - TCFE, perçue par les communes et les départements
 - TVA



Structure de coût moyenne des tarifs jaunes et verts des adhérents, mars 2014

- Quel que soit le fournisseur, le TURPE et l'ensemble des taxes et contributions s'appliquent de la même manière
- **C'est uniquement la part fourniture qui est mise en concurrence, soit environ 40 % de la facture TTC**

Passons très vite sur le TURPE...

Tarifs des clients raccordés en BT > 36 kVA

- A/ La composante annuelle de gestion (CG) → Fixe
- B/ La composante annuelle de comptage (CC) → Fixe
- C/ La composante annuelle des soutirages (CS) → Fixe + Variable
- D/ La composante mensuelle des dépassements de puissance souscrite (CMDPS) → Variable
- E/ La composante annuelle de l'énergie réactive (CER) → Variable

Le montant de la composante annuelle des soutirages se calcule selon la formule suivante :

$$CS = (a_2 \cdot P_{\text{souscrite pondérée}}) + \sum_{i=1}^n d_i \cdot E_i$$

→ Fixe + Variable

Où :

- $a_2 \cdot P_{\text{sp}}$ correspond à la part fixe de la composante annuelle des soutirages ;
- $\sum d_i \cdot E_i$ correspond à la part variable de la composante annuelle des soutirages ;
- n est le nombre de classes temporelles (c'est-à-dire périodes horo-saisonnières) ;
- E_i représente l'énergie soutirée pendant la $i^{\text{ème}}$ classe temporelle (exprimée en kWh).

La **Puissance souscrite** pondérée est calculée comme suit :

$$P_{\text{souscrite pondérée}} = k_1 \cdot P_1 + \sum_{i=2}^n k_i \cdot (P_i - P_{i-1})$$

Où P_i est la puissance souscrite de la classe temporelle i .

Quel que soit i , les puissances souscrites doivent être telles que $P_{i+1} \geq P_i$.

Composition des prix de l'électricité

→ Parts variables et fixes sur une facture d'électricité « tarif jaune »:

Partie fixe= TURPE Fixe + CTA (= 27,04%Turpe fixe) + TVA = **13%**

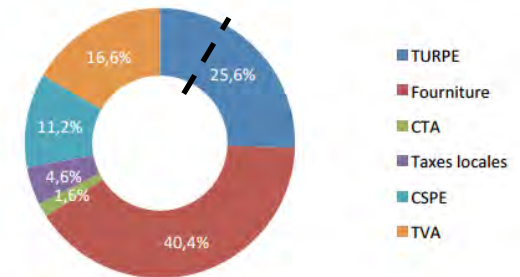
Partie variable= Fourniture + CSPE + TC/D/IFE + CSPE + TURPE variable + TVA = **87%**

Composantes de la facture d'électricité

• 3 composantes :

- La fourniture (l'électron)
- Le transport et la distribution (TURPE)
- Les taxes et contributions
 - CSPE
 - CTA
 - TCFE, perçue par les communes et les départements
 - TVA

~6% fixe / 20% variable ?

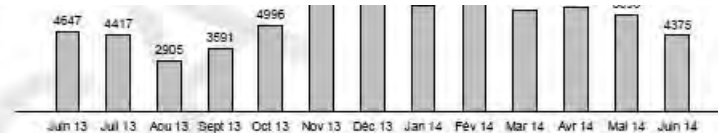


Structure de coût moyenne des tarifs jaunes et verts des adhérents, mars 2014

- Quel que soit le fournisseur, le TURPE et l'ensemble des taxes et contributions s'appliquent de la même manière
- **C'est uniquement la part fourniture qui est mise en concurrence, soit environ 40 % de la facture TTC**

Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Période	Index de début	Index de fin
Heures Pleines Hiver	245018 le 15/05/2014	245016 le 12/06/2014
Heures Creuses Hiver	93543 le 15/05/2014	93543 le 12/06/2014
Heures Pleines Été	215116 le 15/05/2014	218154 le 12/06/2014
Heures Creuses Été	92913 le 15/05/2014	94250 le 12/06/2014



Puissance(s) atteinte(s) Période

Seuil haut	du 15/05/2014 au 12/06/2014
Seuil bas	du 15/05/2014 au 12/06/2014

Valeur atteinte
(kW ou kVA)

25
0

Consommation d'après index de fin mesurés

VA et
vente du
normal

Electricité : consommations et abonnements

	Quantité	Prix unitaire	Montant HT (€)
kWh Equilibre Période unique	4 375 kWh	9,034 c€/kWh	395,24
Estimation kWh Equilibre Période unique	3 628 kWh	9,034 c€/kWh	327,75
Annulation estimation kWh équilibre facture n°10 003 862	-3 651 kWh	9,034 c€/kWh	-329,83
300 Période unique			
Abonnement		35,36 €/mois	35,36
Total Electricité : consommations et abonnements (HT)			428,52
Total consommations facturées	4 352 kWh		

Utilisation du réseau de distribution électricité et prestations techniques

			Montant HT (€)
Composante de gestion - Reprise	du 15/05/2014 au 13/08/2014		-4,60
Composante de gestion - Echu	du 15/05/2014 au 12/06/2014	29.000 c.j	4,44
Composante de gestion - Echoir	du 13/06/2014 au 12/07/2014	30.000 c.j	4,60
Composante de comptage - Reprise	du 15/05/2014 au 13/08/2014		-33,12
Composante de comptage - Echu	du 15/05/2014 au 12/06/2014	29.000 p.j	32,02
Composante de comptage - Echoir	du 13/06/2014 au 12/07/2014	30.000 p.j	33,12
Composante de soutirage fixe - Reprise	du 15/05/2014 au 13/08/2014	PS pondérée 42 kW	-41,43
Composante de soutirage fixe - Echu	du 15/05/2014 au 12/06/2014	1218.000 kW	40,05
Composante de soutirage fixe - Echoir	du 13/06/2014 au 12/07/2014	1260.000 kW	41,43
Composante de soutirage	du 15/05/2014 au 12/06/2014	Période : O-HPE 3038.000 kWh	67,14
Composante de soutirage	du 15/05/2014 au 12/06/2014	Période : O-HCE 1337.000 kWh	21,93
Total Utilisation du réseau de distribution électricité et prestations techniques (HT)			165,58

Taxes et contributions

	Assiette	Montant (€)
CSPE sur consommations estimées	3 628 kWh	59,86
Contribution au Service Public de l'Electricité	4 375 kWh	72,19
Annulation de CSPE sur consommations estimées	-3 651 kWh	-60,24
Minoration relative au délai de paiement choisi	594,10	-2,93
Taxe Départementale sur la Conso. Finale d'Electricité	4 375 kWh	4,46
TDCFE sur consommations estimées	3 628 kWh	3,70
Annulation de TDCFE sur consommations estimées	-3 651 kWh	-3,72
Taxe Communale sur la Conso. Finale d'Electricité	4 375 kWh	8,88
TCCFE sur consommations estimées	3 628 kWh	7,36
Annulation de TCCFE sur consommations estimées	-3 651 kWh	-7,41
Contribution Tarifaire d'Acheminement	76,51	20,69



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Nom du Site	RAE	Puissance Souscrite (kVA)	Fournisseur d'électricité	kWh élec (c€/kWh)	TURPE Soutirage variable (c€/kWh)	CSPE (c€/kWh)	TDCFE (c€/kWh)	TCCFE (c€/kWh)	TICFE (c€/kWh)	Total HT (c€/kWh)	TVA 20% (c€/kWh)	total € ttc
GS Bois Bissonnet	30001484119961	60	Enercoop	0,063	0,031244357	0,0195	0,00102	0,00204		0,117	0,023	0,140
GS Kermelo	30001480669146	42	Enercoop	0,063	0,032409631	0,0195	0,00102	0,00204		0,118	0,024	0,142
Crèche Bouvet	50034153356657	42	Enercoop	0,063	0,030280695	0,0195	0,00102	0,00204		0,116	0,023	0,139
GS Kéroman	30001480276193	42	Enercoop	0,063	0,031806804	0,0195	0,00102	0,00204		0,117	0,023	0,141
Ateliers Municipaux	30001480640919	96	GDF Suez	0,05171	0,027432654	0,0195	0,00305	0,0061		0,108	0,022	0,129
Cité Allende	30001480506702	54	GDF Suez	0,05171	0,02799207	0,0195	0,00305	0,0061		0,108	0,022	0,130
Crèche de Kervenanec	30001480488579	48	GDF suez	0,05171	0,031210877	0,0195	0,00102	0,00204		0,105	0,021	0,127
Crèche de Keryado	30001484033367	42	GDF Suez	0,05171	0,03130919	0,0195	0,00102	0,00204		0,106	0,021	0,127
Ecole de musique	30001480158840	48	GDF Suez	0,05171	0,03037494	0,0195	0,00305	0,0061		0,111	0,022	0,133
Ecole Supérieure d'art	30001480847907	60	GDF Suez	0,05171	0,032996607	0,0195	0,00102	0,00204		0,107	0,021	0,129
GS du Manio	30001480567116	42	GDF Suez	0,05171	0,033210143	0,0195	0,00305	0,0061		0,114	0,023	0,136
GS Nouvelle ville	30001480205339	48	GDF Suez	0,05171	0,032715593	0,0195	0,00305	0,0061		0,113	0,023	0,136
GS René Guy Cadou	30001480205339	42	GDF Suez	0,05171	0,030906843	0,0195	0,00305	0,0061		0,111	0,022	0,134
GS Kerjulaude 1&2	30001480550031	54	GDF Suez	0,05171	0,032047622	0,0195	0,00102	0,00204		0,106	0,021	0,128
GS Bisson	30001480276419	48	GDF Suez	0,05171	0,032007761	0,0195	0,00102	0,00204		0,106	0,021	0,128
GS Merville	30001480533591	42	GDF Suez	0,05171	0,027844878	0,0195	0,00102	0,00204		0,102	0,020	0,123
Guichet Unique La Passerelle	30001480644512	42	GDF Suez	0,05171	0,03537063	0,0195	0,00305	0,0061		0,116	0,023	0,139
Hotel Gabriel	30001484010289	168	GDF Suez	0,05171	0,031791467	0,0195	0,00102	0,00204		0,106	0,021	0,127
Maison des syndicats	30001480802470	72	GDF Suez	0,05171	0,02793952	0,0195	0,00305	0,0061		0,108	0,022	0,130
Médiathèque	30001480422011	66	GDF Suez	0,05171	0,027305496	0,0195	0,00305	0,0061		0,108	0,022	0,129
Restaurant Admin. Municipal	30001480821923	78	GDF Suez	0,05171	0,030253042	0,0195	0,00305	0,0061		0,111	0,022	0,133
Stade de Kerbernes	30001480845107	42	GDF Suez	0,05171	0,037179457	0,0195	0,00305	0,0061		0,118	0,024	0,141
Stade du Gailllec	30001480734399	54	GDF Suez	0,05171	0,037179457	0,0195	0,00305	0,0061		0,118	0,024	0,141
Stade du Pouillot	30001480693222	42	GDF Suez	0,05171	0,032133645	0,0195	0,00305	0,0061		0,112	0,022	0,135
Tennis de Kerolay	30001480096080	78	GDF Suez	0,05171	0,03345922	0,0195	0,00305	0,0061		0,114	0,023	0,137
Vestiaires stade Kerfichant	30001480387002	108	GDF Suez	0,05171	0,033342148	0,0195	0,00305	0,0061		0,114	0,023	0,136
Gymnase Svob	30001484084420	72	GDF Suez	0,05171	0,03270321	0,0195	0,00102	0,00204		0,107	0,021	0,128
Maison des jeunes - PQV	50002170720650	60	GDF Suez	0,05171	0,032899039	0,0195	0,00102	0,00204		0,107	0,021	0,129
Secteur du Moustoir	30001481004109	530	GDF Suez	0,05157	0,0156942	0,0195			0,0005	0,087	0,017	0,105
Plaine de Trefaven	30001480014422	40	GDF Suez	0,05157	0,0156942	0,0195	0,00305	0,0061		0,096	0,019	0,115
Palais des sports	30001480062231	50	GDF Suez	0,05157	0,0156942	0,0195	0,00305	0,0061		0,096	0,019	0,115
GS Kersabiec	30001480015872	60	GDF Suez	0,05157	0,0156942	0,0195	0,00102	0,00204		0,090	0,018	0,108
GS Bois du Château	30001480015872	35	GDF Suez	0,05157	0,0156942	0,0195	0,00102	0,00204		0,090	0,018	0,108

La conception des centrales solaires



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Prix de revient kWh PV = prix de l'installation/
production totale (20 ans)

Objectif → diminuer le prix de revient du kWh
PV pour atteindre la parité réseau :

- Diminuer le prix de l'installation
- Optimiser la production

➡ Centrale en surimposition



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Diminuer le prix de l'installation

- pas d'intégration au bâti
- pas de travaux d'étanchéité
- Installation « dépouillée »



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Augmenter la productivité : installation en surimposition

Optimisation de l'orientation, de la pente

Prise en compte des ombrages

Meilleure refroidissement des capteurs

Production estimée : 1050
kWh/kWc/an

L'installation en détail

Prix 2015 du matériel photovoltaïque (€HT/Wc)

	€ht/ panneau (250 Wc)	€ht/Wc
panneau	155,00	0,62
micronduleur	121,28	0,49
support	90,38	0,36
coffret ac, cables	35,52	0,14
Total	402,18	1,61



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

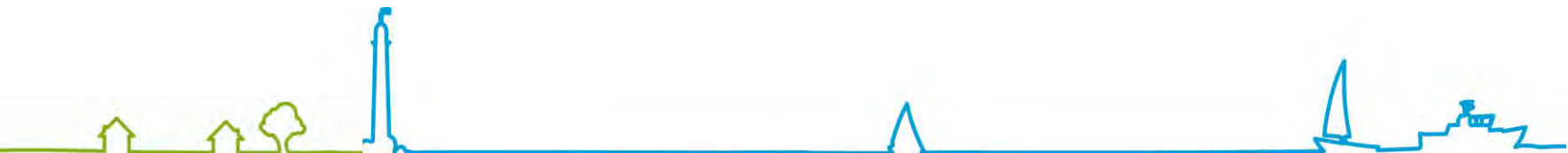
Prix de l'installation (€ HT):

Matériel : 1,33 €

**Grutage + Temps agent régie : (étude + pose) :
0,58 €**

BE structure, contrôle : 0,20 €

Total : 2,11 €/Wc



Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

Investissement : 2 110 €/kWc

Production :

Sur 20 ans : 21 000 kWh/kWc soit 0,10 €/kWh

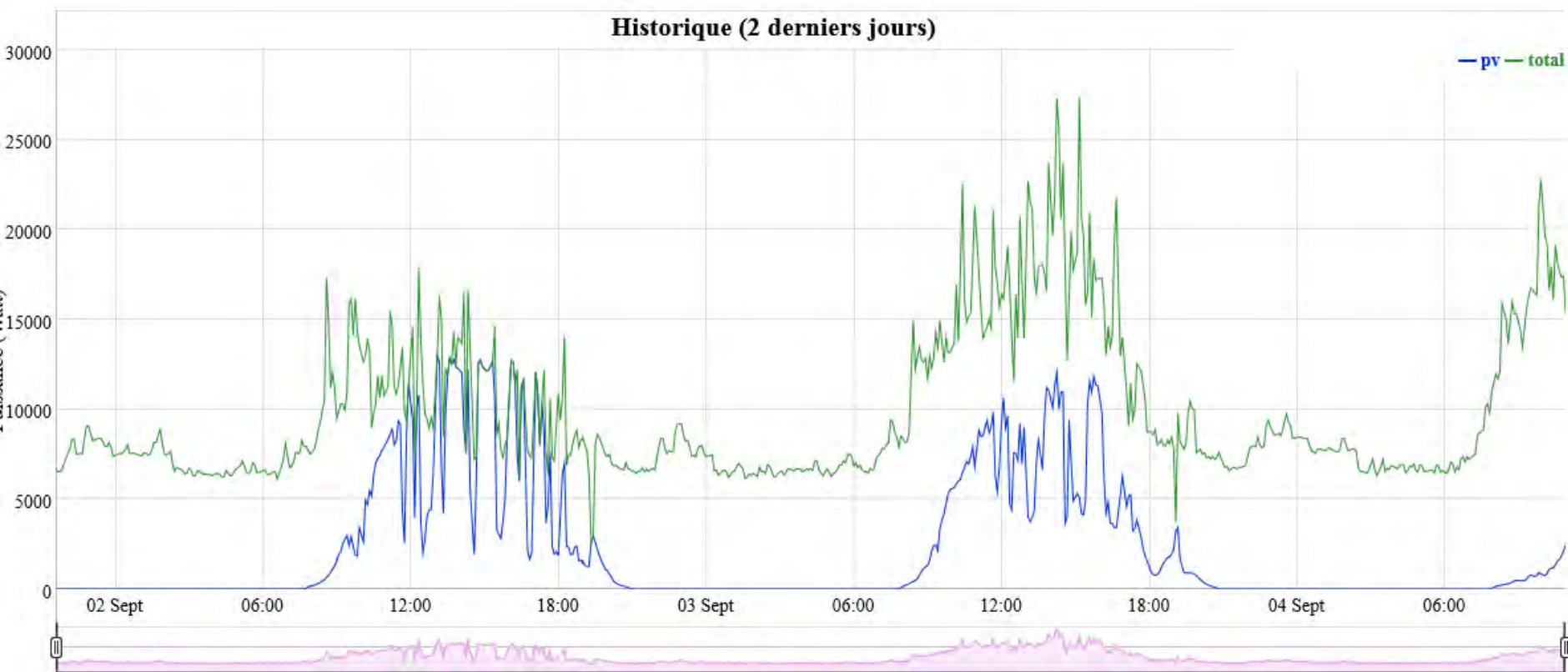
Sur 25 ans : 26 250 kWh/kWc soit 0,08 €/kWh



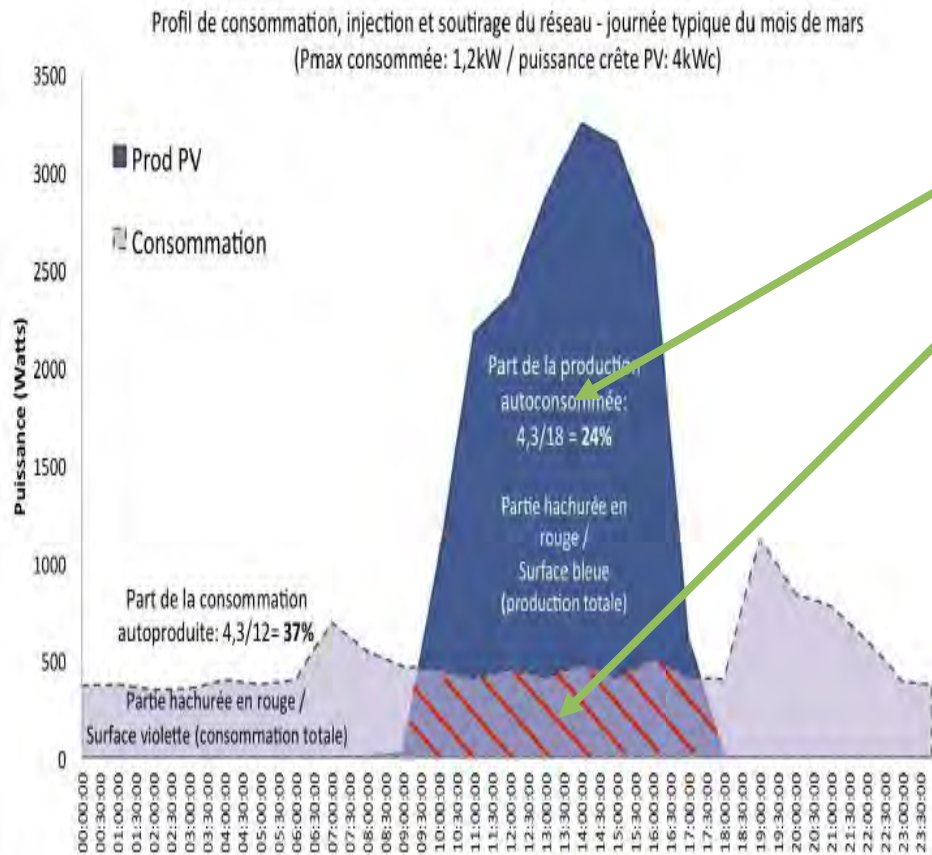
L'enjeu principal: le dimensionnement

Point clef: adéquation courbe de consommation /courbe de production

Patrimoine municipal: consommations diurnes, courbe de charge en adéquation avec la production solaire



L'enjeu principal: le dimensionnement



Distinguer :

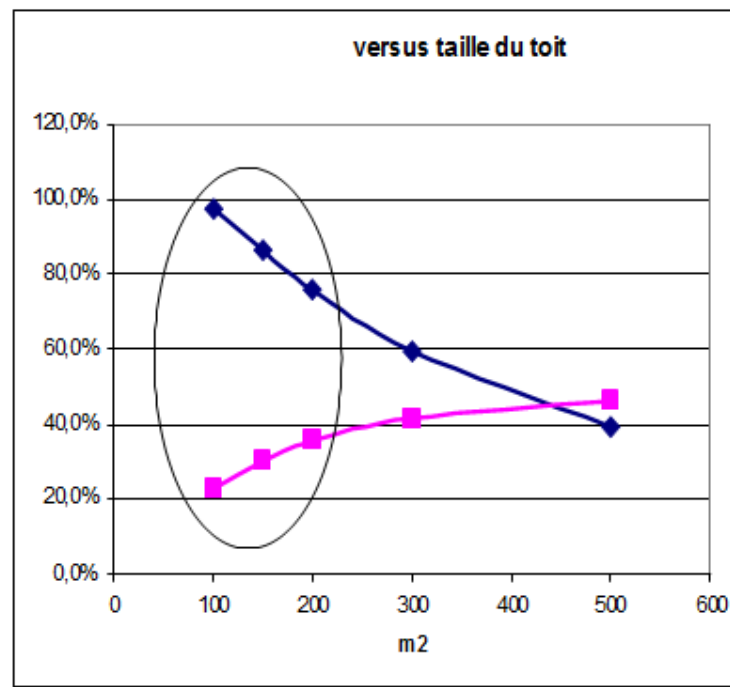
- Production
- Autoconsommation
- Autoproduction (taux de couverture)

Figure 3: Distinction entre autoconsommation (part de la production totale qui est consommée sur place) et autoproduction (part de la consommation totale qui est fournie par la production sur place). Source : Hespul.

Prix de l'électricité et prix de revient kWh PV

L'énergie produite mais non consommée n'est comptabilisée dans le prix de revient du kWh PV

taux d'autoconsommation	prix de revient kWh PV
100,00%	0,10 €
90,00%	0,11 €
80,00%	0,13 €
70,00%	0,14 €
60,00%	0,17 €
50,00%	0,20 €



Installation PV de l'école de Kermelo



15 kWc soit 100 m²

60 panneaux de 250 Wc, un micro onduleur par panneau

Prix (HT!) ~32 000€ HT, 2,11€/ Wc

Supports non intégrés: bac lestés

Production annuelle **17,5 MWh**

Taux d'autoconsommation : 90%

Taux de couverture: >**20 %**

Prix de revient du kWh estimé **11c€ /kWh**

Objectif: taux de couverture 30%

Maîtrise de l'énergie avec les occupants (école en transition énergétique)

Pilotage des consommations: déclenchement cumulus

Substitution eau chaude sanitaire (ECS) électricité → solaire

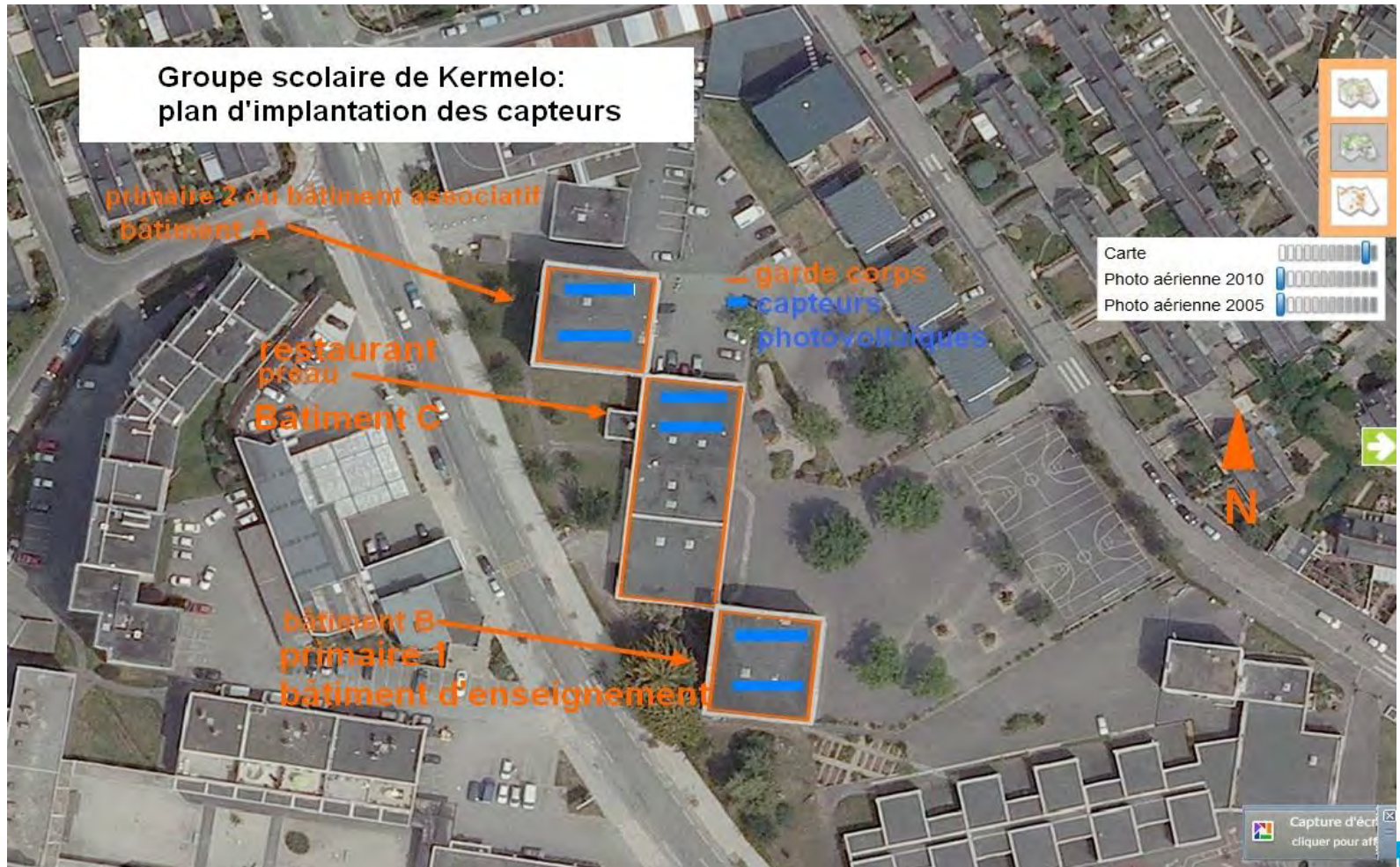
Lave Vaisselle et Lave Linge resto → ECS solaire



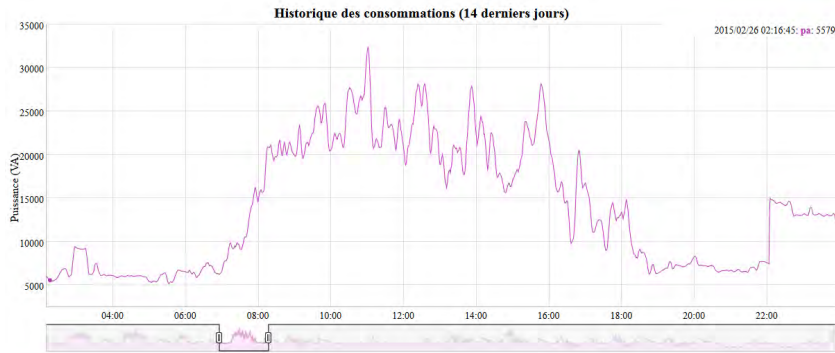
Installation PV de l'école de Kermelo

15 kWc soit 100 m²

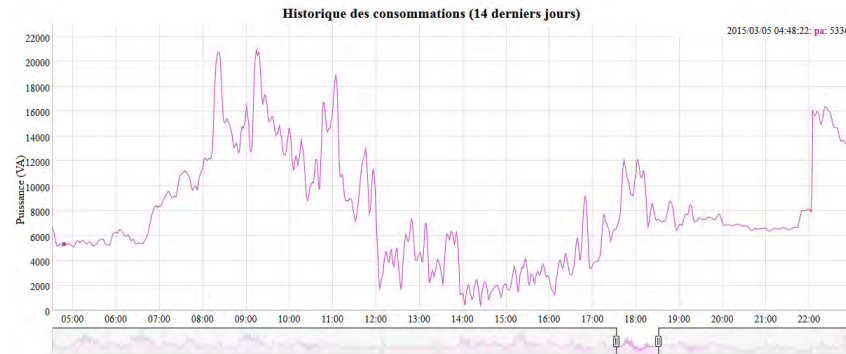
répartition sur 3 toitures terrasses



Installation PV de l'école de Kermelo

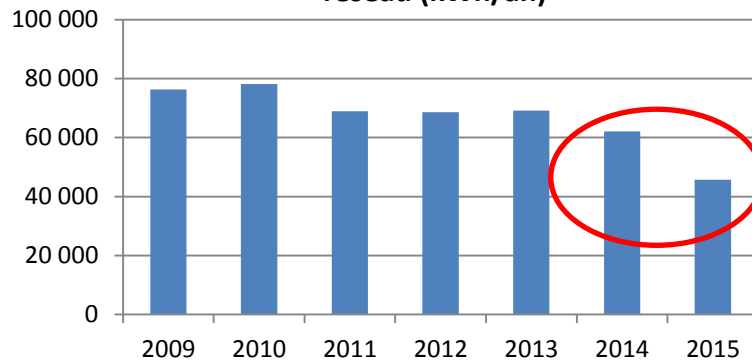


Avant installation PV: une courbe de consommation standard



Après installation PV: à partir de midi, l'école produit quasiment toute son électricité

GS Kermélo: consommation d'électricité sur le réseau (kWh/an)



2009-2015: **-40% d'achat** d'électricité « de réseau » pour l'école

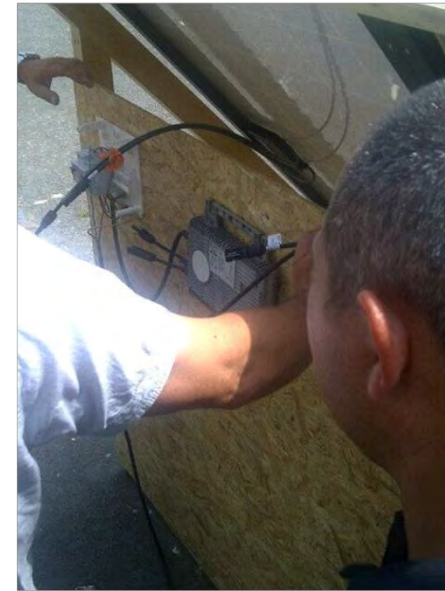


L'implantation des centrales solaires

- La formation des agents
- Les principales étapes de l'implantation



Formation des agents municipaux pour la pose en régie: convention avec un lycée professionnel



Installation PV de l'école de Kermelo

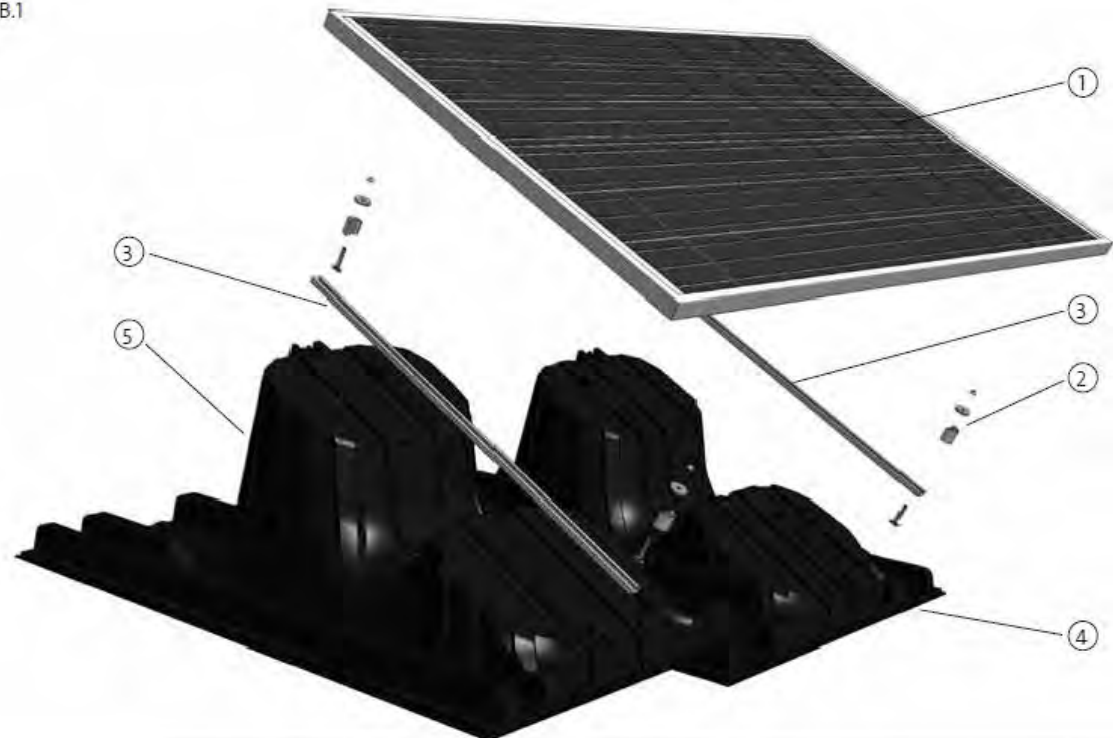
- Préalable : sécurisation des toitures : garde de corps, ligne de vie...coûteux



Installation PV de l'école de Kermelo

- Panneau solaire polycristallins 250 Wc 60 cellules
- Supports : consoles plastiques « suntub » solarworld

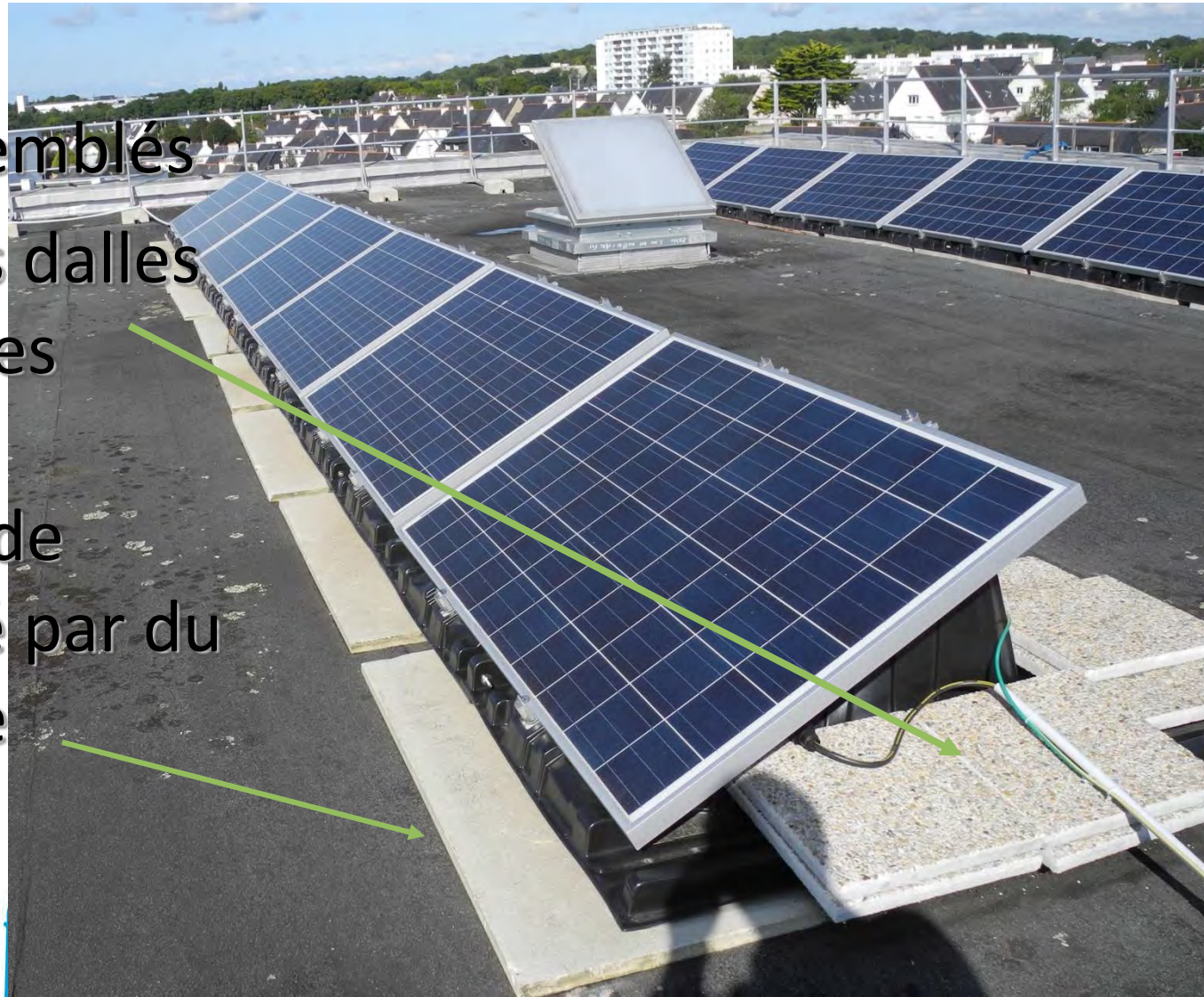
Fig. B.1



Installation PV de l'école de Kermelo

Supports assemblés
lestés par des dalles
gravillonnées

protection de
l'étanchéité par du
polystyrène



Installation PV de l'école de Kermelo

- Un micro onduleur par panneau :

Avantages:

- Régulation par panneau de la production :
calepinage facilité
Limite les conséquences d'une panne
- Niveau de tension/ intensité faible : sécurité du travail
- Circuit dc inexistant : sécurité incendie/ ERP
- Garantie : 20 ans



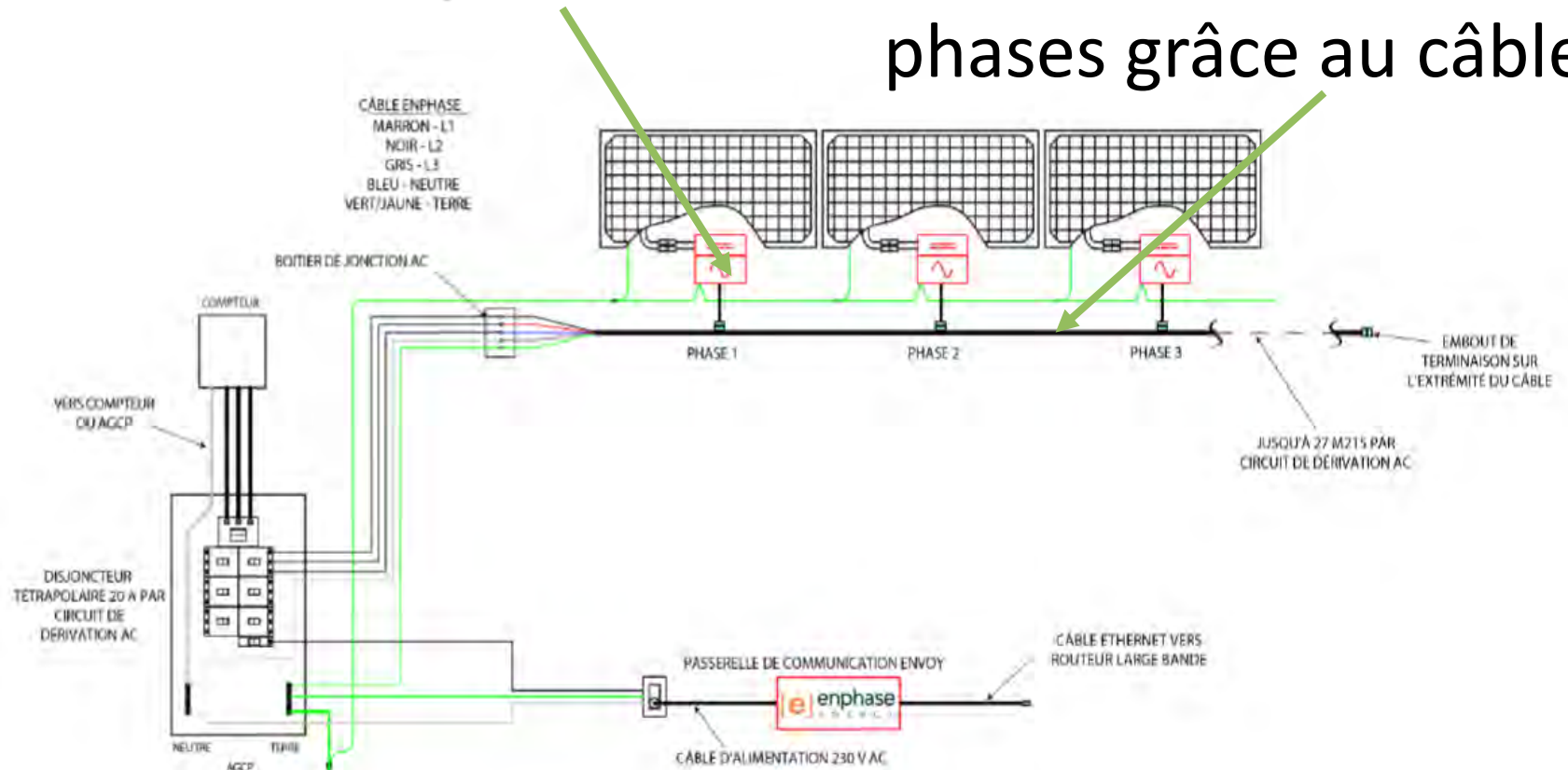
Inconvénients :

- Prix
- Rendement (?)

Installation PV de l'école de Kermelo

Onduleur monophasé

Répartition de l'injection sur 3 phases grâce au câble



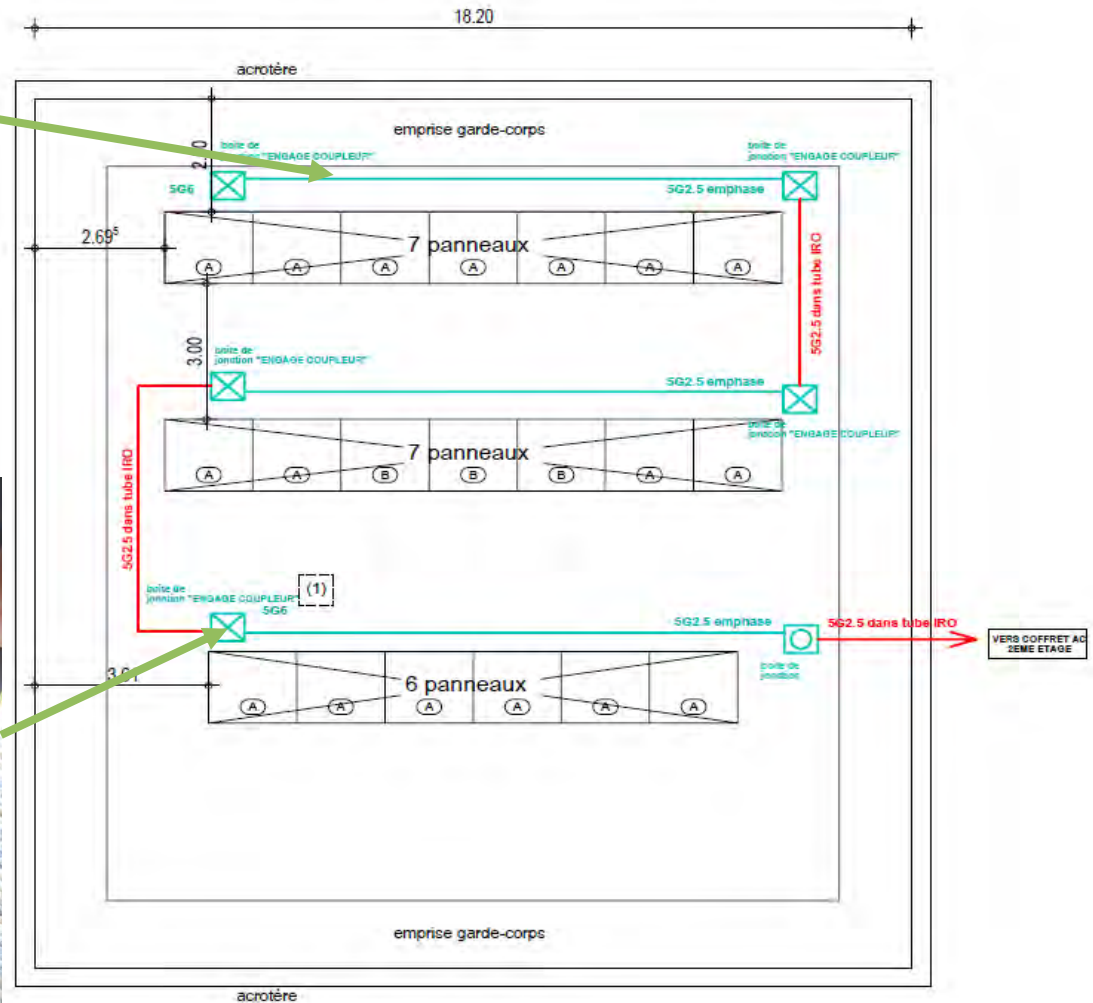
IMPORTANT : Veillez à mesurer la tension entre phases et la tension entre phase et neutre sur tous les conducteurs d'arrivée du réseau électrique avant d'installer un équipement photovoltaïque. La tension appliquée au micro-onduleurs doit être comprise dans une plage acceptable : phase-phase - 360 à 440 V AC ; phase-neutre - 207 à 253 V AC.

SCHEMA DE CÂBLAGE DU SITE
400 V AC TRIPHASÉ

Installation PV de l'école de Kermelo

15 kWc soit 60 panneaux
20 panneaux par toiture

BATIMENT A : BATIMENT D'ENSEIGNEMENT / PRIMAIRE 1



Installation PV de l'école de Kermelo

Passage des câbles :

- Toiture : tube IRO
- Entrée dans le bâtiment : passage sous l'acrotère
- Circulation en faux plafond

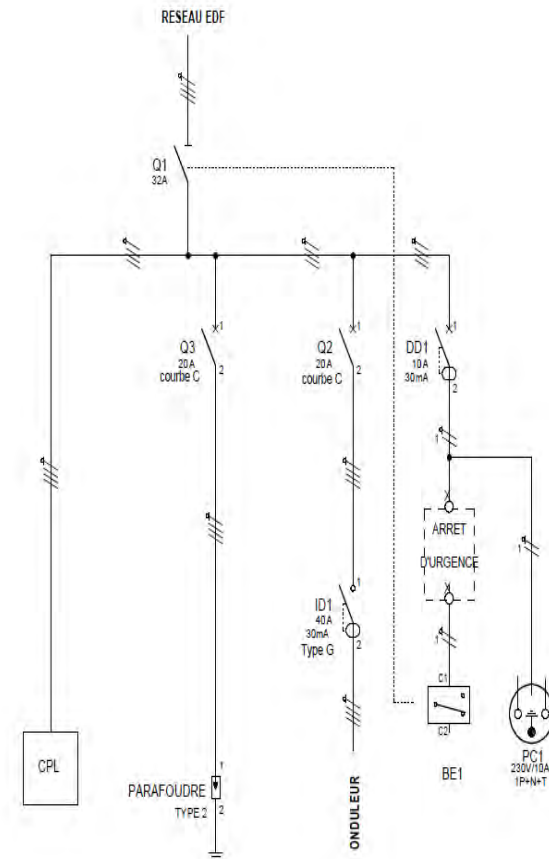


- Branchement au coffret de protection AC
- Injection sur le tableau de distribution de distribution de calibre suffisant le plus proche



Installation PV de l'école de Kermelo

- Coffret AC
- Coupure d'urgence : coup de poing



Raccordement au réseau

E : CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

E1 : Caractéristiques générales du projet

Type de production envisagée :

Photovoltaïque²² Préciser* la puissance-crête installée (*généralement, une seule à renseigner*)

→ en intégration au bâti :

→ en intégration simplifiée au bâti :

→ autre (au sol ou sans intégration) :

avec un type de pivot * fixe un axe de rotation deux axes de rotation

kWc

kWc *

kWc *

Surface totale des panneaux : ...100..... m²

Type de technologie* : Silicium polycristallin

Silicium monocristallin

Silicium amorphe

Couche mince à base de tellure de cadmium

Couche mince à base de cuivre, d'indium, de sélénium

Couche mince à base de composés organiques

Autre :

Éolien Hauteur du mât + nacelle : mètres *

Autre Préciser le type de production : *

Le projet nécessite une **Autorisation d'Urbanisme** de type : *

Déclaration Préalable

Autre type d'autorisation administrative

Permis de Construire

Aucune

Le demandeur souhaite bénéficier du dispositif d'**Obligation d'Achat** : * Oui²³

Non

Si Non (et pas de raccordement en autoconsommation), Responsable d'Équilibre choisi : *

Option de production²⁴ : l'offre de raccordement est demandée en vue de : *

La vente totale de la production

ou La vente du surplus de la production (déduction faite de la consommation)

ou L'électricité produite sera entièrement consommée sur le site²⁵

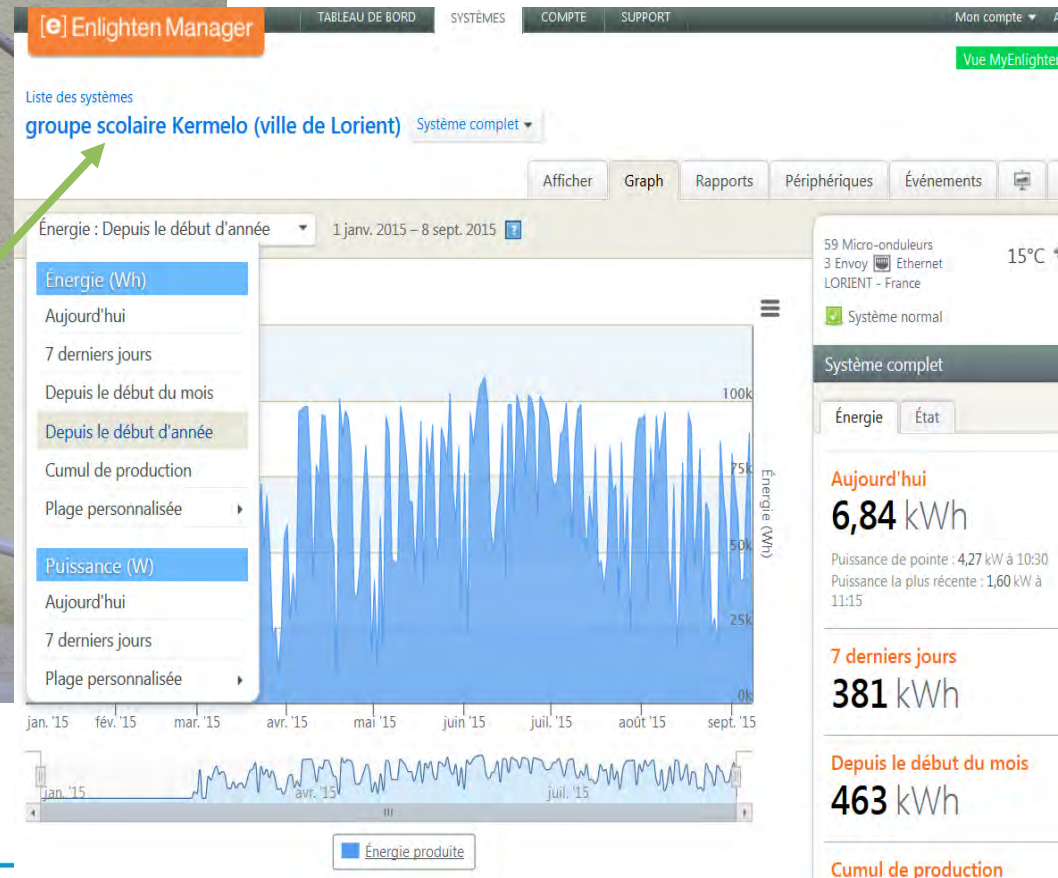
Autoconsommation : déclaration de la production auprès d'ERDF (formulaire obligation d'achat) => établissement d'une convention :

l'autoconsommation est bien légale et prévue par ERDF

La vente du surplus de production d'une installation <36kVA sur un branchement >36 kVA ne serait pas autorisée dans le cadre de l'obligation d'achat

Installation PV de l'école de Kermelo

Suivi de la production: passerelle CPL-internet



Le suivi de la production et la sensibilisation des usagers



Installation PV de l'école de Kermelo

- Raspberry : nano ordinateur système open source :

Suivi de la consommation : téléinfo du compteur

Suivi de la production : interrogation des passerelles

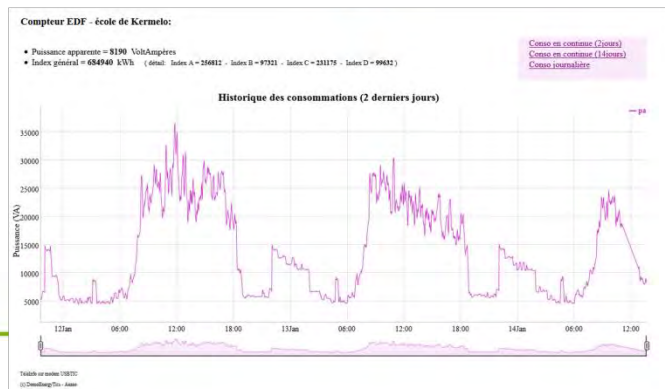
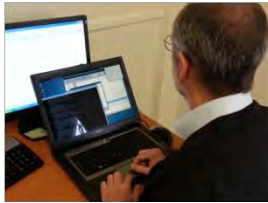
Envoi sur un serveur pour accès internet



<http://lorient.domoenergytics.eu/kermelo/edfg>

<http://lorient.domoenergytics.eu/kermelo/Auto>

Suivi des consommations d'une école



Avec quel matériel?

→ Des capteurs



Téléinfo, température, débitmètre, capteurs de présence, etc.

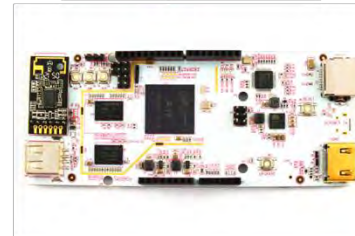
→ Des plateformes électroniques



Arduino
~30€

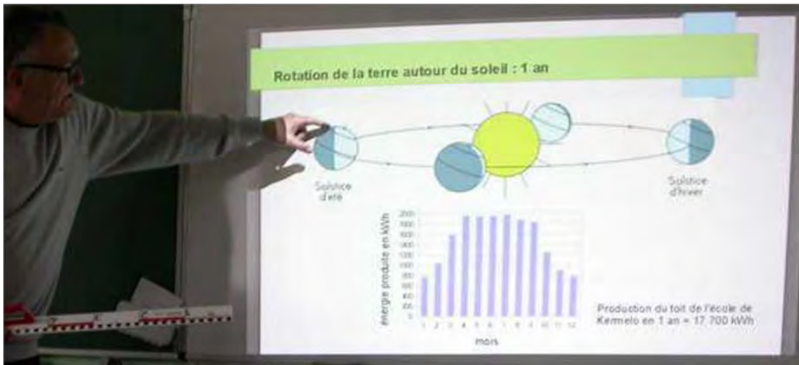
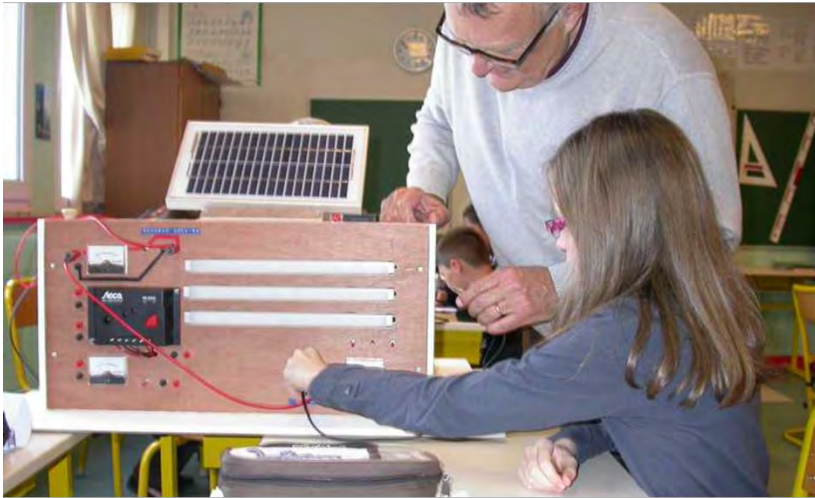


Raspberry
~30€

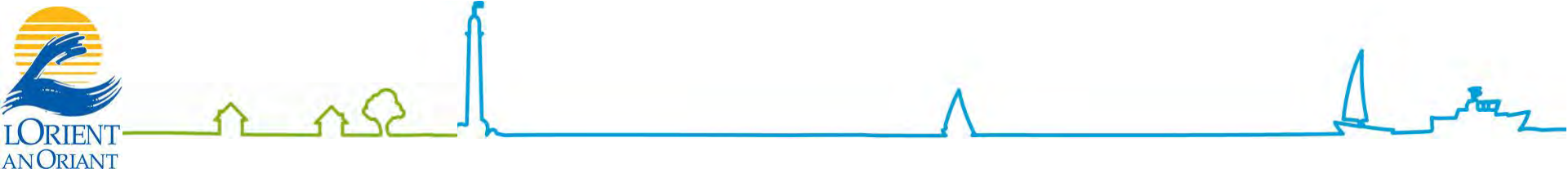


PCduino
~60€

Sensibilisation des élèves de l'école



Les perspectives...



Installations PV Ville de Lorient (2016-2017)

Site	Année d'installation	Surface	Puissance	Production annuelle	Recette annuelle
Ecole Lanveur	2016	60m ²	9kWc	10MWh	1000€ (A)
Ecole Keroman	2016	230m ²	36kWc	40MWh	4000€(A)
Ecole Kersabiec	2016	150m ²	23kWc	25MWh	2500€(A)
Mairie	2016	150m ²	22 kWc	25MWh	2500€(A)
Kerletu	2017	650m ²	100 kWc	110MWh	10000€(A)
Stade du Moustoir?	2017?	1600m ²	250kWc	275MWh	27500€(A)
Esab	2017	140m ² ?	21kWc?	23MWh?	2300€(A)
CFA ?	2017?	230m ² ?	36kWc??	40MWh??	4000€(A)
Ateliers?	2017?	230 m ² ?	36 kWc?	40 MWh?	4000€ (A)
Total	9 installations?	3500m ² ?	530kWc??	540MWh?	54 000€?



Installations PV Ville de Lorient

2015: 125 kWc au total sur le patrimoine

2016 : 4 installations !

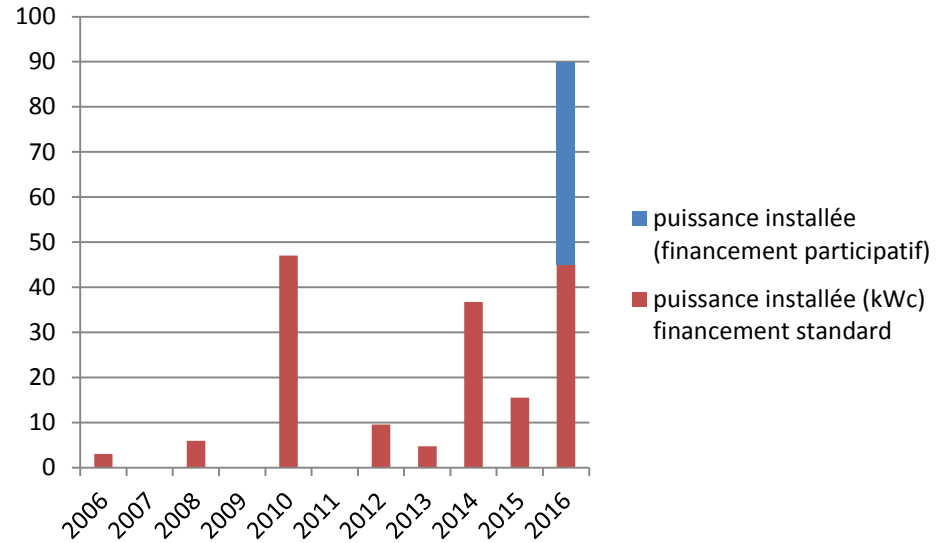
- Ecole Lanveur : 9kWc

- Ecole Keroman : 36kWc

- Mairie + Ecole Kersabiec : 45 kWc

(financement participatif citoyen)

Total 2016 : + 90kWc



➔ Le financement participatif citoyen permet d'amplifier la politique PV de la ville

➔ Le financement participatif citoyen permet de coupler production d'électricité et actions pédagogiques



Investissement Citoyen



Location xx€/an



(locataire des panneaux et propriétaire du matériel électrique de raccordement et des fixations)



Collectif citoyen
(propriétaire loueur des panneaux « nus »)

+ Actions de sensibilisation

Prix de l'électricité produite < prix d'achat de l'électricité de réseau.



Pose sur un bâtiment.
Production d'électricité en autoconsommation

Le montage du projet « investissement citoyen »

Etude de faisabilité par

Location, crédit bail?

- Crédit – bail: nécessité d'une société financière: **abandonné rapidement**
- Location: **possibilité à toute société de répondre**. Durée retenue: 15ans → ni trop long (pour la collectivité), ni trop court (pour la société). Devenir des panneaux à l'issue du contrat à négocier par acte séparé.

➔ MAPA pour un premier lot de 45kWc (300m²)

Critères d'attribution des offres:

- La **qualité technique** des panneaux : qualité de fabrication, durabilité, fiabilité. (critère comptant pour 25% de la notation)
- La qualité de **l'implication des habitants** (non spécifiquement usagers des bâtiments) dans la démarche de valorisation de l'énergie photovoltaïque (conférences, ateliers, voire tout autre proposition) (10%)
- La qualité de **l'animation annuelle** proposée dans le cadre du contrat de location (chaque site recevant des panneaux solaires devra faire l'objet d'un projet d'animation)
 - Présentation du **projet** d'animation (25%)
 - **Implication** des membres de la structure dans le projet d'animation (10%)
- Le **prix de location**. (30%)



BRUN CESSAC
& Associés

Investissement Citoyen: fruit d'une rencontre!



Ville de Lorient en réflexion sur auto-conso PV

- Enjeux économiques
- Enjeux politiques

Besoins:

- sensibilisation aux énergies renouvelables
- participation des administrés à la politique énergétique de la ville
- donc : nécessité d'un collectif mobilisable !



Association Bretagne Energies Citoyennes (BEC) (2009)

120 adhérents : SAS Toit Solaire Mellac
...en recherche de nouveaux projets

Rencontre dans le cadre d'ateliers participatifs collectivités et société civile (Boucle énergétique BIEN LA soutenue par Région Bretagne)

Besoins:

volonté d'agir concrètement dans les EnR
volonté d'impliquer un max de monde
souhait de mener des actions pédagogiques

Chacun a travaillé de son côté et lors de rencontres (effet Boucle énergétique!).
...Deux ans ! → Notion d'envie et ...de temps !

Lancement d'un appel d'offre après étude de faisabilité

Installation des panneaux en régie (en cours)

Création « Outil » : SAS participative OnCIMè
(1 personne = 1 voix) 66 sociétaires – 38 750€ capital
Comité de gestion 11 personnes dont 2 tirées au sort
Objet : location de panneaux solaires



Notion de co-propriété (obligation d'entente)

LA SOCIÉTÉ DE PROJET N'EST QU'UN OUTIL !

Objectifs : Développement ENR, Sensibilisation citoyenne,
Education populaire (interne et externe)





panneaux solaires citoyens à l'école de Kersabiec





Panneaux solaires sur l'école de Keroman



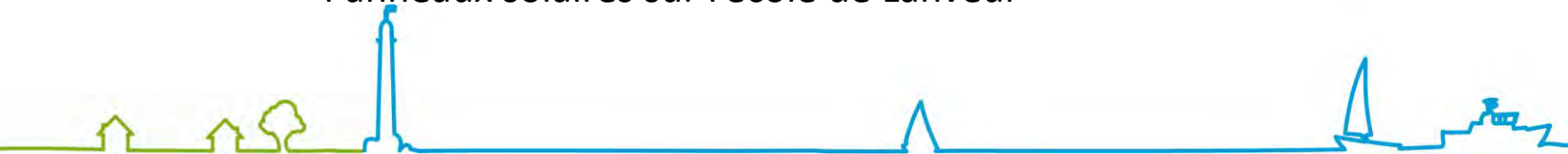


(photo: installation des panneaux solaires thermiques à l'école de Lanveur – été 2015)





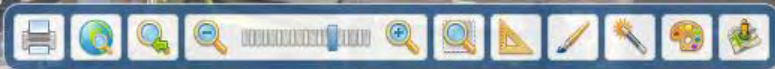
Panneaux solaires sur l'école de Lanveur



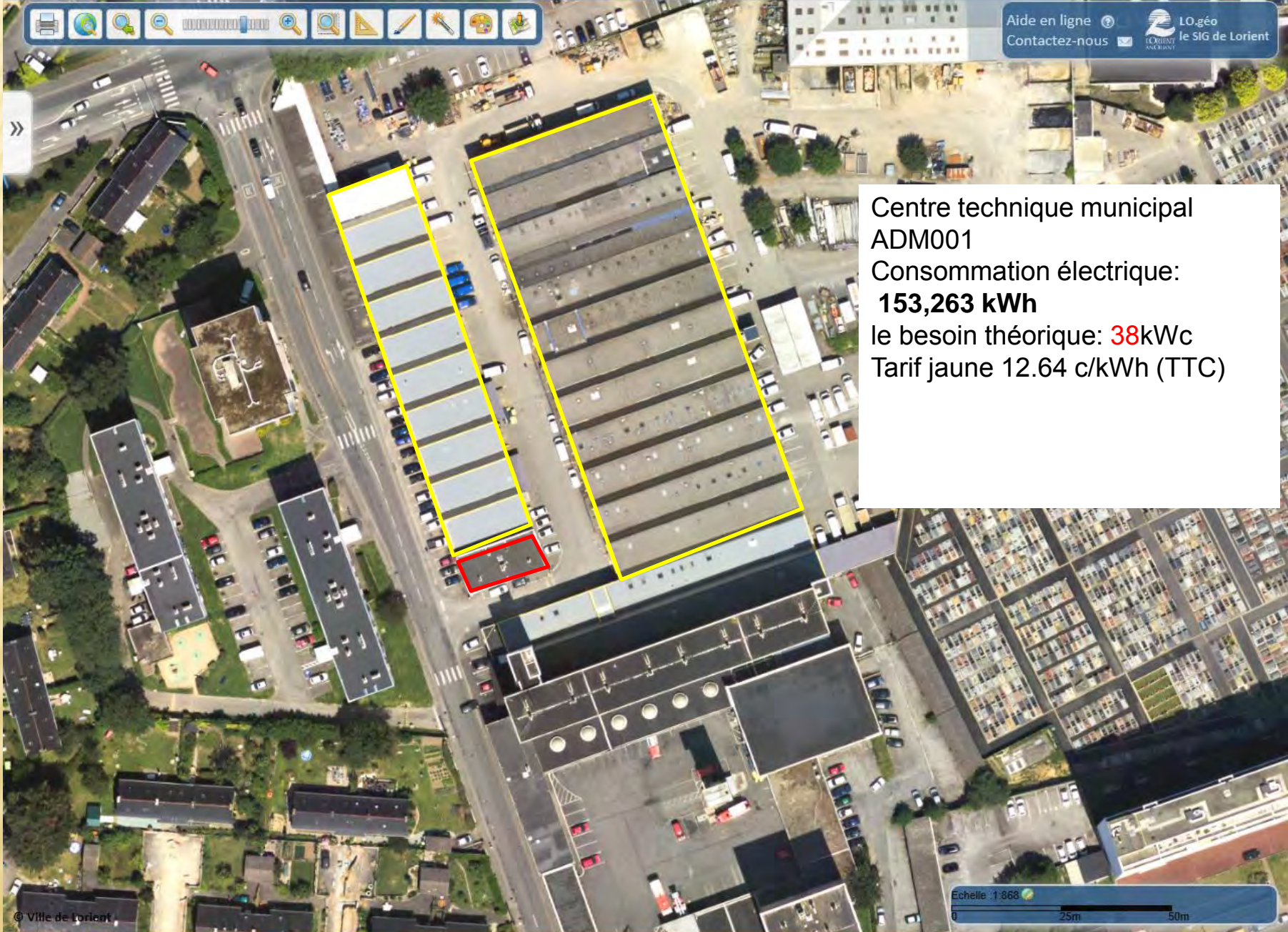


Installation des panneaux solaires citoyens sur le toit de la mairie





CFA
ENS174
Consommation électrique:
144,016 kWh
le besoin théorique: **36 (24)kWc**
d'après la courbe de charge **11kW**
Tarif vert 126.4 c/kWh
. Surface disponible: 1490m²
Puissance de production : 75kWc
Accès/sécurité: **Ok?**
Pérennité: ok?



Centre technique municipal
ADM001
Consommation électrique:
153,263 kWh
le besoin théorique: **38kWc**
Tarif jaune 12.64 c/kWh (TTC)

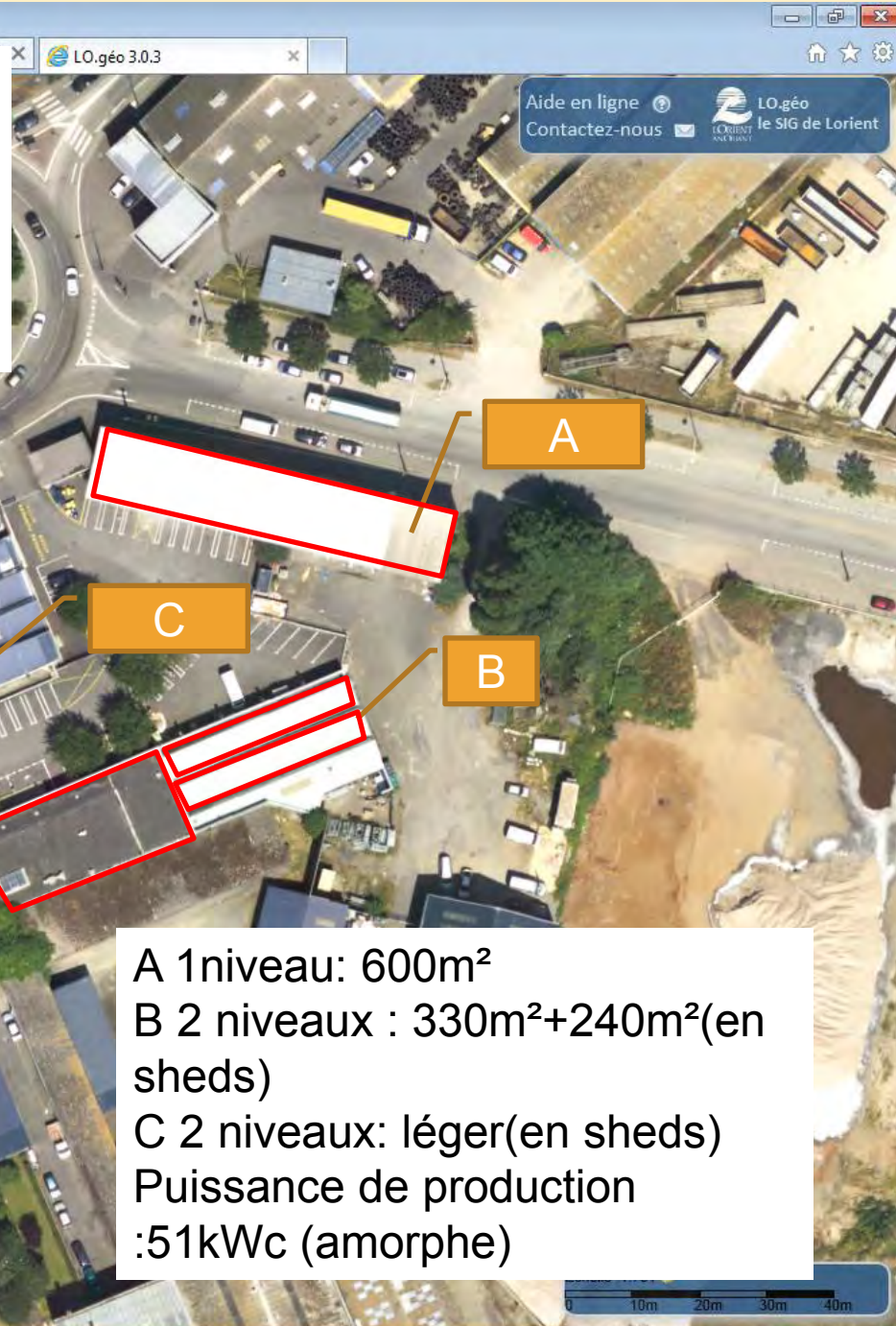
Ecole supérieure d'art
CU338

Tarif jaune 12.64 c/kWh (TTC)

Consommation électrique:

58,345kWh

le besoin théorique: **21kWc**



A 1 niveau: 600m²

B 2 niveaux : 330m²+240m²(en sheds)

C 2 niveaux: léger(en sheds)

Puissance de production
:51kWc (amorphe)

Projet Kerletu

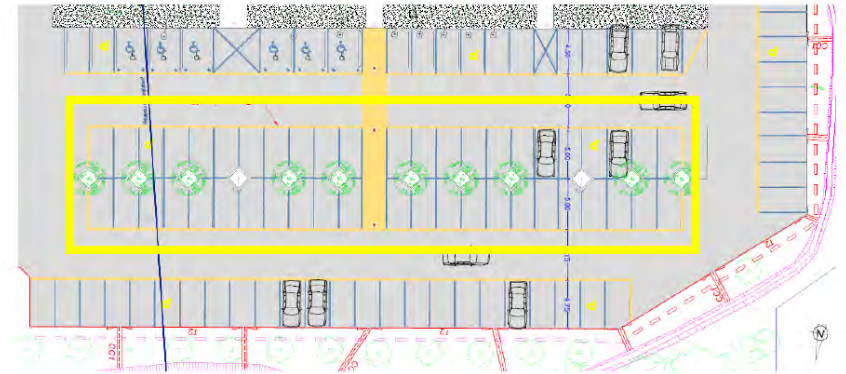
3 ETUDE PHOTOVOLTAÏQUE

3.1 Caractéristiques de la toiture

Les caractéristiques générales de la toiture sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Type de couverture	Bac acier
Surface totale de la toiture	600 m ²
Orientation de la toiture	Sud + 10 degrés
Inclinaison	10 degrés
Charpente	IPE, IPN métallique ou bois

Positionnement des ombrières



Projet Moustoir



Prix location < prix
d'achat de l'électricité
de réseau.



(locataire des
panneaux et
du matériel
électrique de
raccordement et
des fixations)



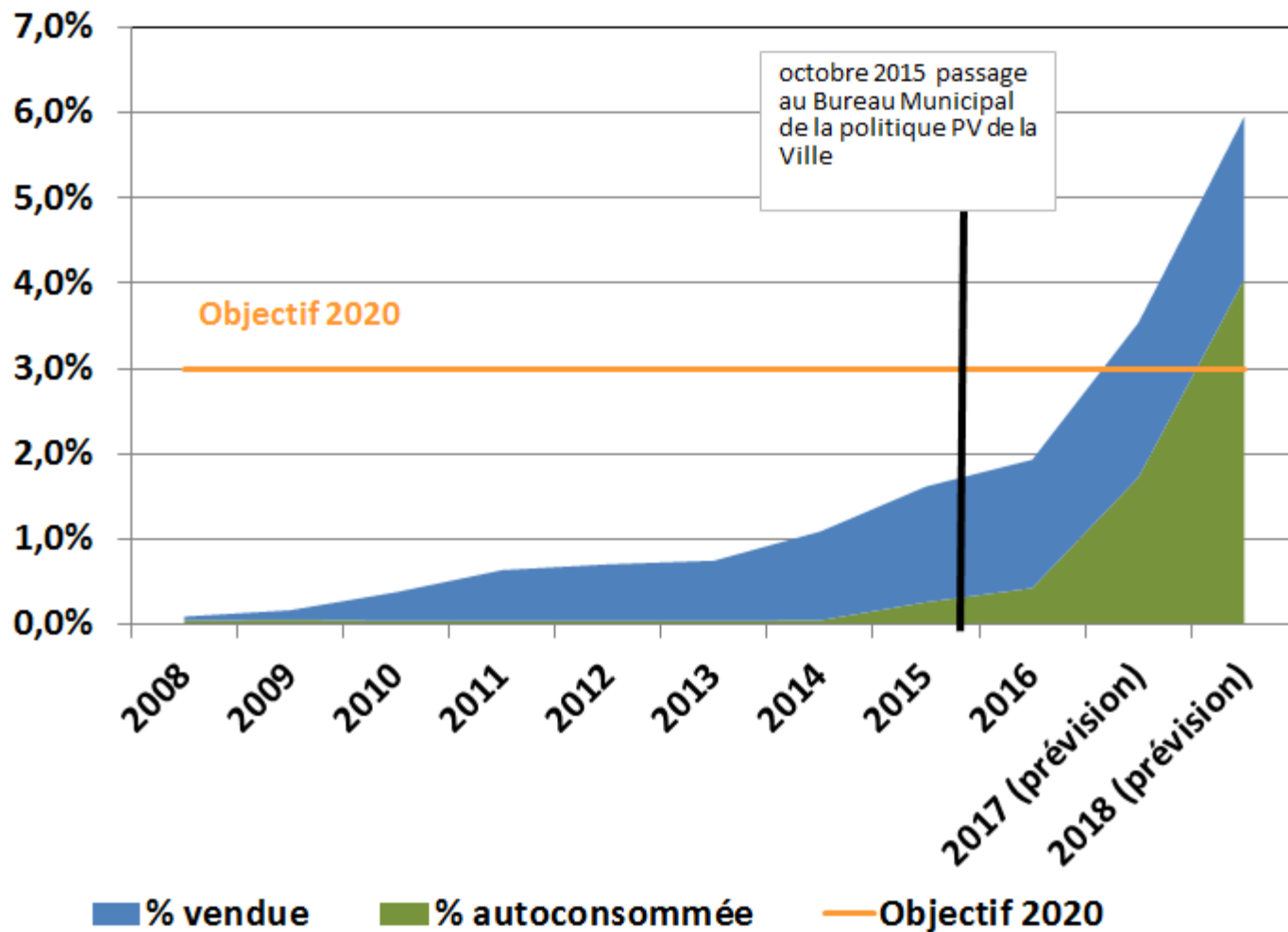
Maître d'ouvrage

Pose sur un bâtiment.
Production d'électricité
en autoconsommation

Prime
d'autoconsommation



Quelle est la part de production d'énergie photovoltaïque par rapport aux consommations d'électricité de la mairie ?



Autoconsommation :

Et maintenant ?

- Le dimensionnement conduit parfois à limiter la puissance de l'installation sur un site, ne pas équiper un site qui présente une toiture propice.
 - Attention à ne pas « tuer le gisement solaire ».
 - En terme d'intérêt général, il serait souhaitable d'exploiter au maximum le potentiel des toitures, d'auto-consommer le nécessaire (augmentation du taux de couverture) et de vendre le surplus en injection sur le réseau public. Le prix de vente est actuellement au dessous du prix de revient, l'équilibre économique est à étudier de manière détaillée.
- Des solutions de stockage se développent, un stockage limité combiné à de la MDE pourrait permettre de réduire la puissance souscrite et de faire des économies, l'équilibre économique reste à étudier.



Merci pour votre attention!
(photo: installation des panneaux solaires
citoyens à l'école de Kersabiec le 12/05/2016)

Annexes



Groupe Scolaire	Energies renouvelables
Bisson	Panneaux solaires photovoltaïques (PV)6kWc
Bois Bissonnet	PV 9,5kWc (Balise) – Chaudière bois granulé Electricité 100% EnR Enercoop
Bois du Château	→ projet: PV?
René Guy Cadou	→ projet: PV?
Kerentrech	Poulorio: chaudière bois granulé Maternelle: en cours : chaudière bois déchiqueté (rentrée 2016-2017)
Kerfichant	→ Projet: ST?
Kermelo	PV 15kWc en autoconsommation Electricité 100% EnR Enercoop
Keroman	En cours : PV 36kWc (rentrée 2016-2017) Electricité 100% EnR Enercoop
Kersabiec	En cours : PV 25kWc – autoconsommation – investissement citoyen En cours : Chaudière bois déchiqueté (rentrée 2017-2018)
Lanveur	Solaire thermique (6m ²) cuisine maternelle - PV 9kWc – (2016) Electricité 100% EnR Enercoop
Manio	→ Projet: PV? Bois?
Merville	<i>Isolation des combles maternelle (2015)</i>
Nouvelle Ville	En cours : Chaudière bois mixte (rentrée 2017-2018)

Ecoles en transition énergétique

Objectifs :

- Réduire les consommations dans les écoles énergivores.
- Sensibiliser les élèves et le personnel d'une école équipée d'une installation EnR pour participer et maintenir à la réduction des consommations.

Méthode :

- Réaliser un bilan énergétique de l'établissement.
- Mettre en place les moyens nécessaires pour y arriver.
- Avoir l'adhésion des utilisateurs. La démarche touche tout le monde (personnel, enseignants, élèves, périscolaire, autres usagers).
- Suivi des consommations.
- Suivre les installations.
- Démarche participative aux résultats obtenus.

Plan d'actions :

C'est le service environnement qui propose aux écoles concernées une participation à l'opération.

Durée : 2 années scolaire :

1^{ère} année : enquête, analyse, bilan énergétique de l'école. Découvrir des problèmes liés à la consommation d'énergie, comment les abaisser, les maîtriser, expériences, expérimentation.

2^{ème} année : mise en place des actions, suivi des consommations, évaluation.

Programme :

Classes : CE2-CM1 & CM1-CM2, les mêmes élèves suivent le programme sur les 2 années.

Le programme comprend 2 à 3 interventions réparties dans l'année.

Le contenu du programme est intégré dans le programme scolaire.



Ecoles en transition énergétique: 1ere année

Séance Intervenant	Programme	Objectifs	Descriptif/Déroulement de la séance
Séance 1 Les petits débrouillards	Qu'est ce que l'énergie ?	Reconnaître les formes et sources d'énergie. Etre autonome dans la manipulation. Découvrir les avantages et les inconvénients des différentes sources d'énergies. Expérimenter les propriétés de la lumière.	1 classe : 2 groupes : 2 animateurs <u>Atelier 1</u> Sources et re-sources - 30mm Focus sur une énergie renouvelable : le solaire – 40mm Un panier garni énergétique : 20 mm <u>Atelier 2</u> Transformons l'énergie : 1h30
Séance 2 Les petits débrouillards	La consommation d'énergie dans l'école	Réaliser le diagnostic énergétique de l'école. Prendre conscience du gaspillage énergétique. Simplifier de manière individuelle et collective dans la gestion de l'énergie.	1 classe : 1 animateur Les sources de consommation énergétique - 40mm Enquête de l'énergie : 90mm Des économies faciles : 50 mm
Séance 3 Enercoop	Produire son énergie	Comment produire l'électricité photovoltaïque et la chaleur thermique avec le solaire chez moi. Découverte d'une maquette présentant l'utilisation du solaire photovoltaïques en autoconsommation.	1 classe : 1 animateur (3h) 1) Introduction des matériaux : Type de panneau solaire et les matériaux, recyclage, panneau thermique 45min 2) Schéma de base d'une installation photovoltaïque et solaire thermique 60min (2x30min) 3) Orientation vertical et horizontal (d'une maison et des panneaux) pour bien capter le rayonnement solaire (maison passive) 30min 4) Découverte de la maquette PV 45 min



Ecoles en transition énergétique: 2^{ème} année

Séance	Programme	Objectifs	Descriptif/Déroulement de la séance
Séance 1 Enercoop	Une nouvelle source d'énergie à l'école	Découverte de l'installation EnR réalisée à l'école Découverte du système mis en place pour le suivi de la consommation d'énergie de l'école.	1 classe : 1 animateur (3h) 1) Production sur l'année, variations journaliers 45 min 2) Principe de l'autoconsommation avec ou sans système de stockage (travailler les différences entre les deux approches, avantages et inconvénients) 60 min 3) L'installation PV de l'école (schéma et données techniques, matériaux, coût) 45 min 4) Explications sur le suivi de la consommation de l'école 30min
Séance 2 Les petits débrouillards	Sobriété et efficacité énergétique	découvrir les notions de sobriété et d'efficacité énergétiques comprendre comment agir sur sa consommation énergétique tout en conservant (ou améliorant) son confort. Communiquer sur les économies d'énergie.	1 classe : 1 animateur Défi « isole ta canette » - 30mm La chasse aux consommations inutile ! – 60mm Retour sur le défi « isole ta canette » 30mm Expose ton programme ! 60mm
Séance 3 Les petits débrouillards	Bilan énergétique de l'école	Analyser des consommations et économies réalisées. Encourager une attitude citoyenne.	1 classe : 1 animateur Les bons gestes pour moins consommer - 30mm L'heure du bilan - 60mm Une vidéo pour partager cette expérience : 90 mm



Ecoles en Transition Energétique

1 école à la rentrée 2015 Kermelo (début de l'action – année 2 – 1 classe)

2 écoles / an à partir de la rentrée 2016

Année 1 :

- diagnostic des consommations
- Interventions pour sensibiliser à l'énergie

Année 2 :

- Plan d'action
- Interventions pour accompagner l'élaboration du plan d'action

Année 3 :

- Mesure des résultats
- Actions correctives

Année 4,5,... :

- Mesure des résultats
- Actions correctives

Budget ~ 600€ / classe
(Le programme sera adapté à la problématique énergétique de l'école – le nombre de séances et de classes dépendront de l'estimation des économies envisageables)

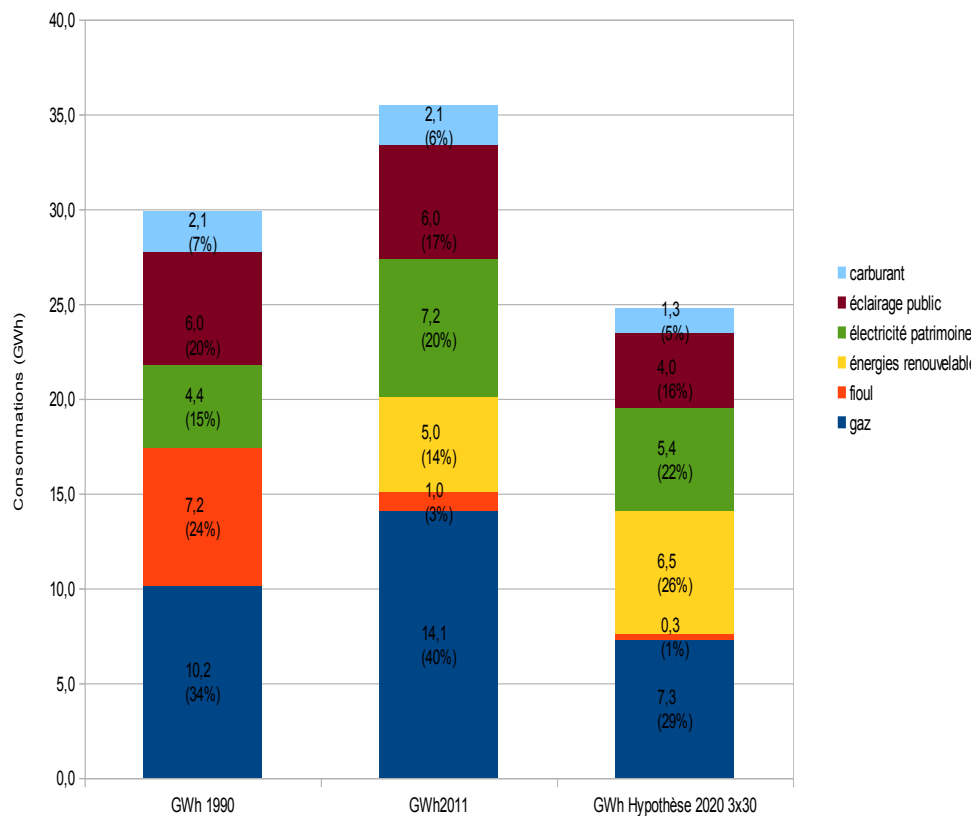
Budget ~600€ / classe

Non dépenses annuelles: entre 5% et 15% des consommations électriques : entre 600€ et 1800€ d'économies / an
-« rentabilisation » des animations
-Versement, en fonction de l'économie générée, d'une petite participation complémentaire à la caisse de l'école.

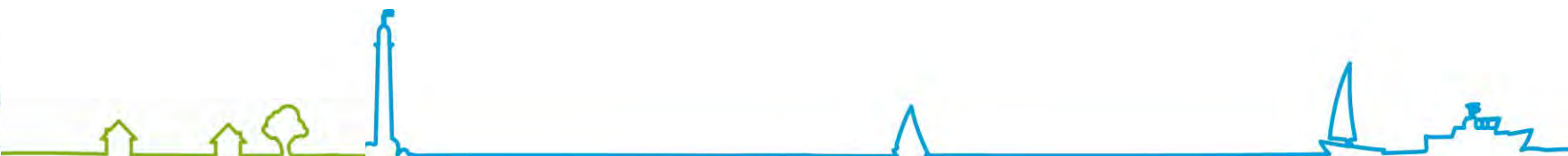
Pour conclure: Objectifs « 3x30 » avec le PV ?

Consommations d'énergies 1990, 2011, et objectif 2020

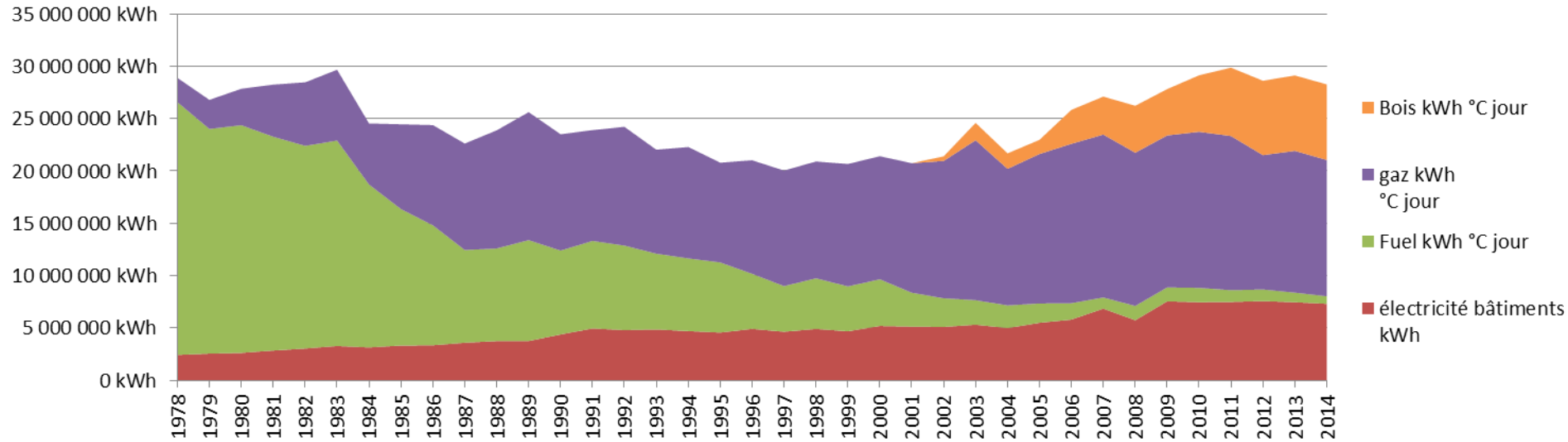
Patrimoine Ville de Lorient



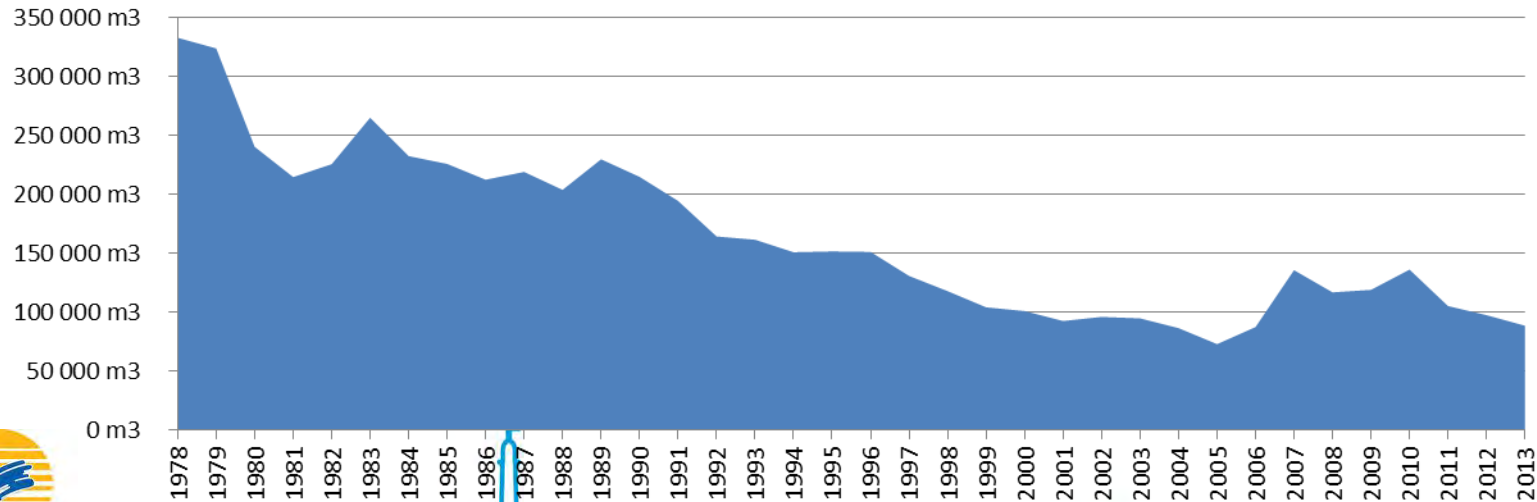
- Atteindre l'objectif grâce au PV ?
- Projection 2020 : 9,4 GWh d'électricité
- 30 % d'EnR : 3GWh
- Soit 3 Mwc installés : 22 000 m²,
- 220 installations comme Kermelo
- Ou 100 comme la Maison de la Solidarité



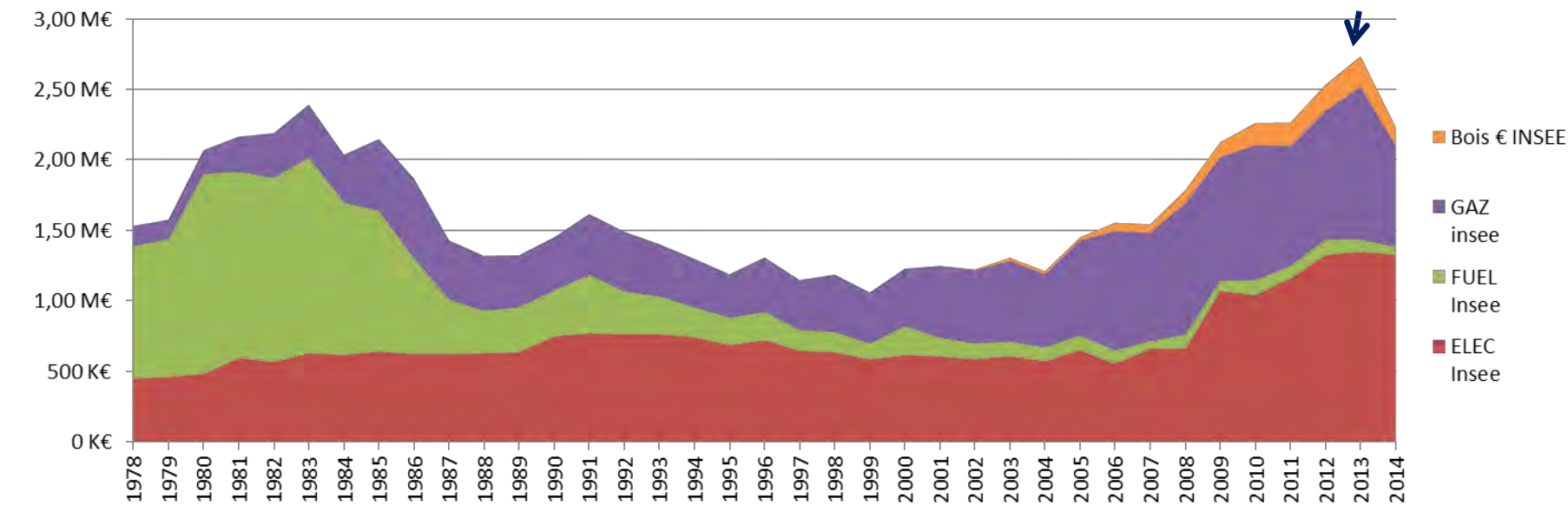
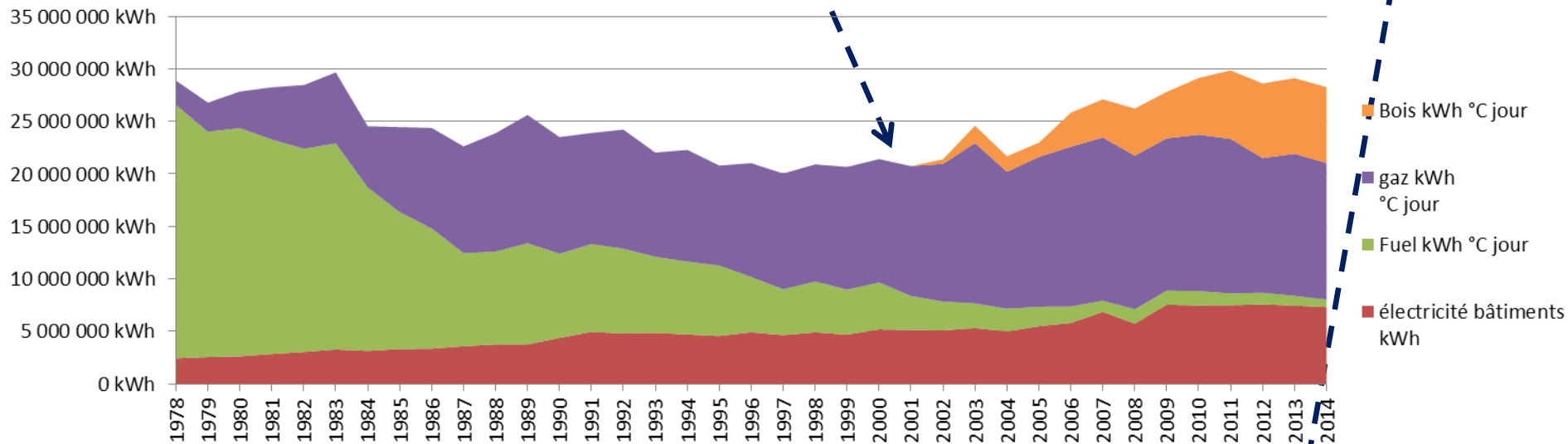
Bâtiment: Consommations d'énergie et d'eau



consommations d'eau (facturée)



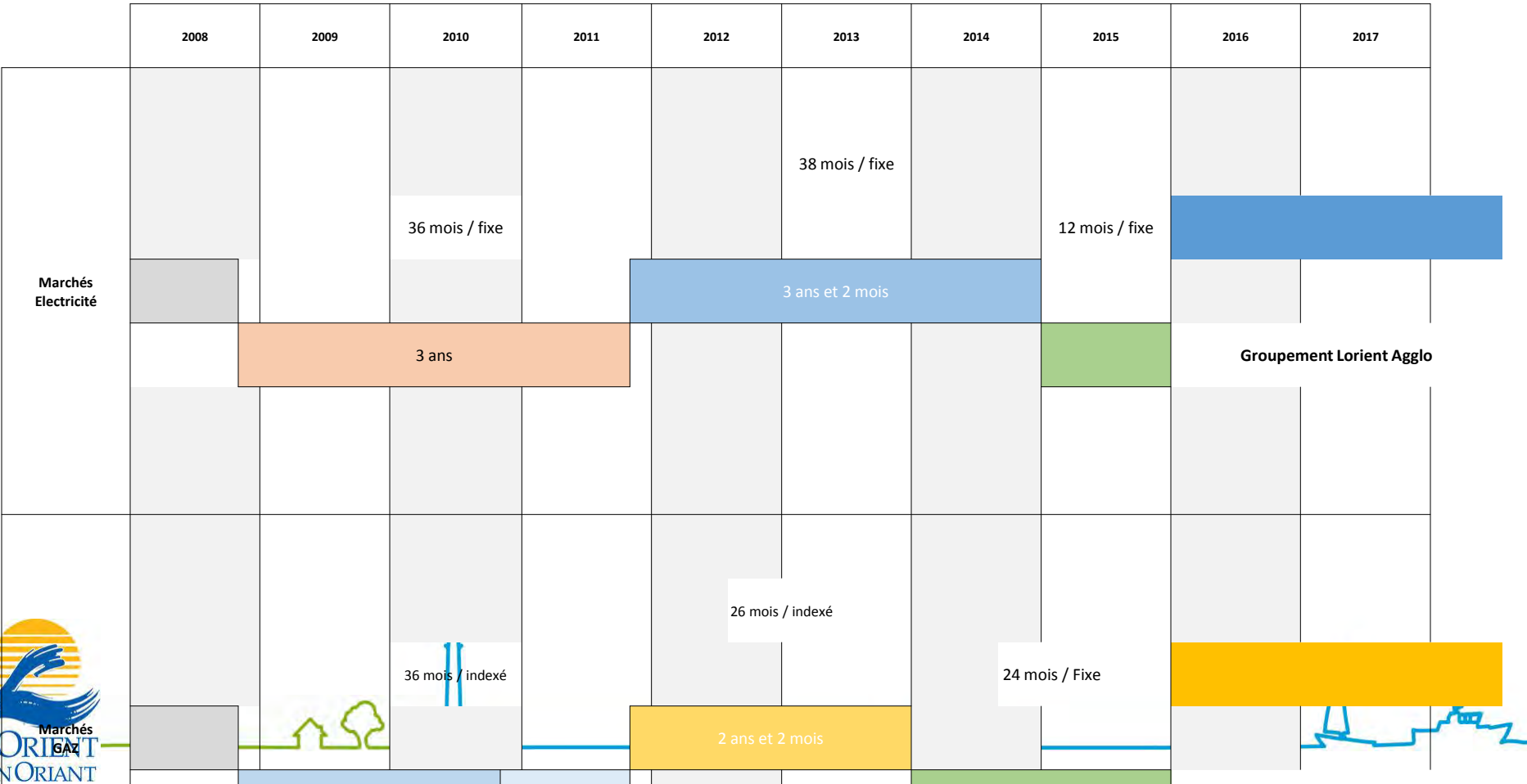
Bâtiment: Consommations d'énergie et factures



Achat d'énergie



Historique des marchés de l'énergie pour la Ville de Lorient



Historique des marchés de l'électricité pour la Ville de Lorient

- 11/2004-11/2008: premiers marchés électricité et gaz
 - 4 ans (prix fermes) pour l'électricité. 21% d'électricité verte. Économie de 8000€ / tarif régulé
- 11/2008-11/2011
 - 3 ans (prix fermes) électricité.
- 11/2011-11/2014
 - 3 ans (prix fermes) électricité. Evolution des prix de +30%.
 - Allotissement « vert » (21% GO) / « jaune » (100% GO) / « bleu » (50% GO)
- 2015
 - Marché « de transition » : 1 an prix fixes
 - 50% GO + MAPA 100%EnR sur ~2,5% de la conso.
- 2016-2018/2020
 - Futurs marchés électricité
 - Groupement de commande avec Lorient agglomération + communes + SEM
 - AC + MS



Marché actuel de la Ville - électricité

Objectifs:

- 1 an de jointure entre marché prix fixe 2011-2014 et commande groupée 2016 – 20xx
- Structuration du futur marché 2016-20xx
- « Test » marché Haute Valeur Environnementale
- AMO « assistance à l'achat d'électricité sur marché dérégulé » (*Conseil Energie Environnement – Joachim Hirschler*)

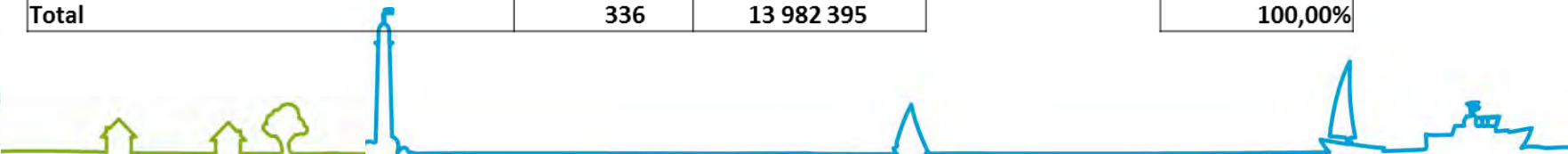
Principaux éléments du marché électricité

- 50% Garantie d'origine + MAPA « Haute Valeur Environnementale » (critères d'additionnalité)
- Prix fixes sur 1 an, construction du prix indexée sur ARENH applicable en 2015
- Notation: 100% prix (évaluation terme de quantité sur 1 an + terme fixe), sauf marché HVE 40% prix et 60% note méthodo



Marché actuel de la Ville - électricité

				Répartition des conso	
		Nb Pts	kWh	% du Marché	% du Total
Ville + CCAS	Lot 1 "Vert"	10	4 486 467	58,93%	32,09%
	Lot 2 "Jaune"	25	2 413 164	31,70%	17,26%
	Lot 3 "Bleu - bâtiments"	87	713 627	9,37%	5,10%
	Lot 4 "Branchements provisoires"				
		122	7 613 258		54,45%
Ville	Lot 5 "EP "	204	6 045 571	100%	43,24%
	MAPA "HVE"	10	323 566	100%	2,31%
	Total	336	13 982 395		100,00%



Article 6 : PROVENANCE DE L'ELECTRICITE

Ce marché concerne la fourniture d'électricité verte à haute valeur environnementale. L'enjeu est notamment de respecter les préconisations du Pacte Electrique Breton. Ce pacte, porté par la Préfecture et la Région Bretagne, demande explicitement :

- 1/ des efforts importants de maîtrise de la demande en électricité,**
- 2/ un développement ambitieux de la production d'énergies renouvelables et**
- 3/ la sécurisation indispensable de l'alimentation électrique (production et réseaux).**

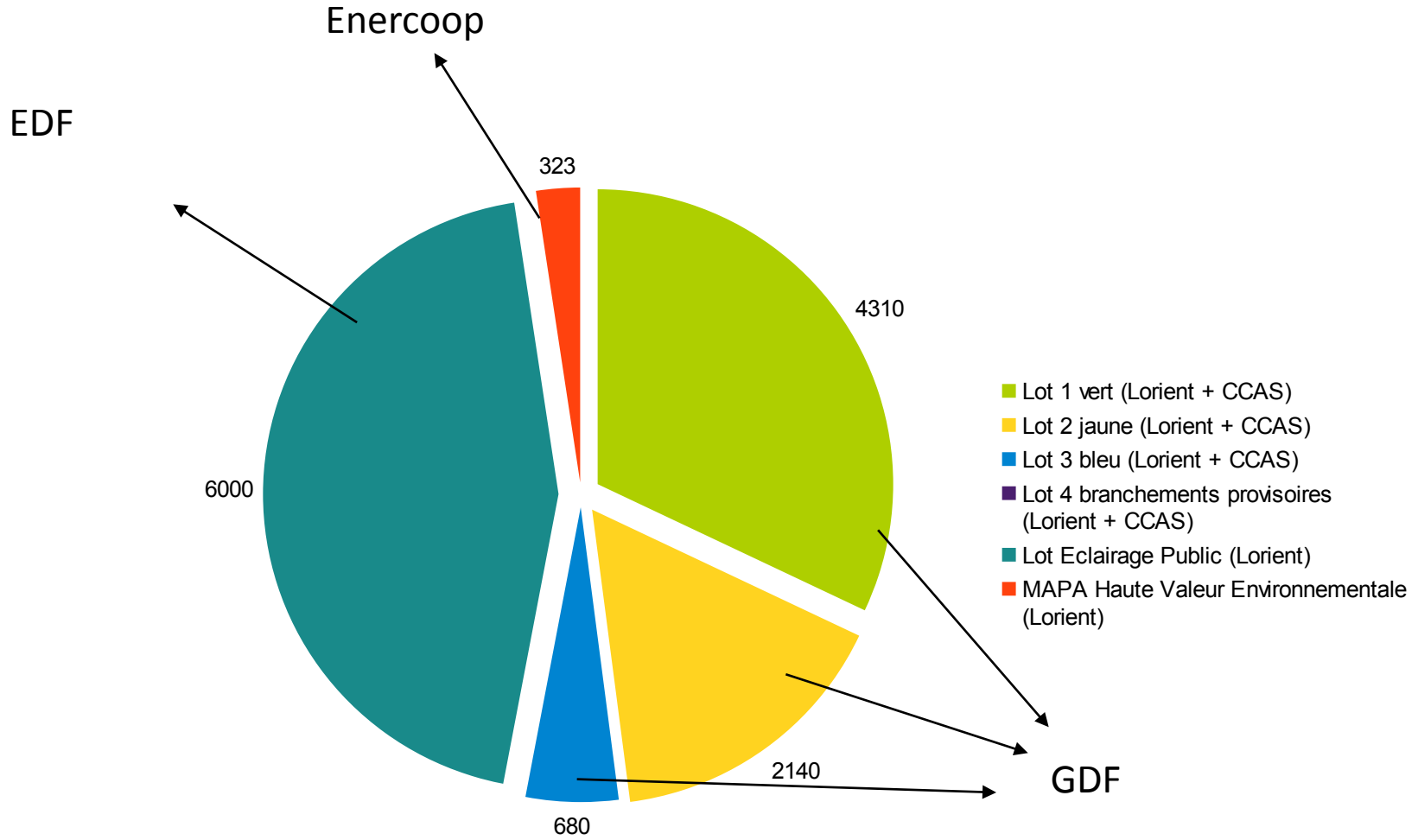
Ainsi :

- Un contenu de 100% d'électricité verte doit être garanti.
- **Une notice technique indiquant les critères d'additionalité** de cette électricité doit être fournie avec l'offre : lors de l'évaluation des offres, il sera non seulement pris en compte la technologie de production, mais **aussi la part de nouveaux investissements ainsi que l'utilisation de la rémunération de l'approvisionnement** pour obtenir « l'additionnalité environnementale ». Le terme « additionnalité » signifie que l'énergie renouvelable achetée introduit dans le réseau électrique une nouvelle énergie renouvelable qui n'aurait pas été apportée sans le projet ou dans le cadre d'un scénario « business as usual » (suivant le cours normal des activités).

Seront considérées comme sources d'électricité verte dans ce contexte :

- **Eolien terrestre et en mer,**
- **Photovoltaïque,**
- **Hydraulique issue des installations avec des puissances unitaires inférieures à 20MW,**
- **Valorisation de la biomasse (hors incinération des ordures ménagères),**

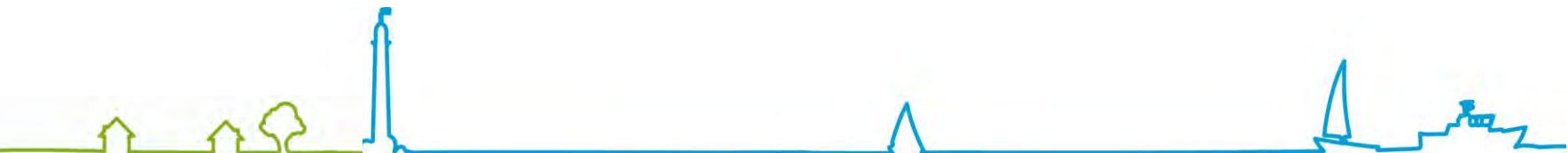
Allotissement (MWh)



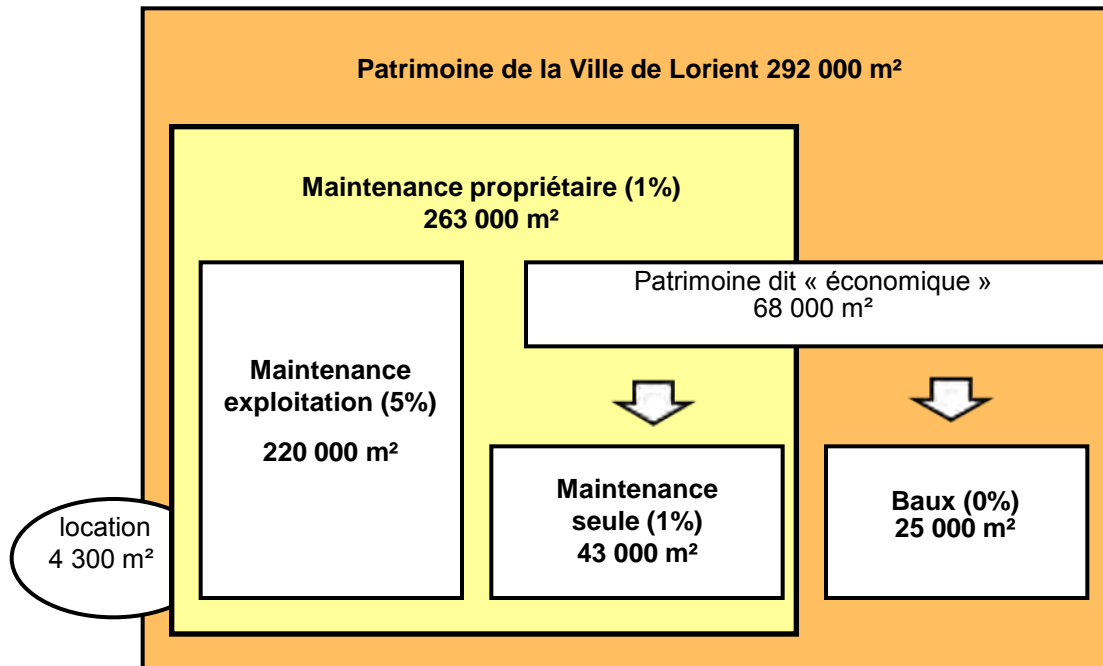


Le PCET de la Ville de Lorient

- Présentation globale du PCET de la Ville de Lorient
- Achat d'électricité à haute valeur environnementale



Le patrimoine de la ville de Lorient



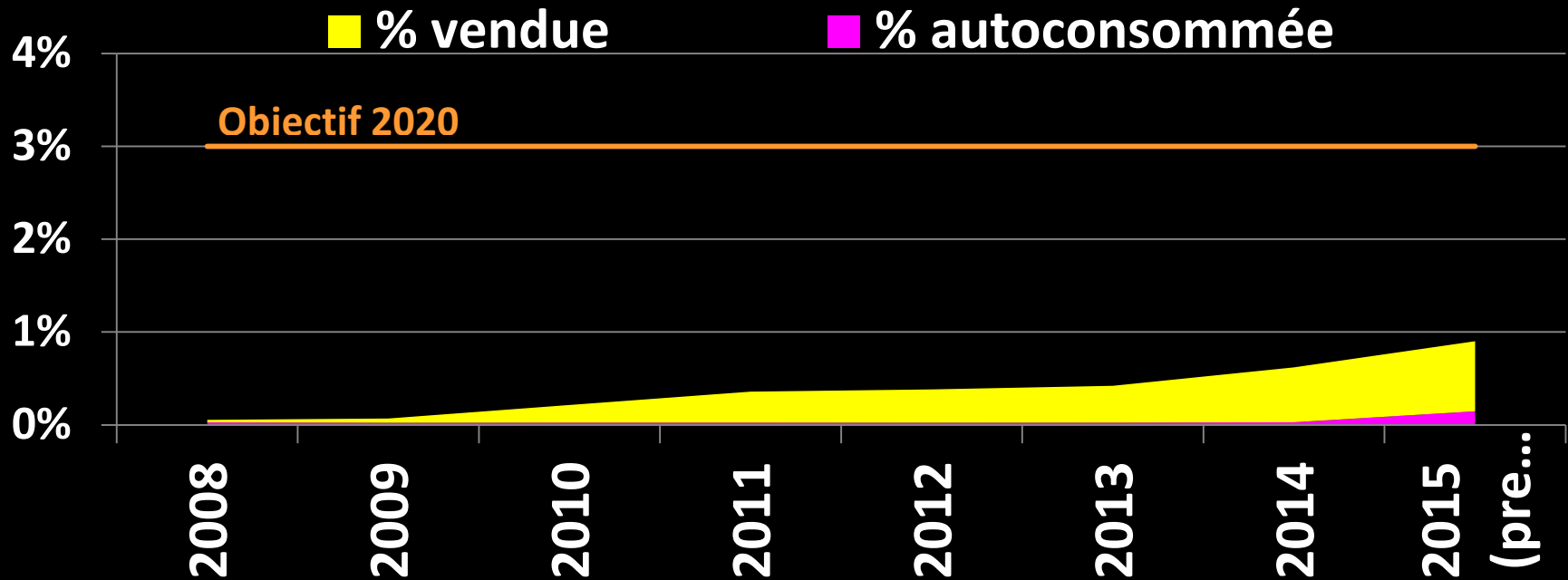
Evolution des surfaces

2009	↗	2013
283 000 m ²		292 000 m ²

- ♦ + 5 000 m² en maintenance/exploitation
- ♦ en attente - 3 500 m²

-> **179** bâtiments/sites, **108** compteurs d'électricité, **72** compteurs gaz, **122** compteurs d'eau

Part de production d'énergie photovoltaïque par rapport aux consommations d'électricité du patrimoine municipal



2015: mise en service école Kermelo (15kWc → 17,2 MWh/an).

125MWh de production cumulée

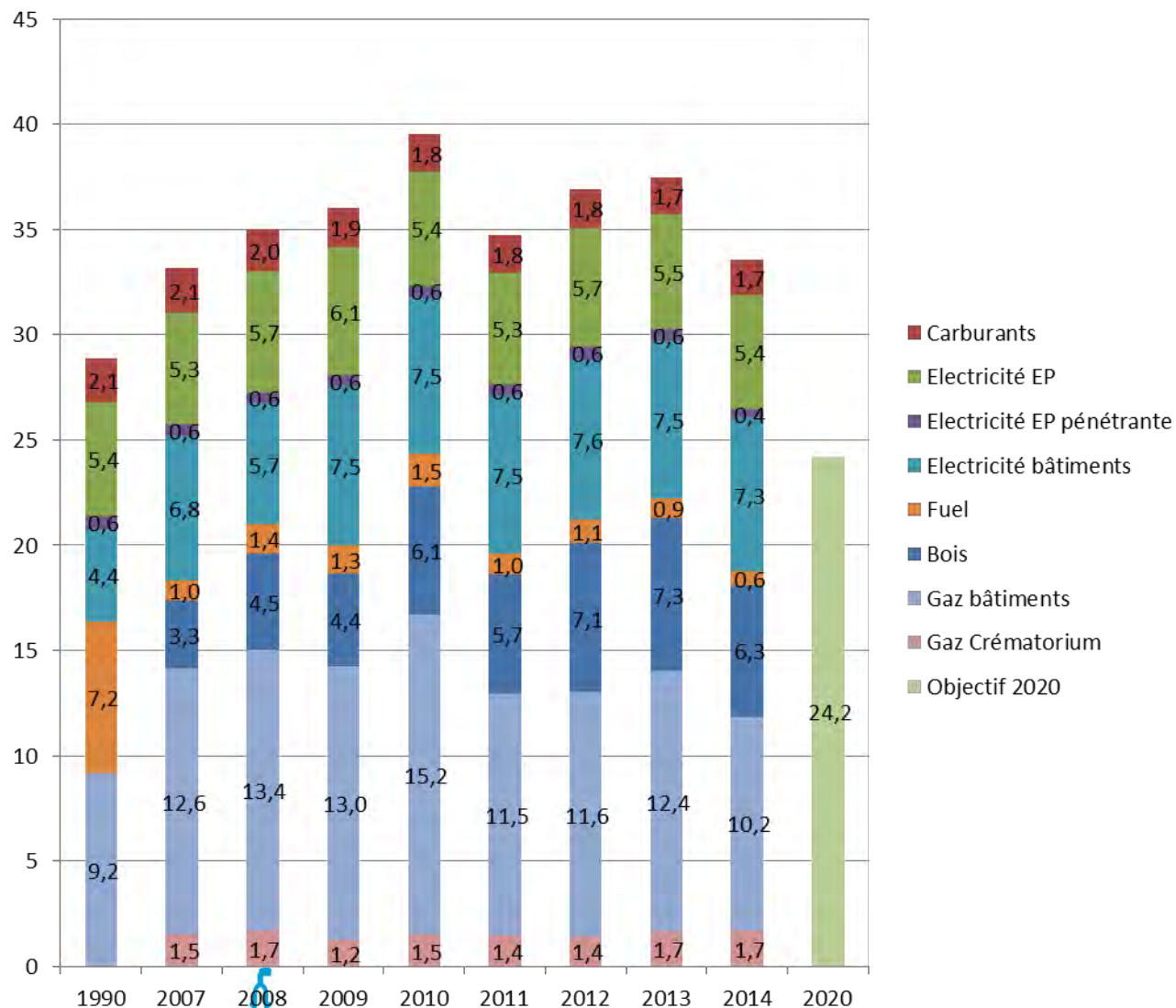
2016:

- mise en service Lanveur : 9kWc → 10 MWh/an produits
- mise en service Keroman: 36 kWc → 40 MWh/an → +100MWh/an
- PV citoyen (Mairie + Kersabiec): 45 kWc → 50 MWh/an

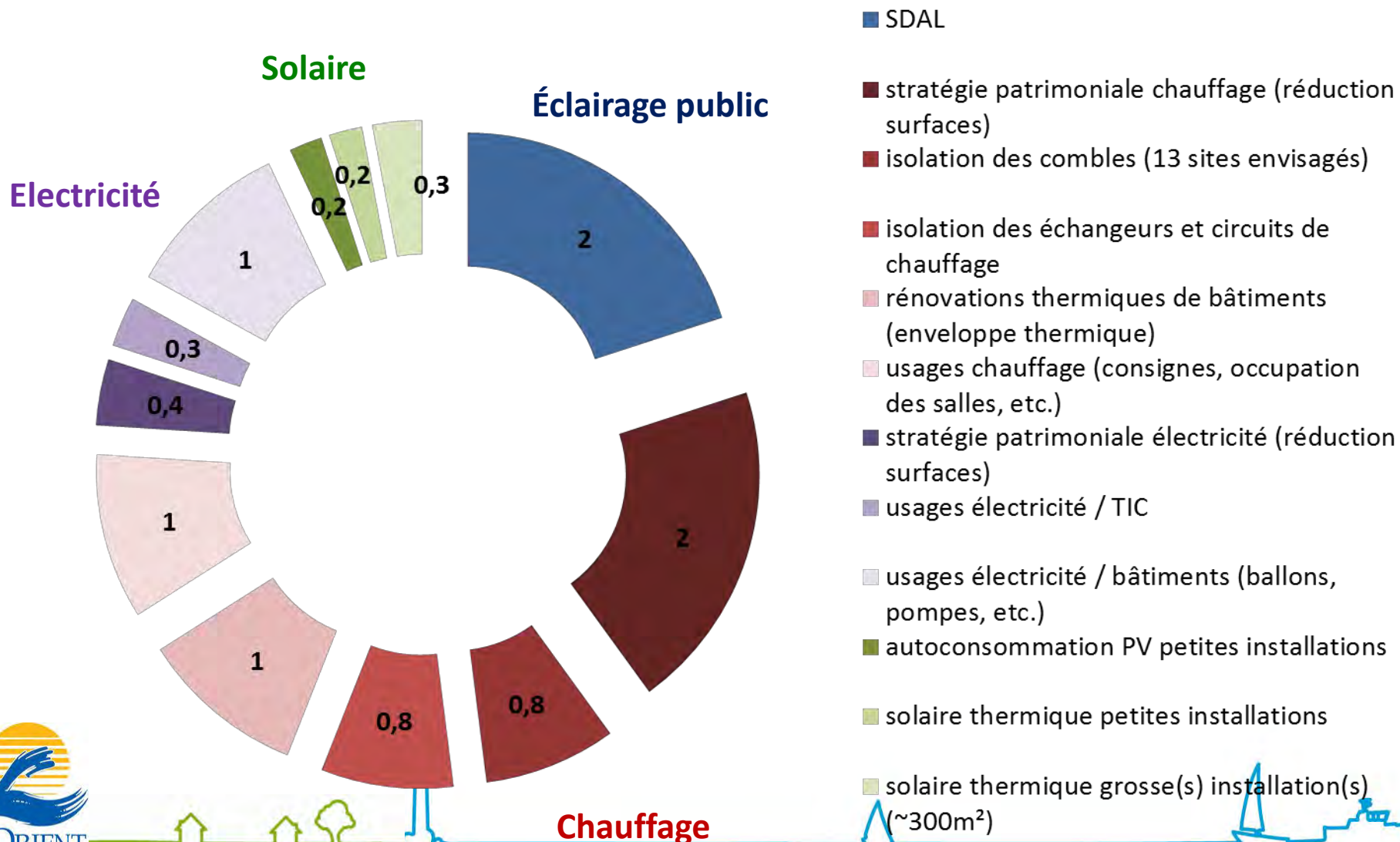
2017: mise en service d'une centrale au sol (Kerletu) de 100 kWc ? (étude de faisabilité en 2016)

Production en 2020 → 5% atteignables ?

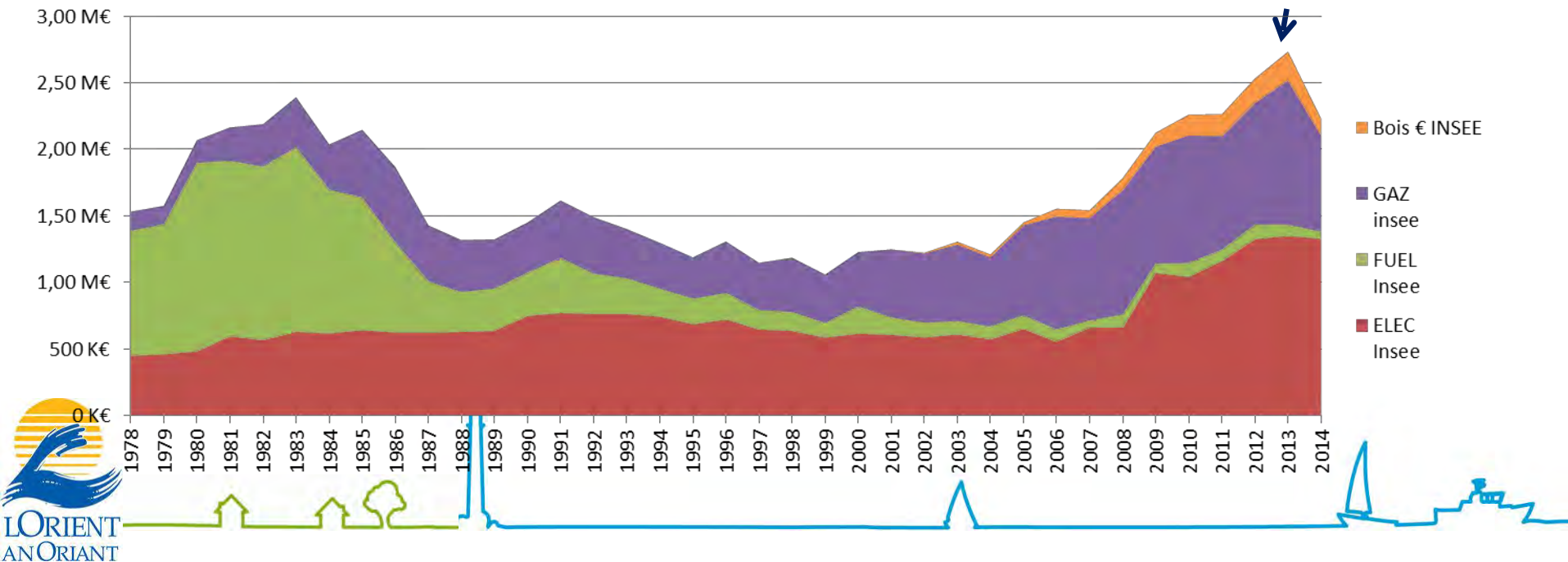
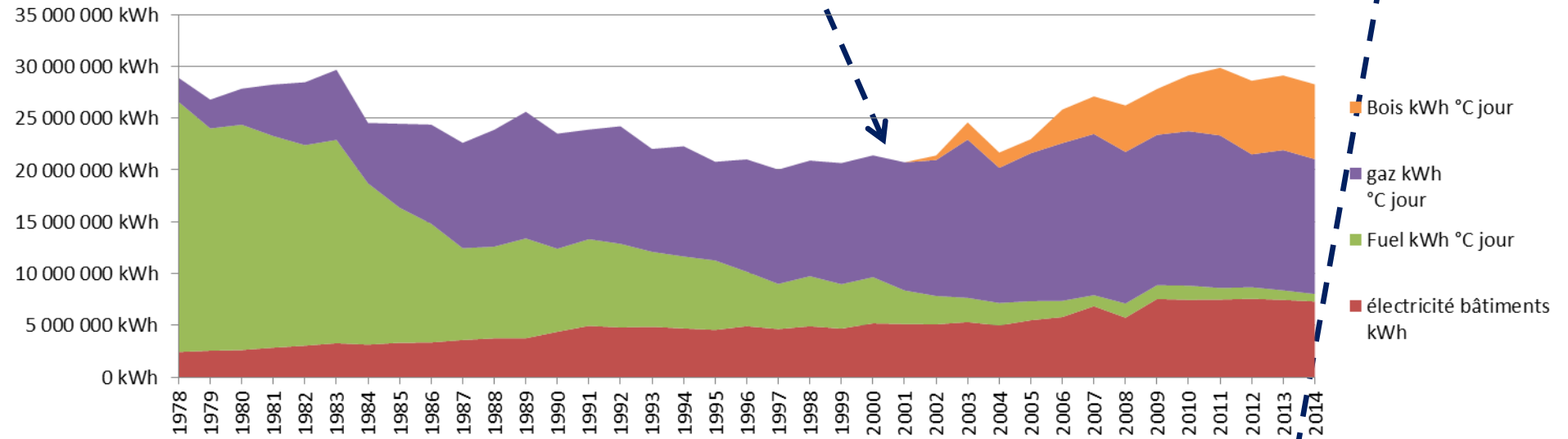
Consommations 2014 (gigawatt heures)



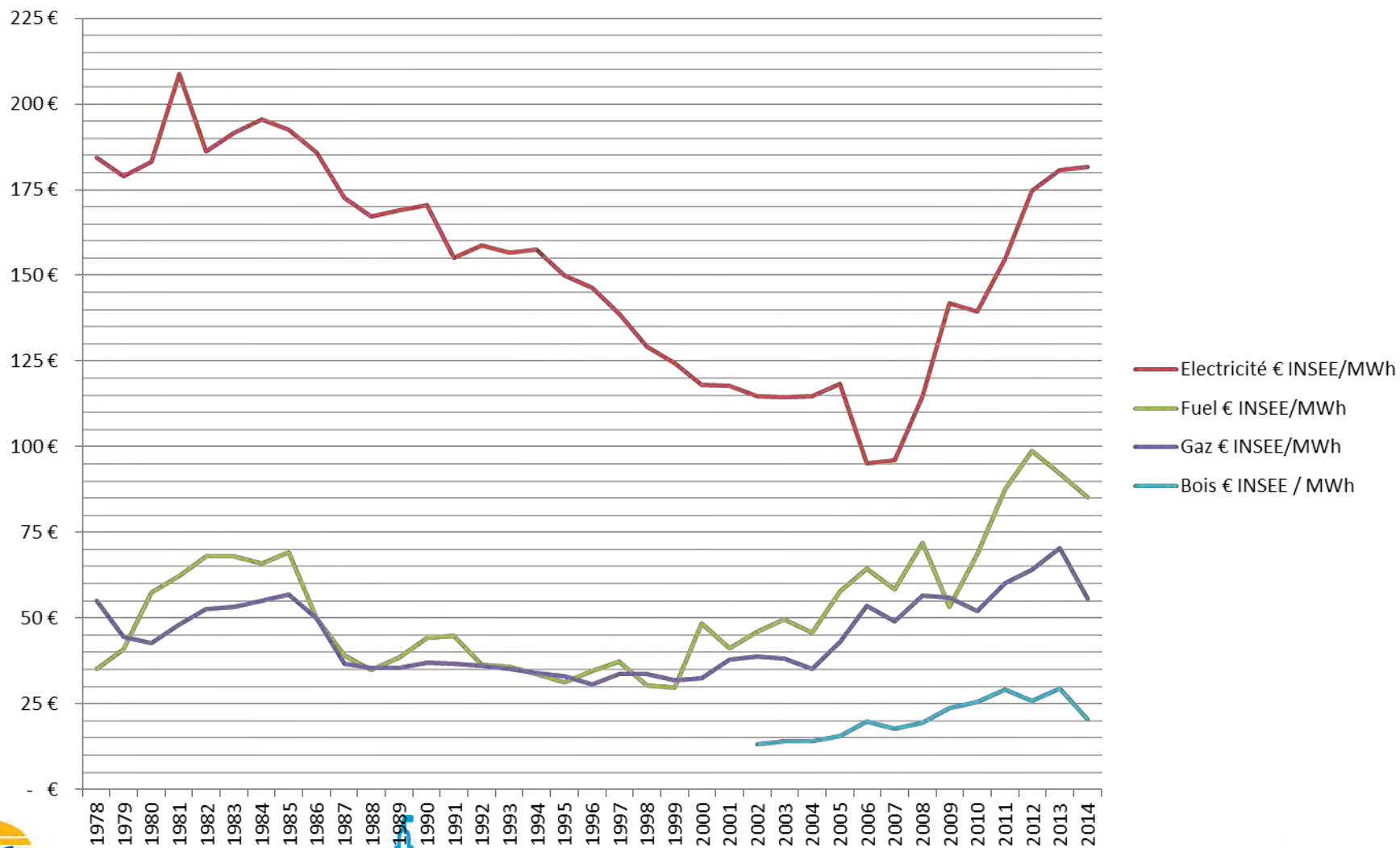
Potentiel d'économie à 2020 (GWh) total: 10 GWh



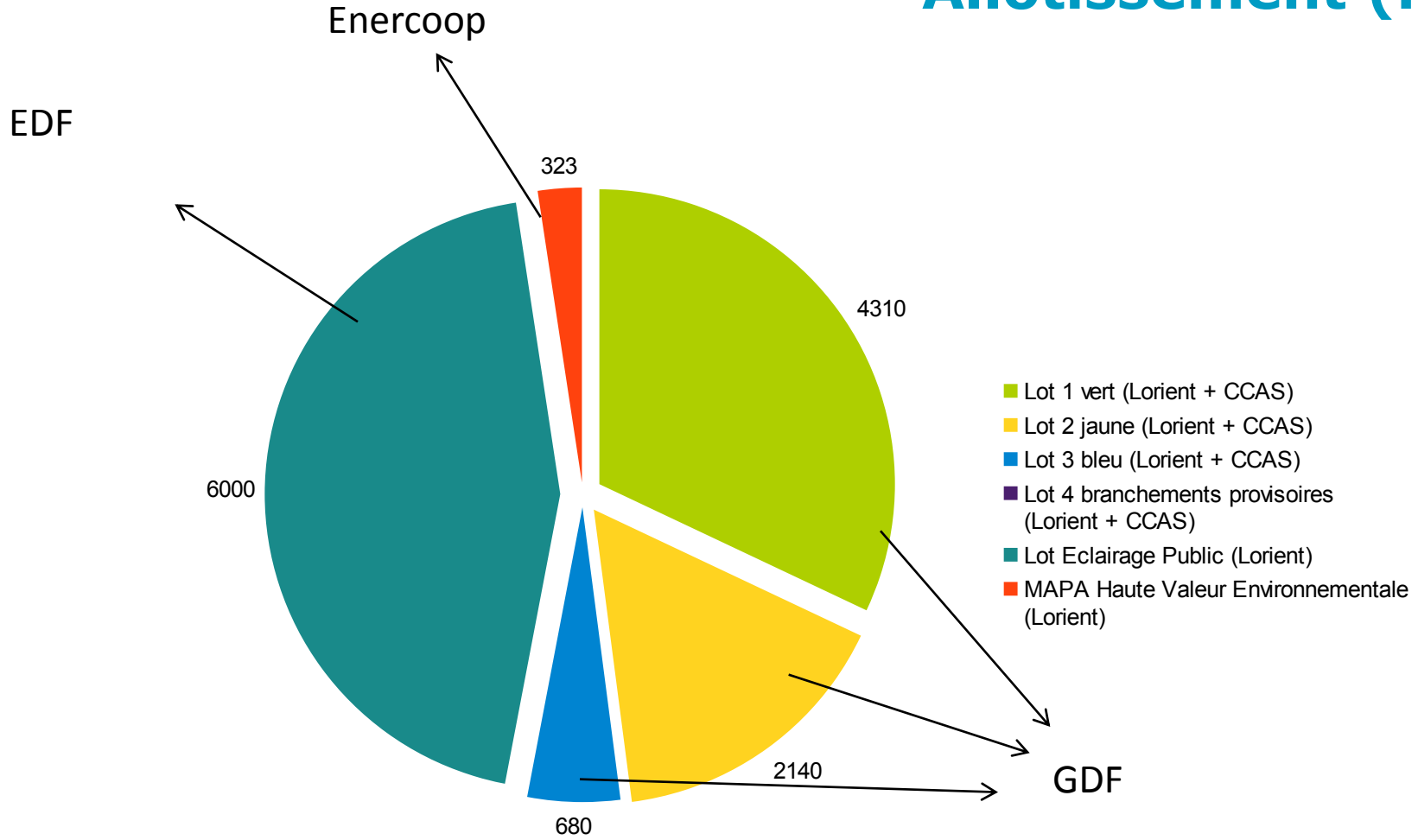
Bâtiment: Consommations d'énergie et factures



Coût des énergies (€/MWh)



Marché électrique 2015: Allotissement (MWh)



L'additionnalité environnementale



« l'additionnalité environnementale » signifie que l'énergie renouvelable achetée introduit dans le réseau électrique une nouvelle énergie renouvelable qui n'aurait pas été apportée sans le projet ou dans le cadre d'un scénario «business as usual » (suivant le cours normal des activités)

Les garanties d'origine ne suffisent pas à prouver qu'une nouvelle énergie renouvelable est injectée dans le réseau (comptabilisation de la production EnR d'anciennes installations) → pas de valorisation de l'achat de GO dans Cit'ergie!

Grüner Strom-Label

Criteria List 2015



1 PURPOSE OF THE GRÜNER STROM LABEL CERTIFICATION

- 1.1 The goal of Grüner Strom Label e.V. (The "Green Electricity Label registered association") (Hereinafter "GSL") is to create transparency for the consumers by certifying recommendable Green Electricity offered on the market for green electricity in accordance with the criteria following hereinafter. ¹ Certified are Electricity Products delivered to customers entirely produced from renewable energy and for which, in addition to the foregoing, a fixed amount per kilowatt-hour (kWh) is invested in the ecologically sustainable development of renewable energy. They provide impulses and spur the increased use of renewable energy resources, which meet highest environmental standards.

To GSL, financial contributions and financing are essential and the most efficient ways to promote facilities, installations and plants (hereinafter "facilities"), which generate electricity from renewable energy. In addition, innovative measures in support of the necessary infrastructure will be promoted, which move the energy transformation towards 100 % renewable energy supply.

<http://www.gruenerstromlabel.de>

MAPA HVE- électricité – Sites sélectionnés

Liste des sites du MAPA "électricité à Haute Valeur Environnementale"		
gamme de puissance	nom du site	consommation annuelle approximative(MWh)
>36 kVA (« Jaune »)	Groupe Scolaire Bois Bissonnet	30
	Groupe Scolaire Kermelo	69
	Groupe Scolaire Keroman	46
	Crèche Bouvet	37
< 36 kVA (« Bleu »)	Pôle enfance Elsa Triolet	19
	Maternelle Jean-Paul Sartre	26
	Gymnase Nouvelle Ville	24
	Serres de Kerdroual	26
	Maternelle Kerentrech	17
	Gymnase Marie le Franc	30

