INSTITUT NATIONAL
DE L'ENERGIE SOLAIRE

PLATEFORME FORMATION & EVALUATION

Optimisation du suivi et de la maintenance des installations de production d'eau chaude solaire

Xavier.cholin@ines-solaire.org
20 septembre 2019

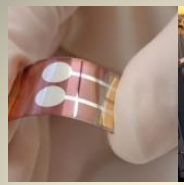
© INES Plateforme Formation & Evaluation

ines
INSTITUT NATIONAL
DE L'ENERGIE SOLAIRE

+ 500 personnes

3ème centre mondial sur l'énergie solaire

Pôle Recherche et Innovation



cea tech — FROM RESEARCH TO INDUSTRY

UNIVERSITÉ SAVOIE MONT BLANC

Pôle Formation et Expertise

ASSOCIATION loi 1901

Pôle Rayonnement & Communication

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire (eau chaude et/ou chauffage)

Bon rapport qualité/prix de l'ingénierie, du matériel et de la pose

Aides financières intéressantes

Bilans énergétique et économique optimisés

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude

Bon rapport qualité/prix de l'ingénierie, du matériel et de la pose

Aides financières intéressantes

Pertinence de l'installation

Bilans énergétique et économique optimisés

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Besoins en eau chaude sanitaire

Exemples :

- **Internat d'un collège – simulation type SIMSOL :**

En prenant en compte week-end et vacances scolaires :

Valorisation solaire divisée par 2 par rapport à un profil de consommation type logements

- **Gymnase Emile Allais – Savoie Technolac :**

Consommations presque 10 fois inférieures aux prévisions

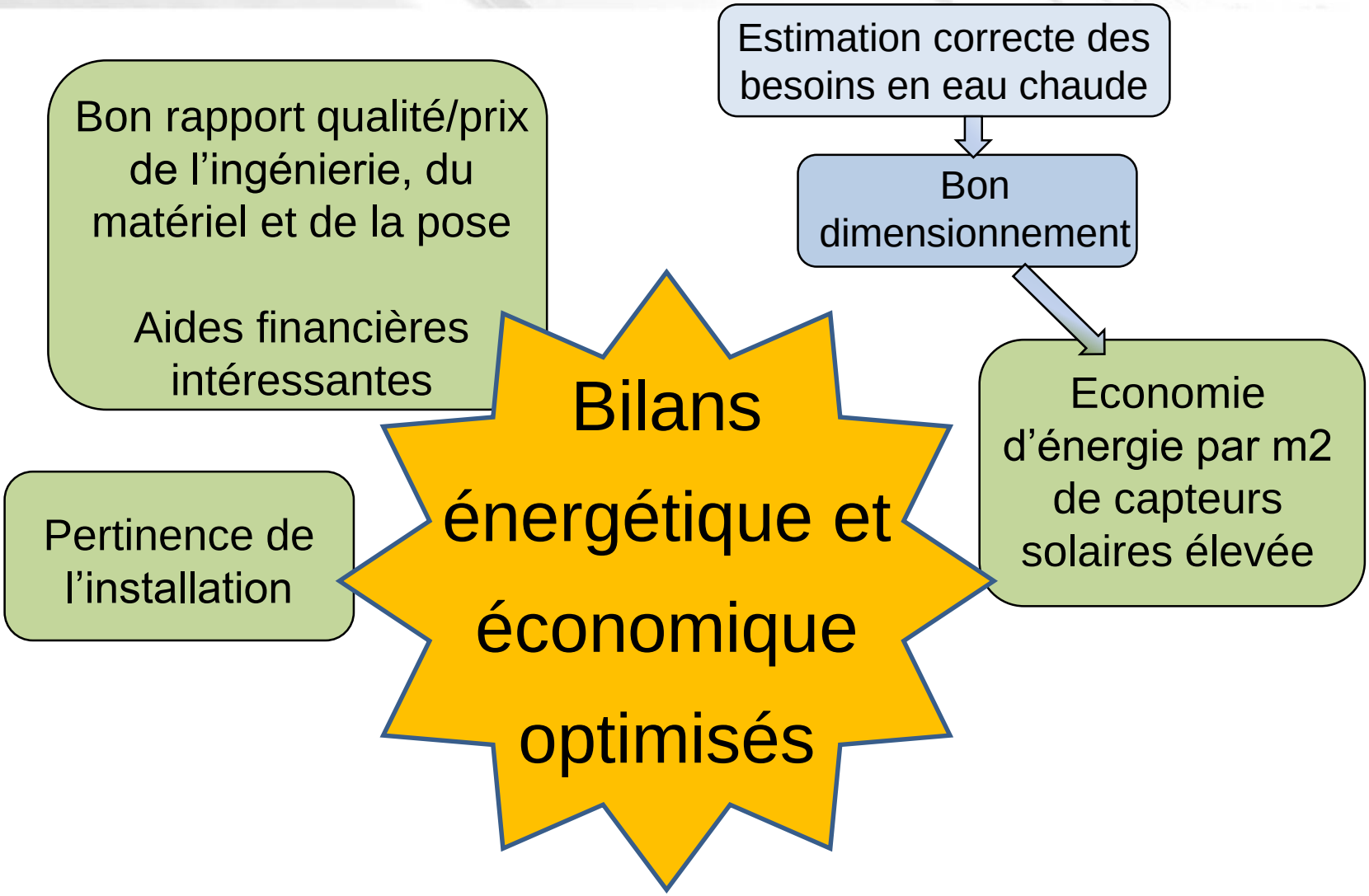
- **Crèche :**

Consommations 5 fois inférieures aux prévisions

Création d'un bouclage sanitaire vu l'emplacement du stockage

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude

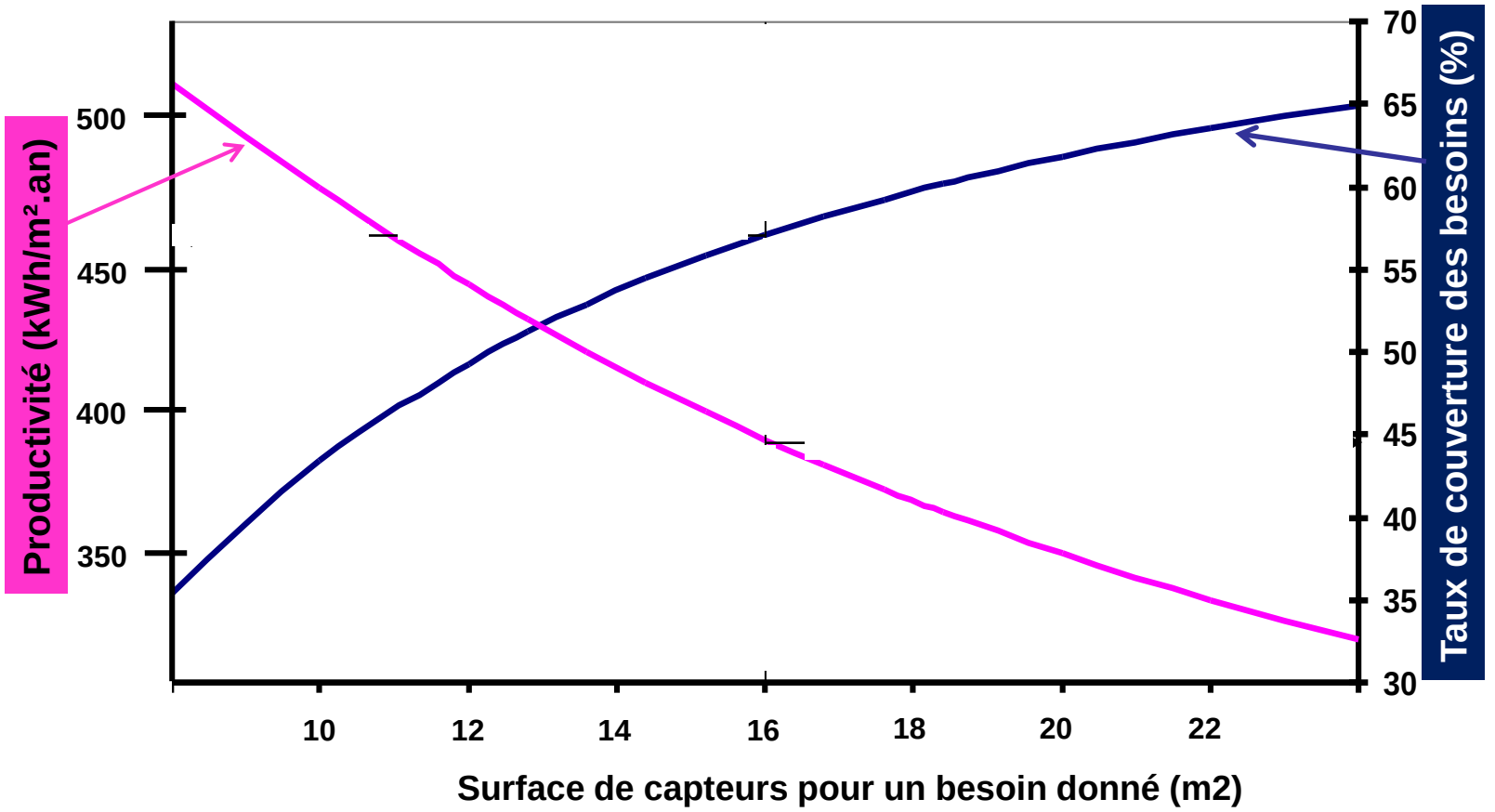


© INES Plateforme Formation & Evaluation

Besoins en eau chaude sanitaire
=> Bon dimensionnement

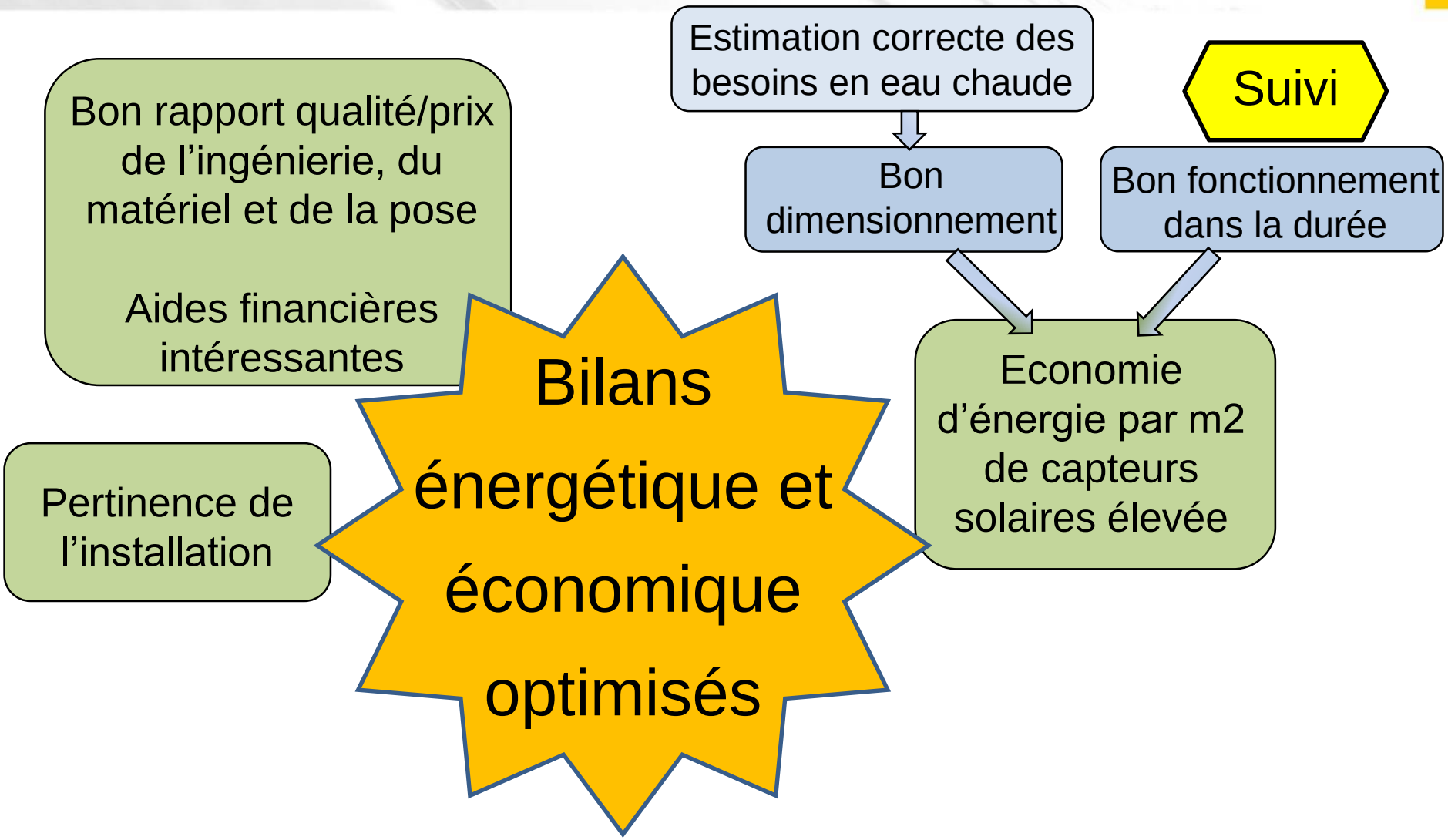
installation solaire
sousdimensionnée

installation solaire
surdimensionnée



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Importance du suivi

Un défaut sur la partie solaire passe facilement inaperçu car l'appoint « fait son travail » : le besoin en eau chaude est toujours satisfait.

Bilan économique pénalisé :

- l'économie d'énergie est inférieure à celle attendue
- le coût de remise en état de l'installation est d'autant plus élevé que le défaut dure dans le temps (dégradation des éléments sensibles : fluide caloporteur, raccords, …)

Pour s'assurer de détecter rapidement un défaut, un suivi dans la durée est nécessaire

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Le suivi : 2 objectifs possibles…

Au service d'une baisse du coût d'exploitation

➢ **Connaître (garantir ?) la performance ou la qualité de fonctionnement**

- De la partie solaire de l'installation : Q_{SU} en kWh/m²

  Et / Ou

- De la production d'ECS : q_{ECS} en kWh/m³$_{ECS}$

- Performance = ces grandeurs en valeur absolue

- Qualité de fonctionnement = Ratio "valeur mesurée" / "valeur théorique" dans les conditions réelles d'usage (ensoleillement et soutirage)

Limite la maintenance préventive

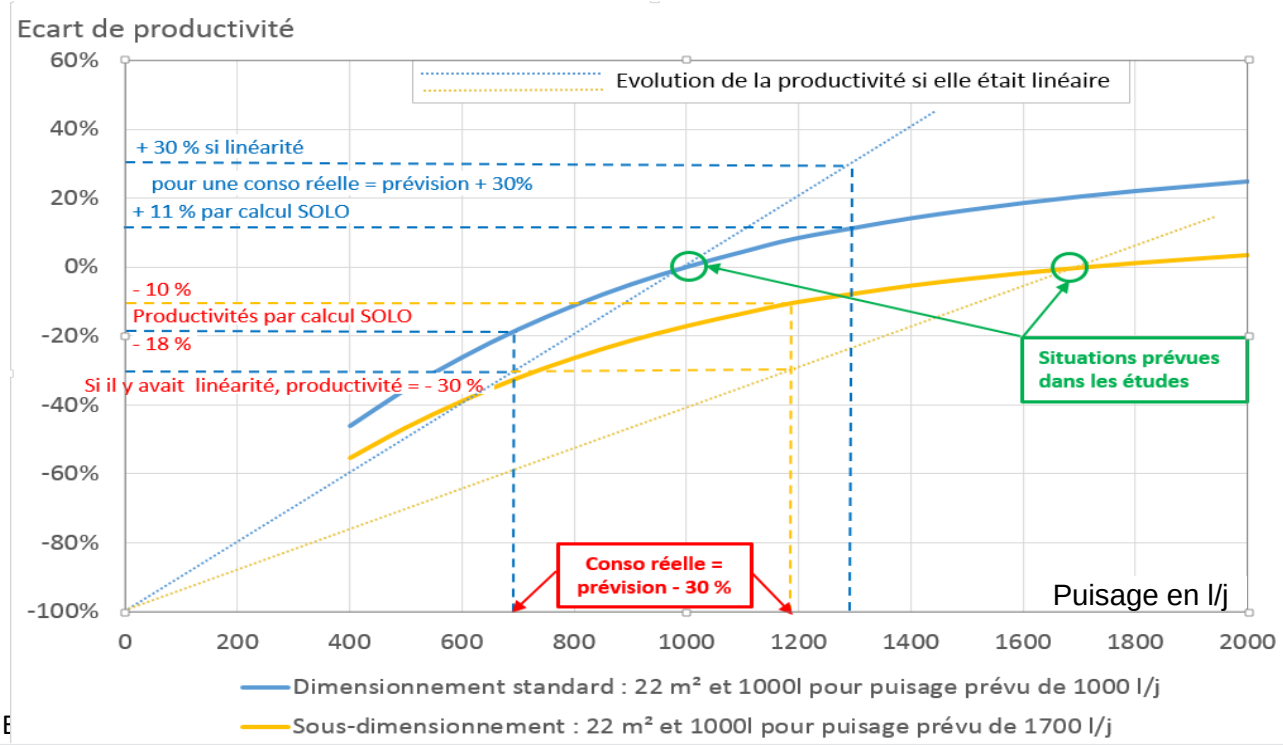
➢ **Disposer de données détaillées pour établir un diagnostic**

Limite le temps de non performance

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Suivi : ce qu'il ne faut pas faire…

- On a tous envie de faire un suivi le plus simple et le moins onéreux possible
- Une tentation…
  - Se dire que si la conso s'écarte de X % de ce qu'il y a dans l'étude initiale, alors la productivité en fera de même
- C'est d'autant plus faux (exemple chiffré ci-dessous et diapo suivante)
  - qu'on a sous dimensionné l'installation pour assurer une bonne productivité
  - Qu'on s'écarte du puisage prévu par le haut plutôt que par le bas



© INES Plateforme Formation & E

Suivi : ce qu'il ne faut pas faire…

- Conséquences sur l'interprétation des mesures si on se laisse tenter par cette linéarité :

Ex pour un petit sous dimensionnement : 22 m² et 1000 l de stockage pour une conso prévue de 1300 l/j

- SI la conso réelle est 30 %plus élevée que prévue, ET QUE la productivité est 15% plus élevée que la prévision, ALORS on croira que l'installation ne marche pas, alors que c'est sensiblement mieux que les 8% annoncés par SOLO !
- Inversement, SI la conso réelle 30 % moins élevée que prévue, ET QUE la productivité est 30 % moins élevée que la prévision,
  ALORS on trouvera cela formidable alors qu'elle n'aurait dû être que 15 % plus faible !

Calculs pour 22 m² de capteurs et 1000 l de stockage à Chambéry		
Consommation prévue dans l'étude (l/j)	Ecart de productivité calculé par SOLO pour une **consommation < de 30%** à celle prévue	Ecart de productivité calculé par SOLO pour une **consommation > de 30%** à celle prévue
1000	- 18 %	11 %
1300	- 14,5 %	8 %
1700	- 10 %	5 %

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Quelles mesures suivant l'objectif visé ?

➢ **Pour la performance ou le fonctionnement global de la partie solaire**

- Q_{SU} , B_{ECS}, *IGP** → Calcul de Q_{SU} théorique

Nombre de compteurs variable selon schéma

Pas de temps = le mois

** Mesure directe ou transposition à partir de données de stations météo*

➢ **Pour l'aide au diagnostic**

Des températures, des débits, les commandes de la régulation, IGP…

Pas de temps = quelques minutes

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Un outil disponible : TéléSuiWeb

Principe

Contrôle de bon fonctionnement par comparaison $Q_{SU,mes}$ / $Q_{SU,th}$ avec

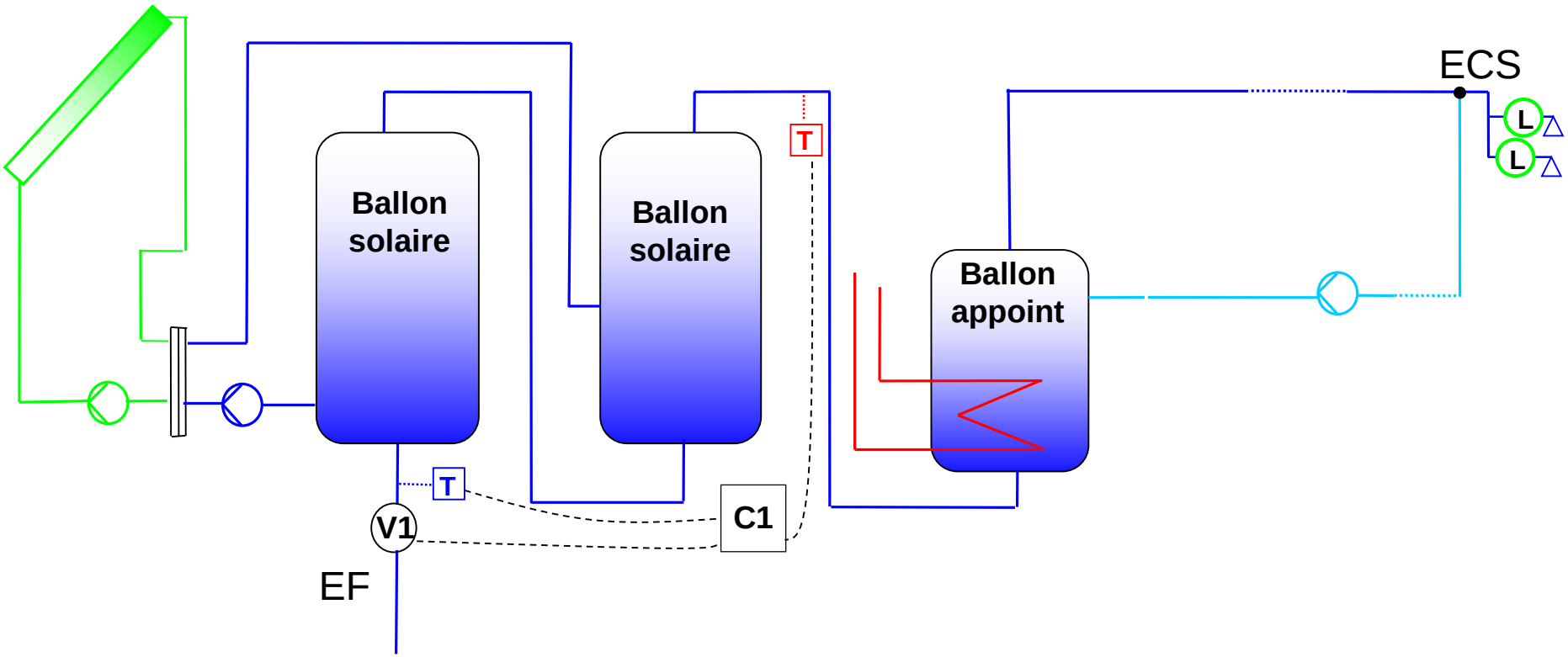
- météo réelle (transposition de données Météo France)
- et puisages mesurés

Opérateur INES INSTITUT NATIONAL DE L'ENERGIE SOLAIRE

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Schéma standard : appoint séparé

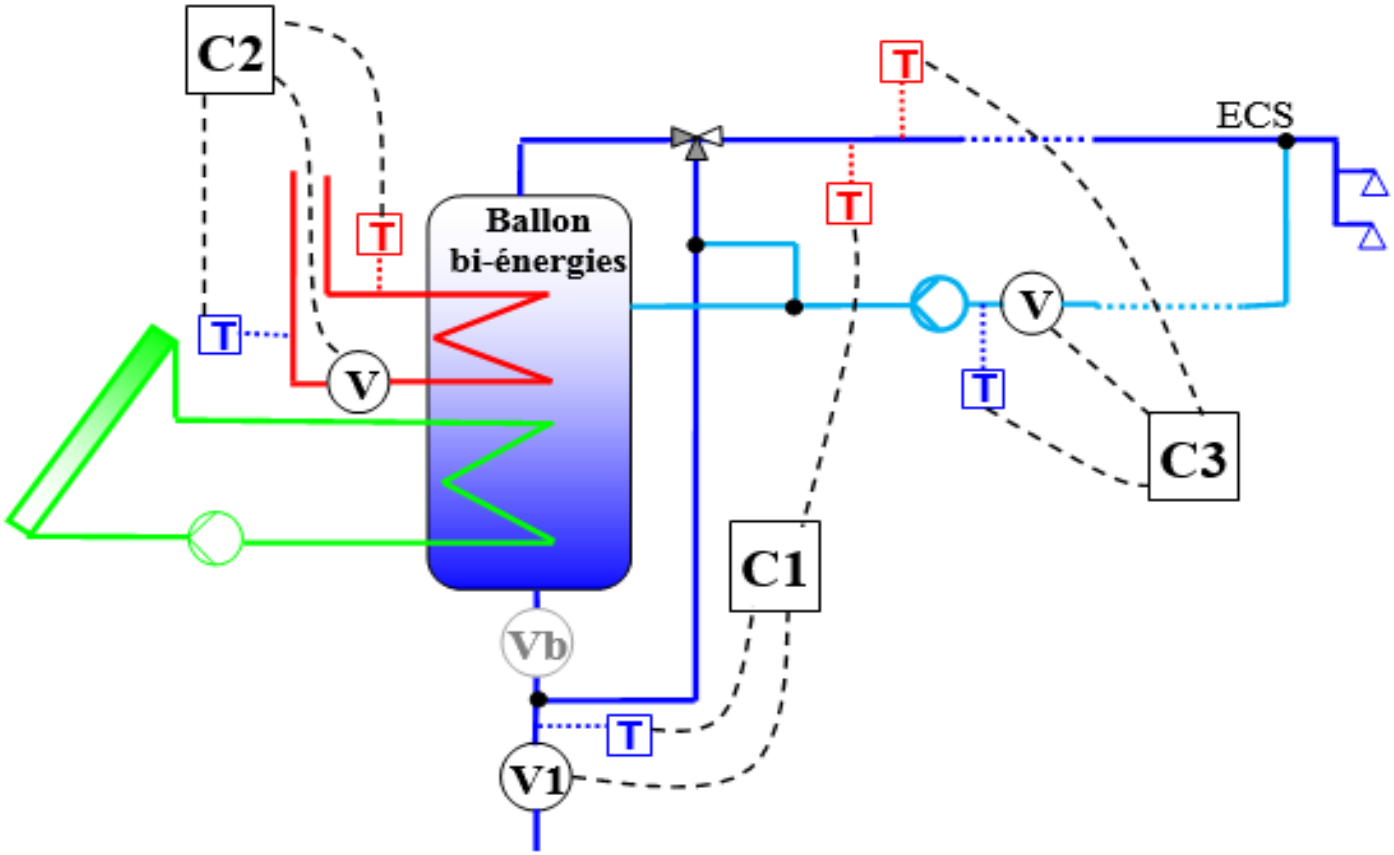
SIMPLICITÉ = FIABILITÉ



Mesure de l'énergie solaire utile aisée : 1 seul compteur d'énergie

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Appoint intégré avec bouclage sanitaire (1)



+ Pertes de bouclage pouvant être compensées par le solaire

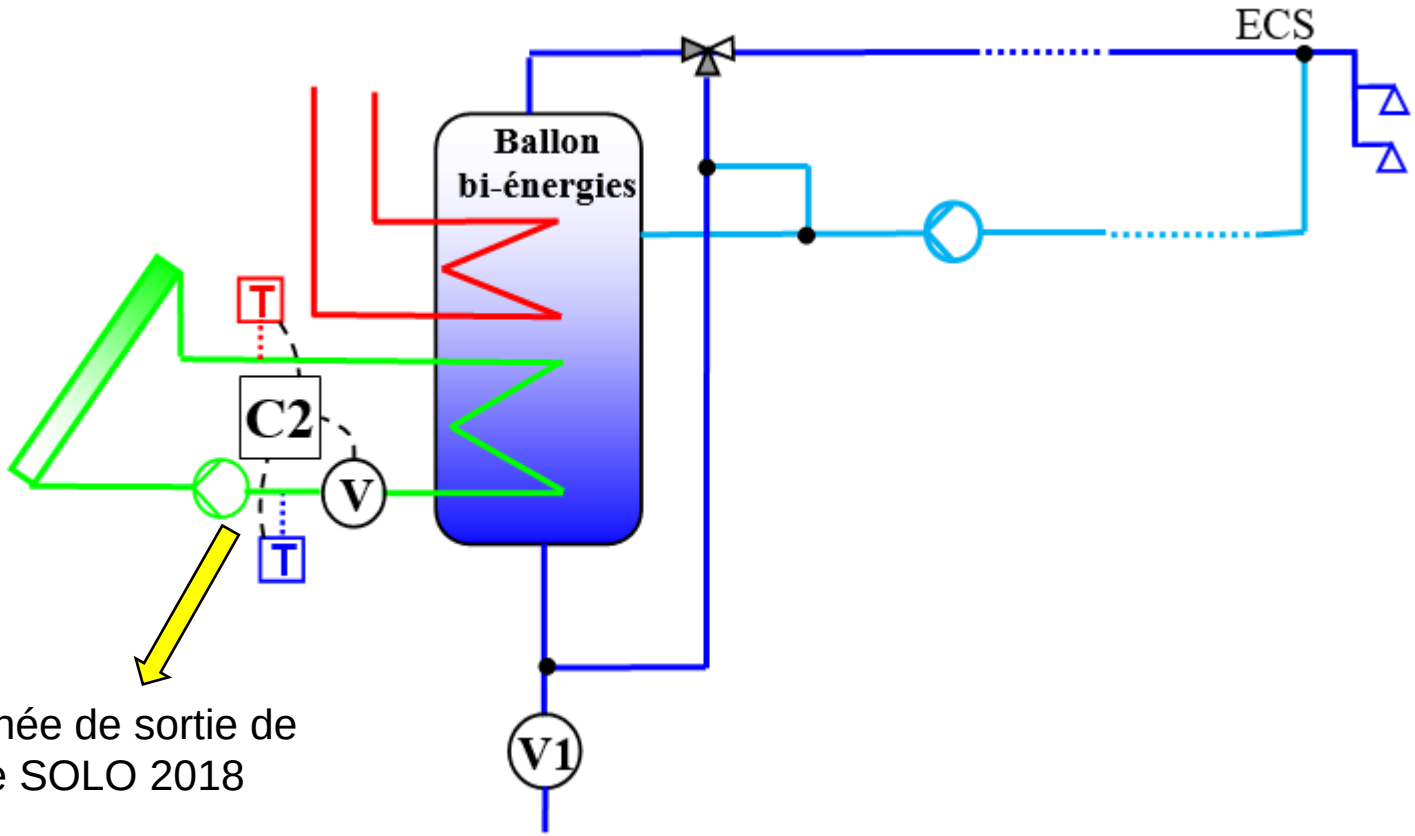
- Perturbation fréquente de la partie solaire par l'appoint

- Estimation de l'énergie solaire utile plus complexe et coûteuse

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Appoint intégré avec bouclage sanitaire (2)

➢ Appoint intégré : nouvelle méthode

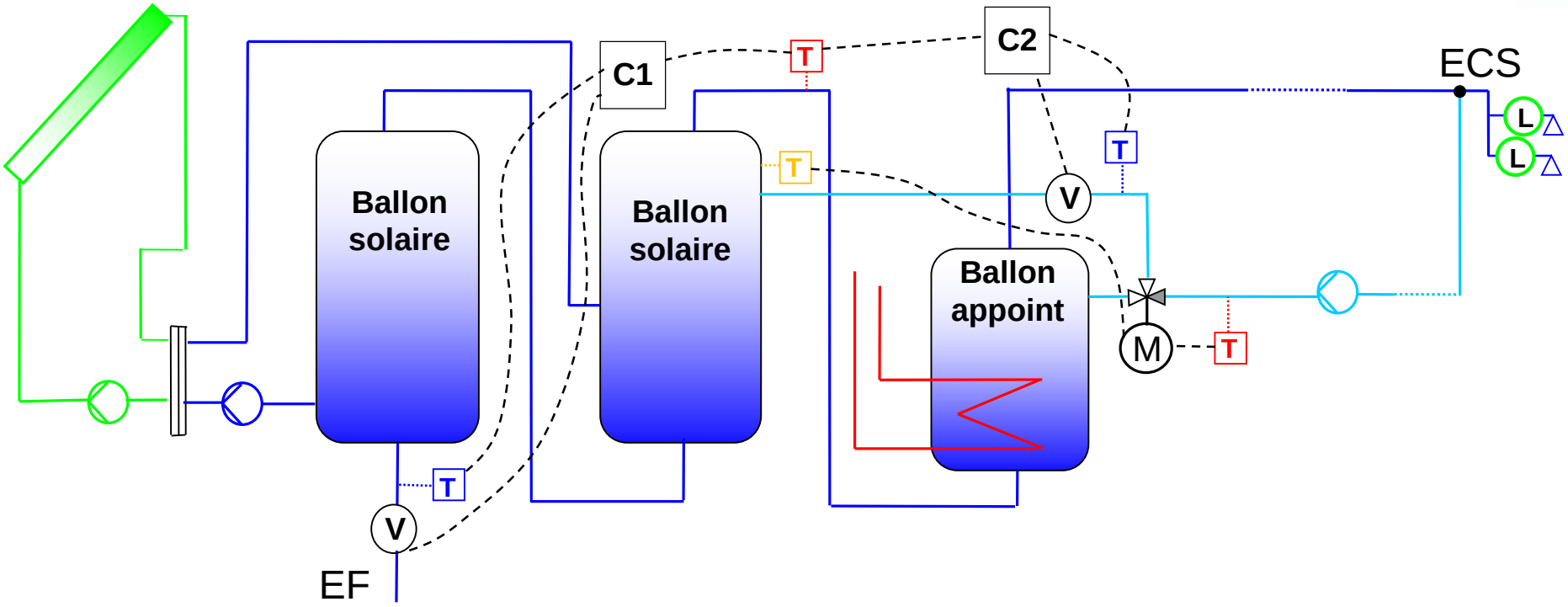


Nouvelle donnée de sortie de
la méthode SOLO 2018

Mesures plus simples et plus fiables

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Appoint séparé - retour bouclage vers solaire



- Vanne Tout-Ou-Rien, et non proportionnelle
- Sondes de température et retour bouclage bien placés
- Mesure spécifique (ATTENTION : C2 doit comporter un double index)
- Possibilité de condamner l'option (vanne d'arrêt)

© INES Plateforme Formation & Evaluation

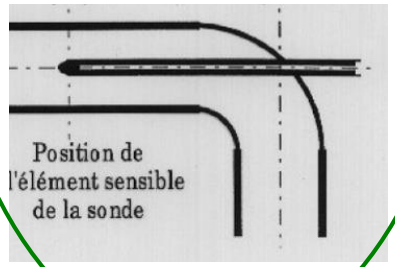
Sondes de température

Sondes résistives en Platine - Exemple : Pt500 ⇔ R = 500 Ω à 0 °C.

LES DIFFERENTS MONTAGES

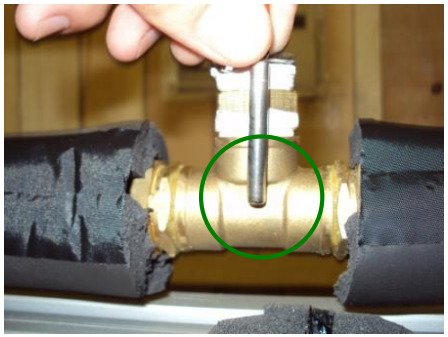
Idéal mais rare

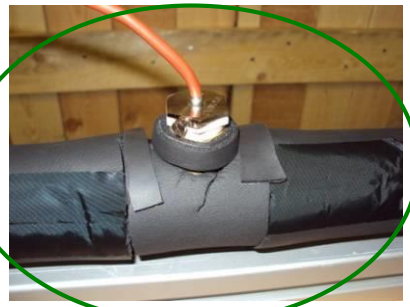
= immergée



Le plus courant

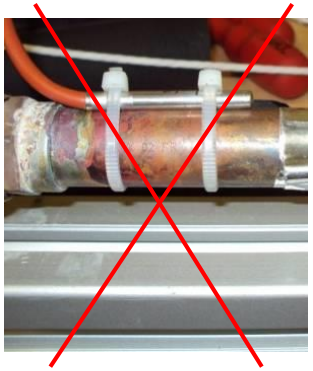
= en doigt de gant

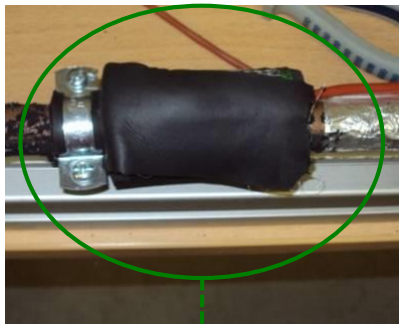




Avec huile ou pâte thermique

En applique

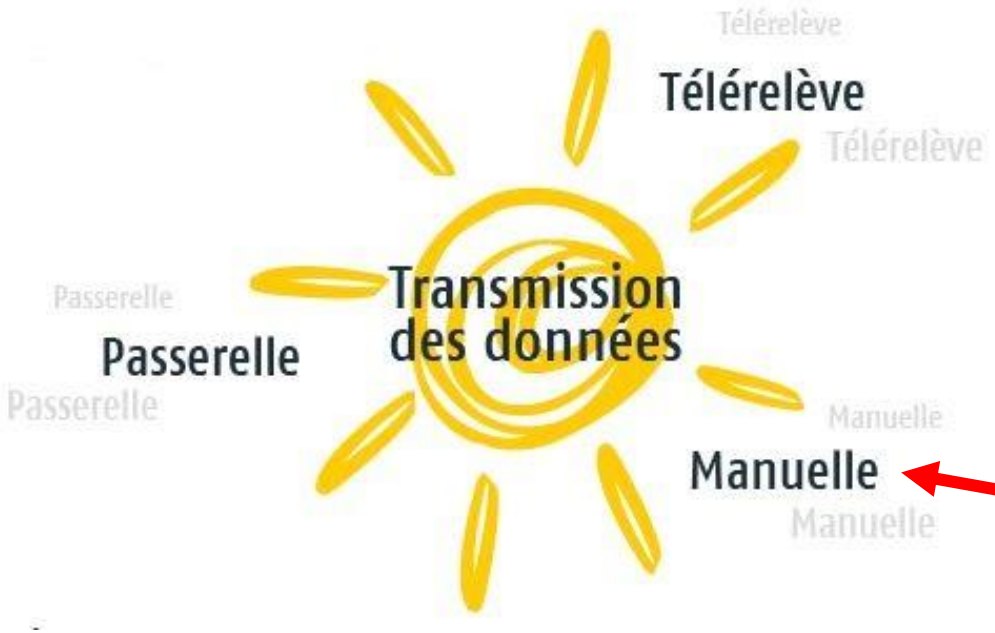




Avec :
- pâte thermique
- scotch aluminium
- isolant

© INES Plateforme Formation & Evaluation

3 possibilités d'acquisition des index



© INES Plateforme Formation & Evaluation

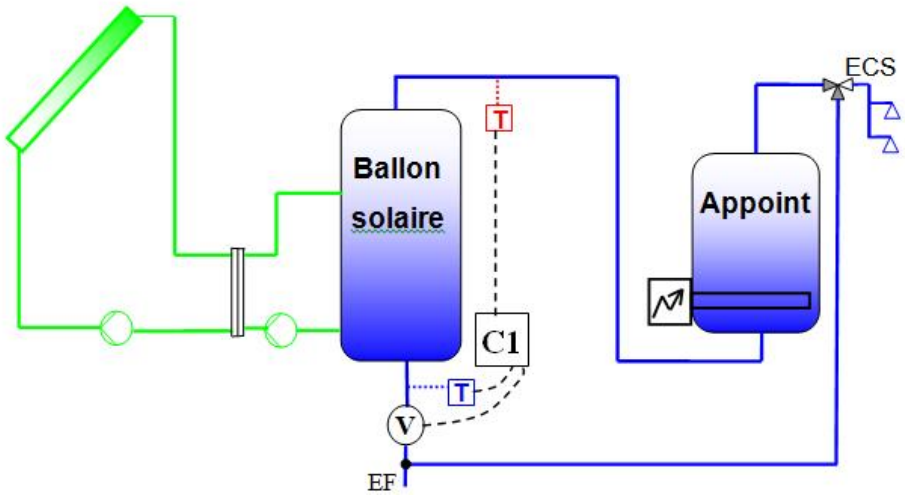
TéléSuiWeb : Page de saisie des mesures

Saisir les données dans l'ordre chronologique.

Résultats | Liste des installations

Date	01/2014	02/2014	03/2014	04/2014	05/2014	06/2014	07/2014	08/2014	09/2014	10/2014	11/2014	12/2014
Date du relevé	2014-01-29	2014-02-28	2014-03-25	2014-04-30	2014-05-27	2014-07-01	2014-07-25	2014-08-28	2014-10-01	2014-10-31		
Volume eau froide (V1) en m^3	849.6	871	890	918.6	939.8	966.9	987.9	1016.1	1042.3	1067.7		
Energie solaire utile (E1) en kWh	22219	22616	23209	24176	24758	25701	26176	26978	27774	28356		
Nbr. jours de mesure	33	30	25	36	27	35	24	34	34	30		
Description												
Actions	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]	[éditer]		

< Enregistrer >

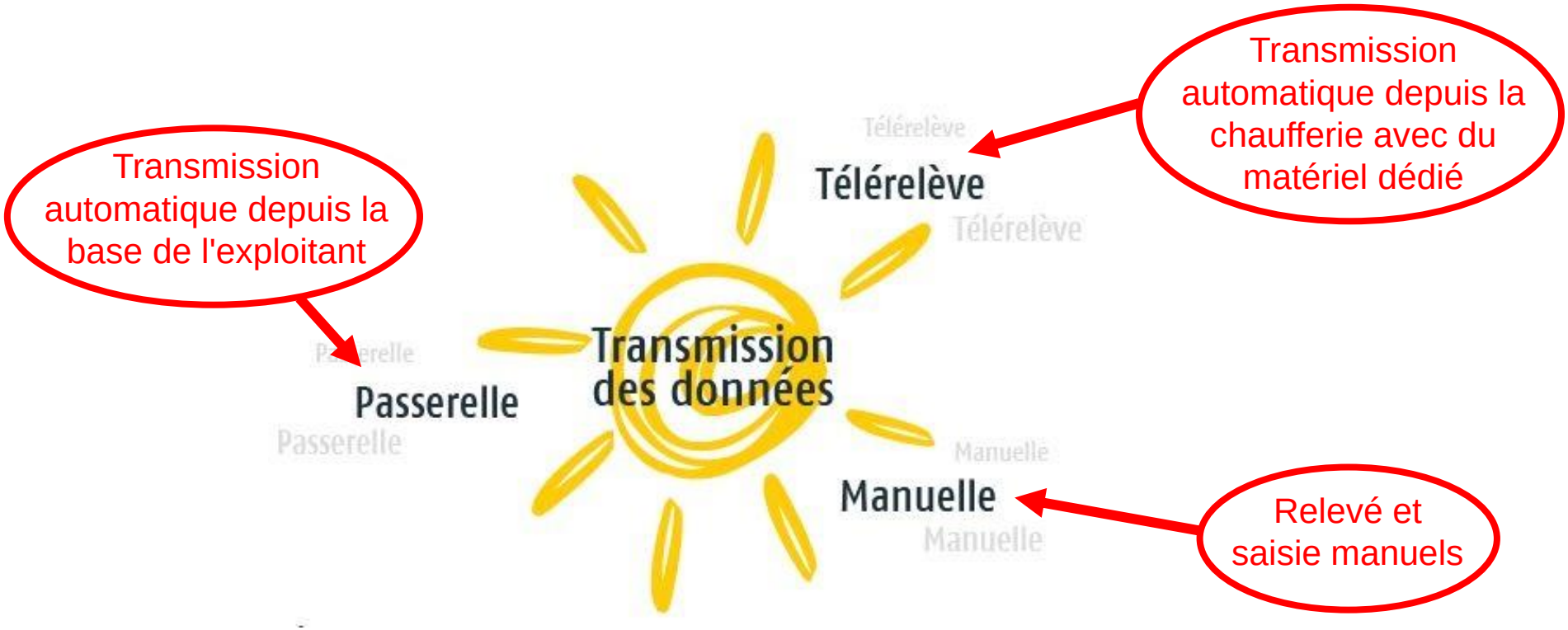


ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

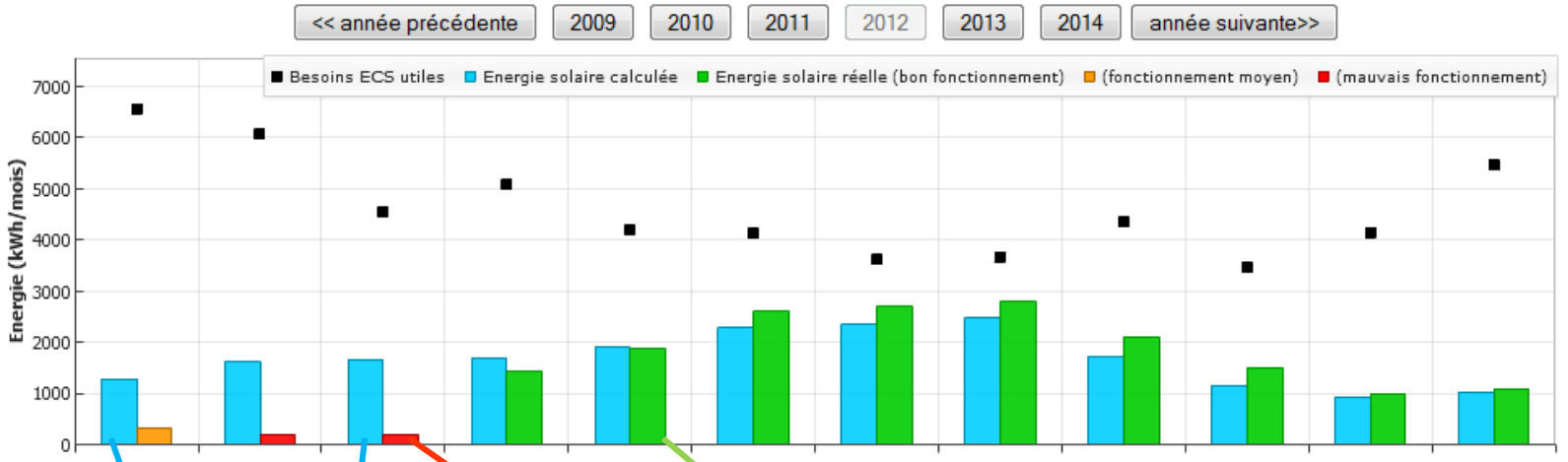
© INES Plateforme Formation & Evaluation

3 possibilités d'acquisition des index



© INES Plateforme Formation & Evaluation

TéléSuiWeb : Page d'affichage des résultats



Année 2012	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	2012
Besoins (kWh)	6566	6071	4550	5086	4193	4136	3618	3670	4350	3467	4151	5460	**55318**
Solaire théorique (kWh)	1286	1617	1657	1697	1896	2280	2356	2479	1724	1159	928	1037	**20116**
Solaire réel (kWh)	313	199	192	1433	1887	2600	2700	2800	2100	1500	1000	1100	**17824**
Couv. solaire réelle (%)	5	3	4	28	45	63	75	76	48	43	24	20	**32**

Energie solaire attendue

Energie solaire réelle

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

ADEME Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

© INES Plateforme Formation & Evaluation

TéléSuiWeb : Tableau de bord utilisateur

nom	bâtiment	dernière saisie	performance	actions
Lyon 8	Perrache (*)	Décembre 2016	75%	[résultats] [relevés]
Lyon 9	Bellecour (*)	Décembre 2016	5%	[résultats] [relevés]
Marseille 3	St Charles (*)	Décembre 2016	50%	[résultats] [relevés]
Marseille 4	Cannebière	Décembre 2016	20%	[résultats] [relevés]
Paris 2	Matignon	Décembre 2016	90%	[résultats] [relevés]
Paris 3	Elysée	Octobre 2016	82%	[résultats] [relevés]
Paris 4	St Lazare		Problème d'instrumentation	[résultats] [relevés]
Paris 5	Tolbiac	Janvier 2017	>100% (Décembre 2016)	[résultats] [relevés]

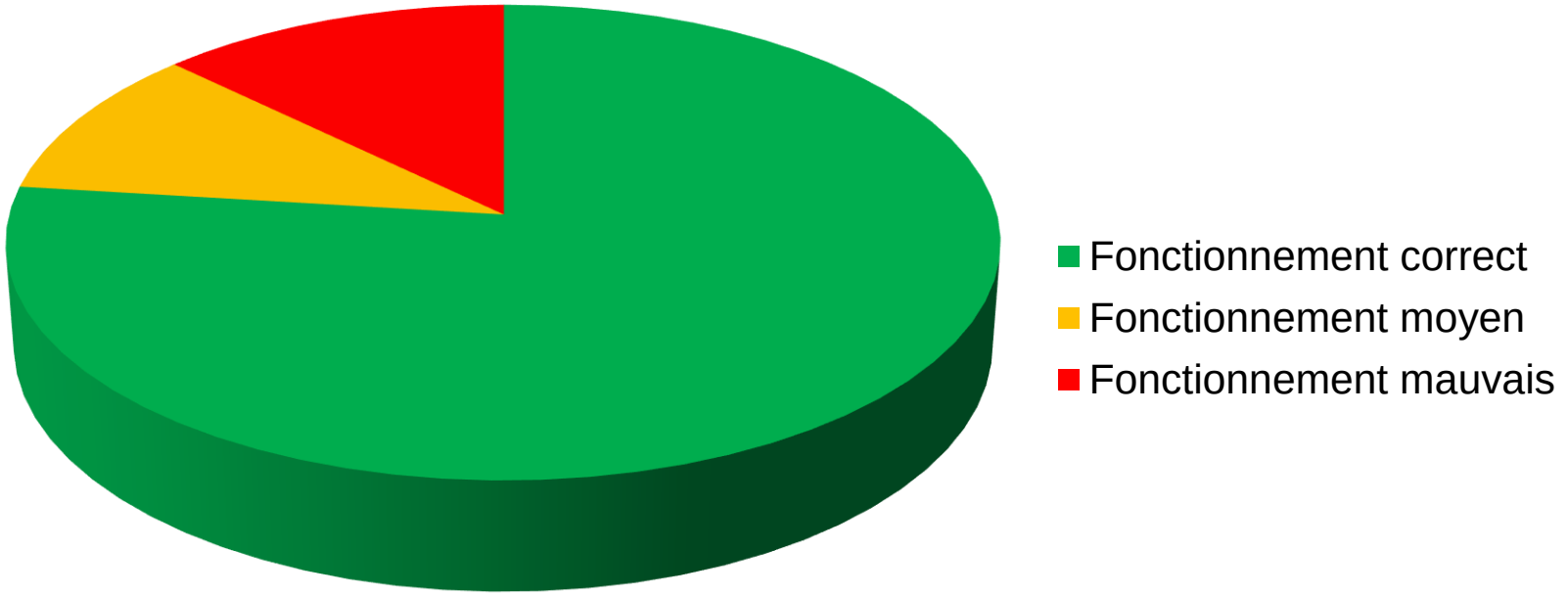
- ✓ **Envoyé par courriel chaque début de mois => Alertes sur :**
  - Les retards de saisie
  - Les performances de l'installation

© INES Plateforme Formation & Evaluation

TéléSuiWeb : Taux de bon fonctionnement

En moyenne, sur le parc suivi (450 installations),

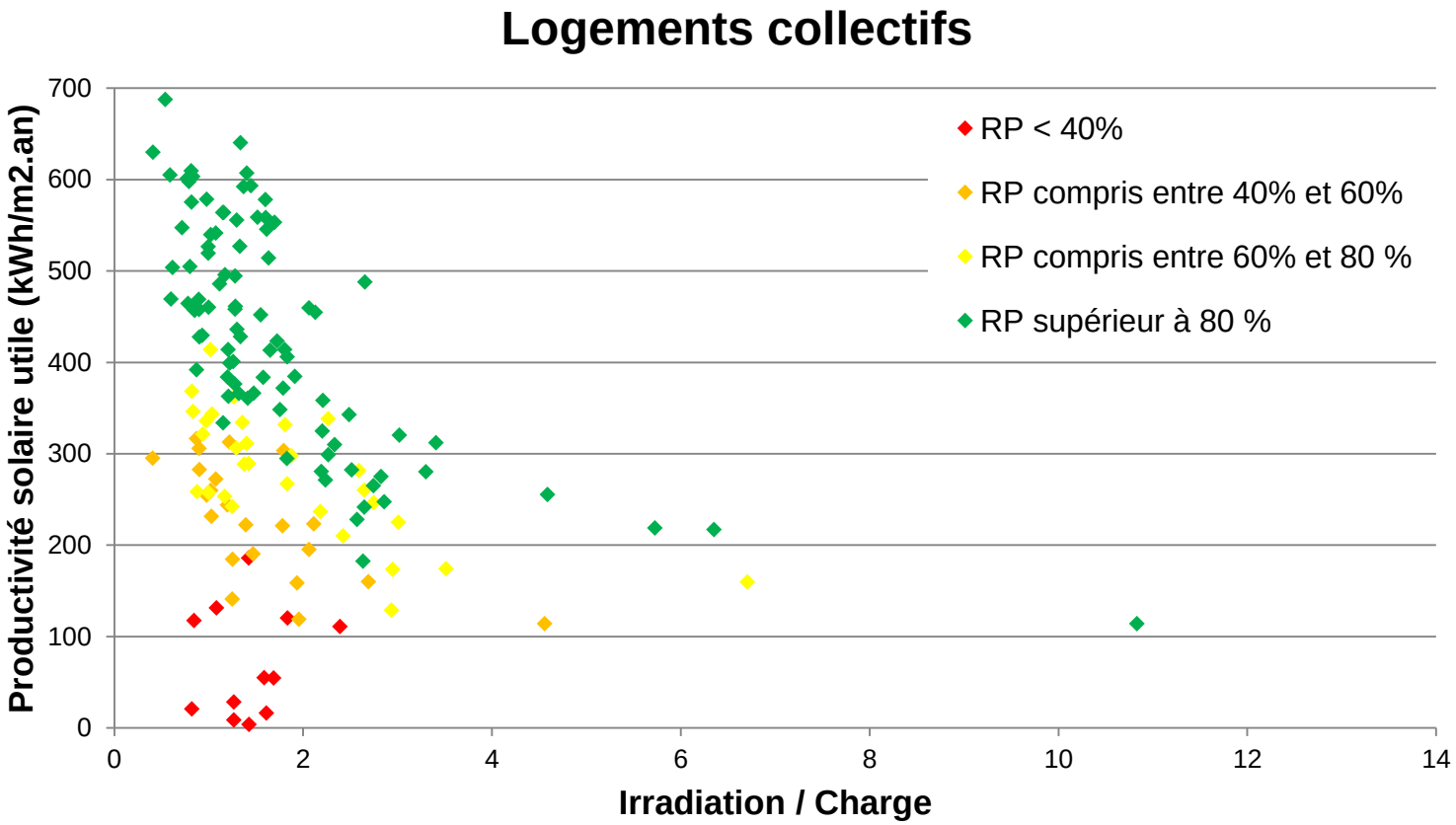
les systèmes produisent près de 80% de l'énergie solaire attendue.



© INES Plateforme Formation & Evaluation

TéléSuiWeb : productivité

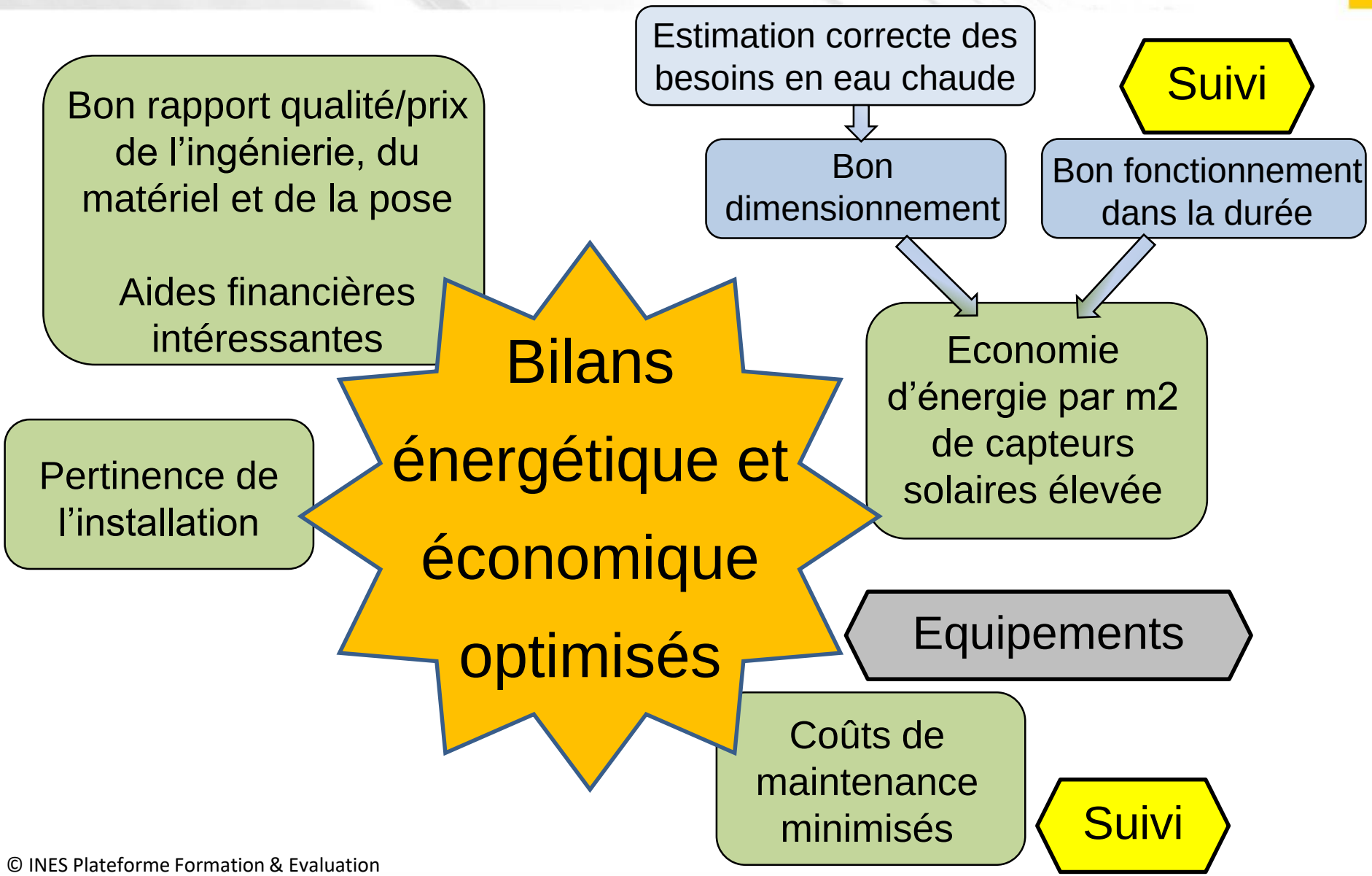
Productivité élevée = bon dimensionnement + bon fonctionnement



Rapport d'analyse complet téléchargeable sur www.suivi-ines.fr

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Programme

- **Présentation INES**
- **Contexte de la filière / différents usages**
- **Eau chaude et chauffage solaires : qualifications / aides**
- **ECS collective : Dimensionnement / Schémas / Suivi**
- **Points de vigilance pour une maintenance facilitée**
- **Questions et échanges**

© INES Plateforme Formation & Evaluation

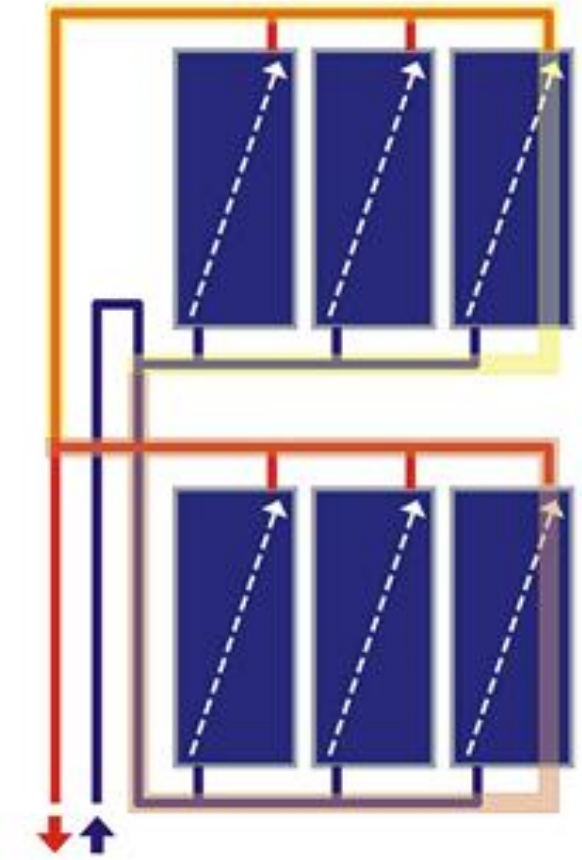
Equilibrage circuit solaire

- Equilibrage hydraulique naturel : boucle de Tichelmann

✓ Simple et fiable

✓ Pour batteries de capteurs identiques

✓ Pour petits champs de capteurs



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Equilibrage circuit solaire

- Equilibrage par :
  - ✓ Vanne d'équilibrage (type TA) : efficace mais
    - Coût élevé
    - Valeurs de réglage rarement précisées
    - Appareil complexe et souvent spécifique pour lecture du débit

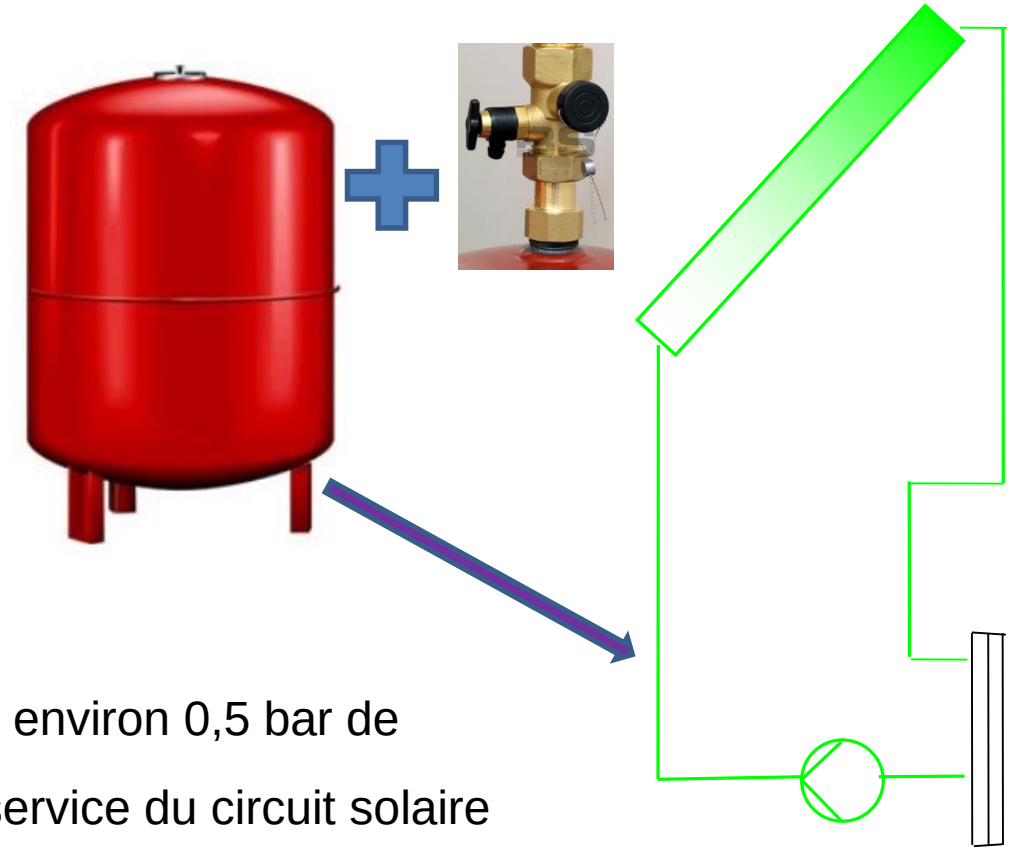
  - ✓ Débitmètres à lecture directe + vanne
    - Simple
    - Possibilité de retirer le bypass en bouchonnant

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Vase d'expansion du circuit solaire

➢ **Objectifs :**

- Compenser la dilation du fluide caloporteur
- Compenser la rétractation du fluide caloporteur
- Absorber la vaporisation du fluide contenu dans les capteurs solaires

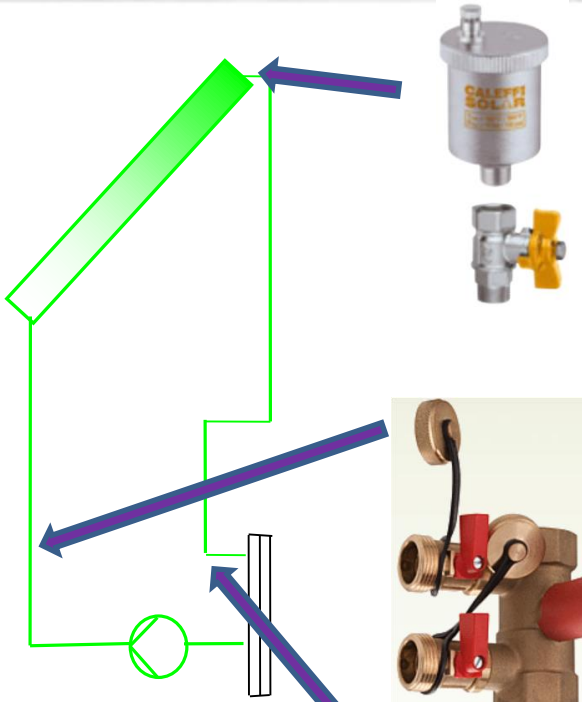


➢ **Pression de gonflage** : environ 0,5 bar de moins que la pression de service du circuit solaire

➢ **Attention** : présence d'un dispositif d'isolement et de purge pour le contrôle de la pression de gonflage à la maintenance.

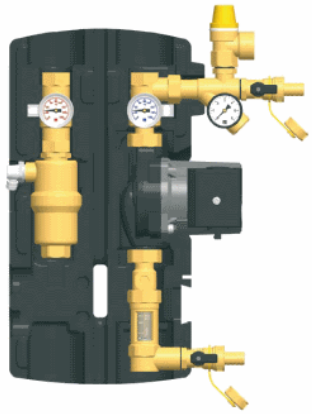
© INES Plateforme Formation & Evaluation

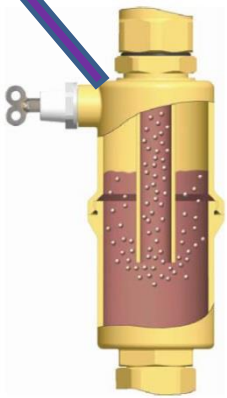
Autres éléments : pour la purge / le dégazage



- **Purgeurs automatiques** : Doivent être accompagnés d'une vanne ¼ tour, fermée en fonctionnement normal.
  Utiles notamment pour faciliter le premier remplissage.

- **Jeu de vannes** : Indispensable pour connecter la pompe de rinçage/remplissage/**dégazage**.



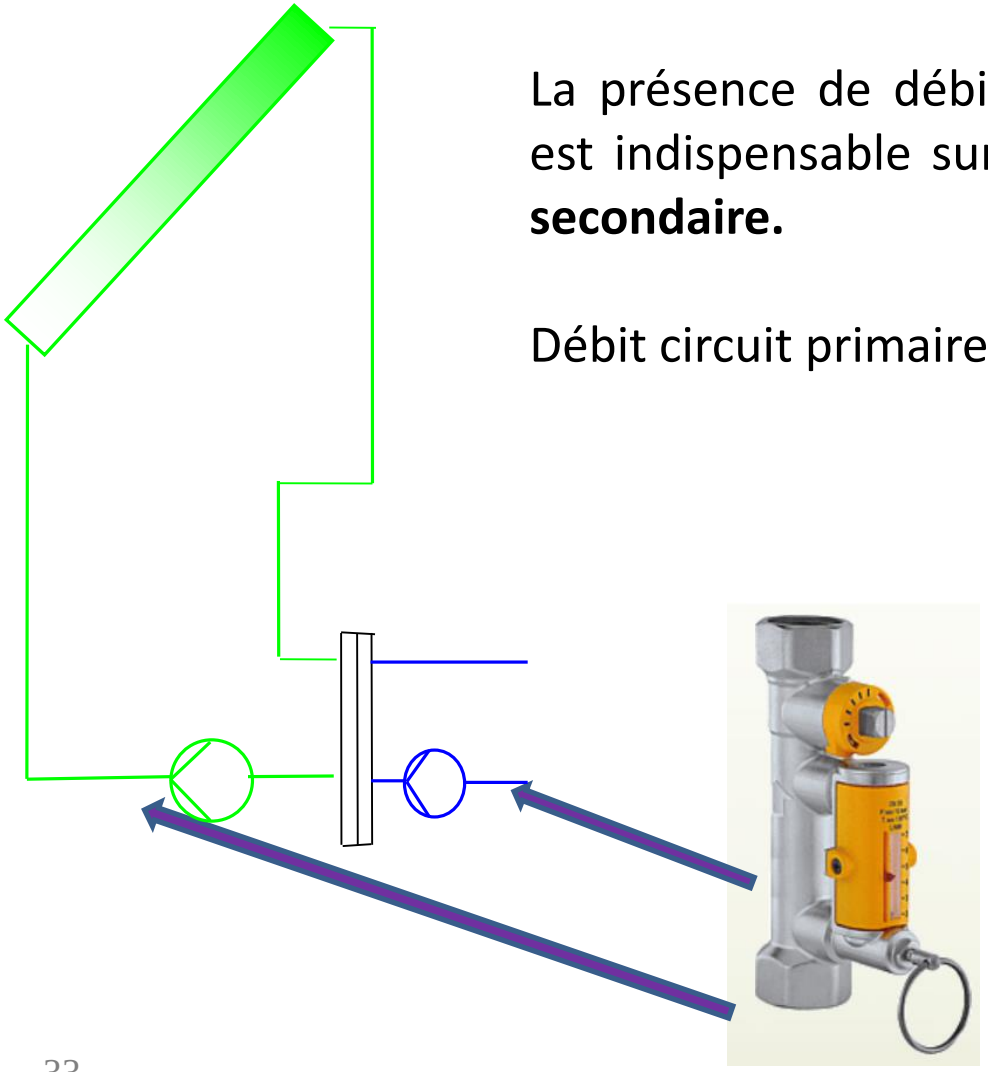


- **Dégazeur** : Permet de dégazer le circuit au fil de l'eau, à condition qu'il soit purgé régulièrement.

Le dégazage permet d'éliminer les micro-bulles.

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Autres éléments :
Organes de lecture et de réglage du débit



La présence de débitmètres et d'organes de réglage est indispensable sur les circuits solaires **primaire et secondaire.**

Débit circuit primaire ≈ débit circuit secondaire

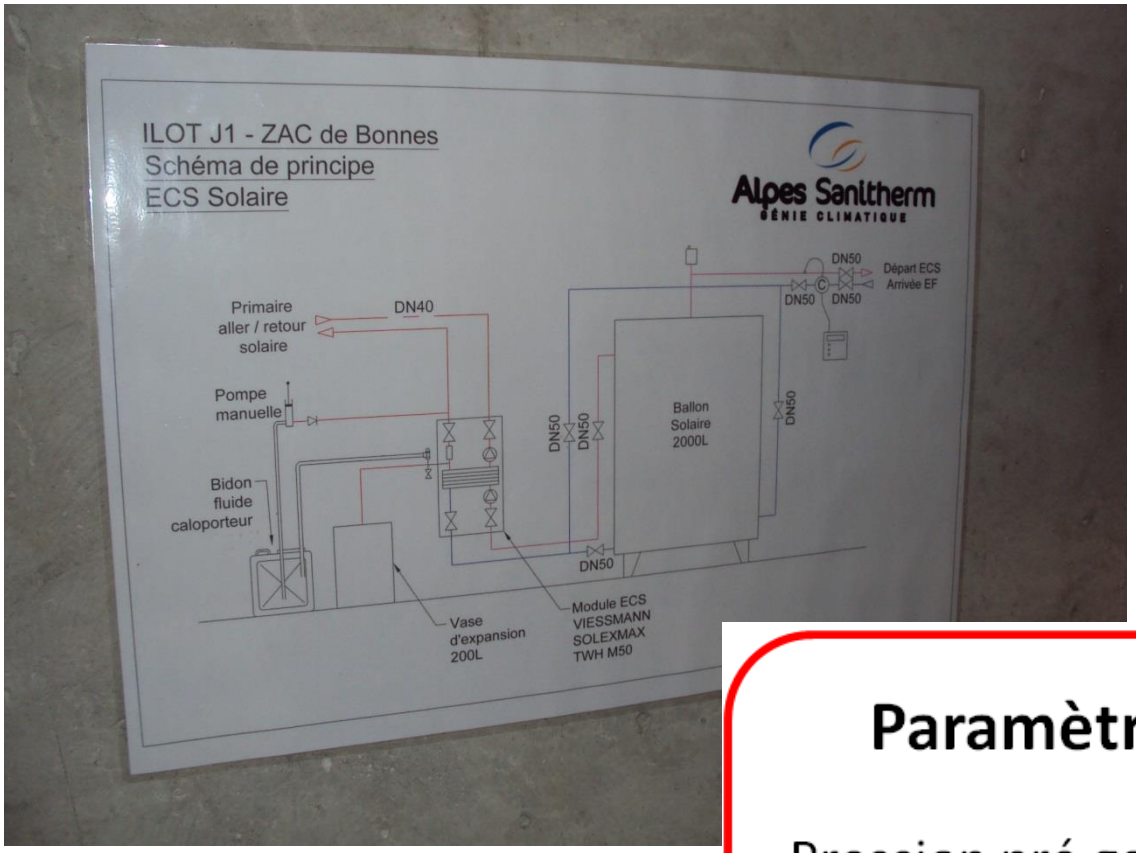
Débit selon préconisations du fabricant.

Ratio moyen à retenir :

50 L / h.m2 de capteurs

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Affichage en chaufferie



Paramètres Circuit Solaire

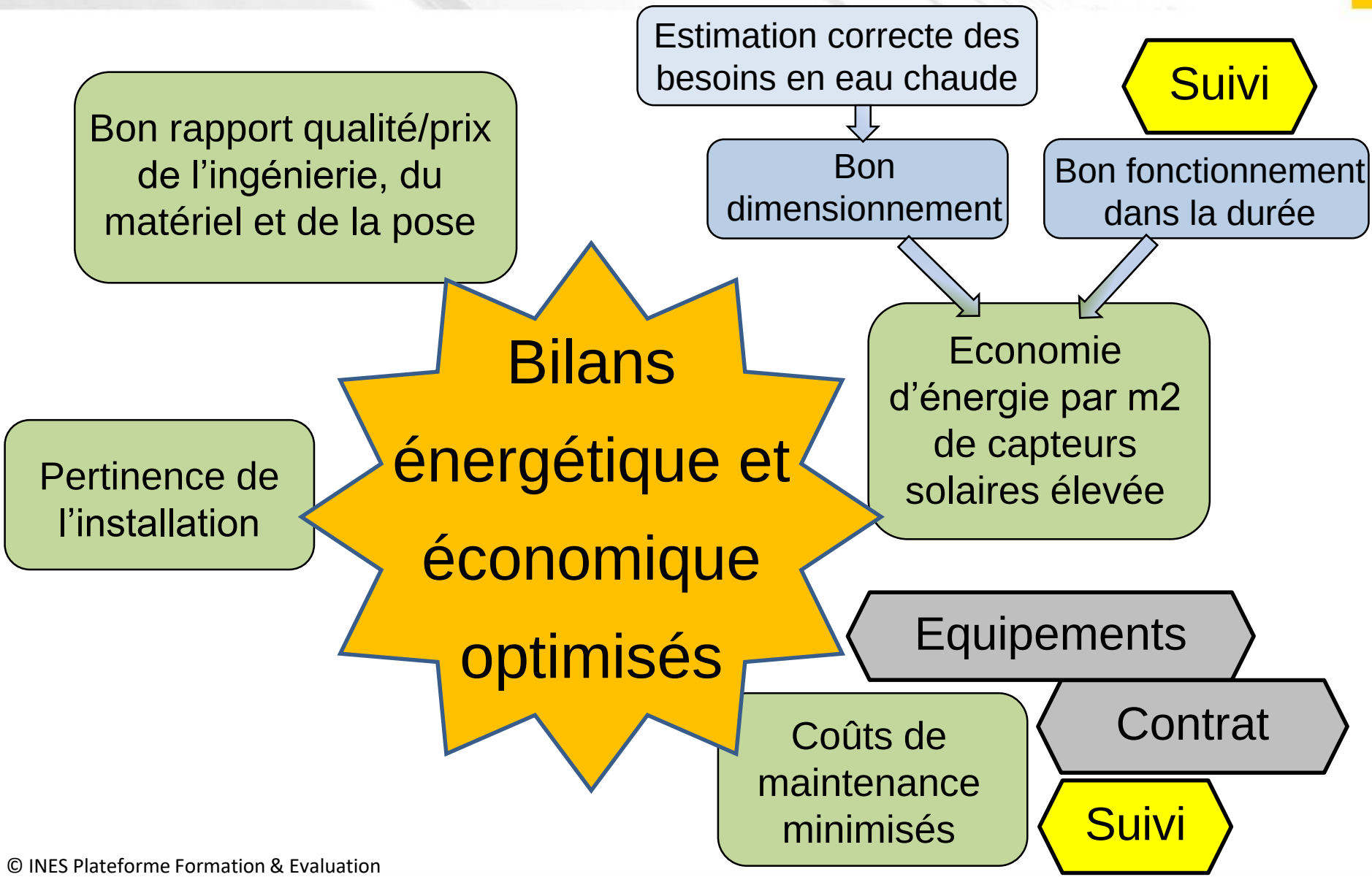
Pression pré gonflage vase : **2,8** bar

Pression circuit à froid : **3,2** Bar

Débit circuit : **13,3** l/min.

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Actions de maintenance (1)

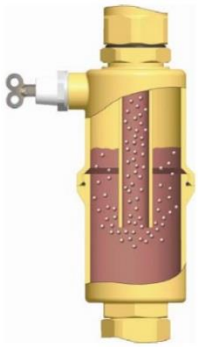
Point de contrôle	Fréquence
Vérification de la pression du circuit primaire solaire	A chaque visite
Relève des compteurs et températures de fonctionnement	

Source : SOCOL

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Actions de maintenance (2)

Point de contrôle	Fréquence
Purge du dégazeur éventuel	Tous les ans
Contrôle de la régulation : vérification des paramètres	
Vérification des débits de fonctionnements des circuits solaires primaire et secondaire (avec une commande de circulateur à 100%)	
Vérification de la densité du fluide caloporteur et mesure de son pH	
Vérification des capteurs (propreté du verre, éventuelle corrosion des supports, …) et nettoyage éventuel de la vitre des capteurs en cas de salissure exceptionnelle	



Source : SOCOL

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Actions de maintenance (3)

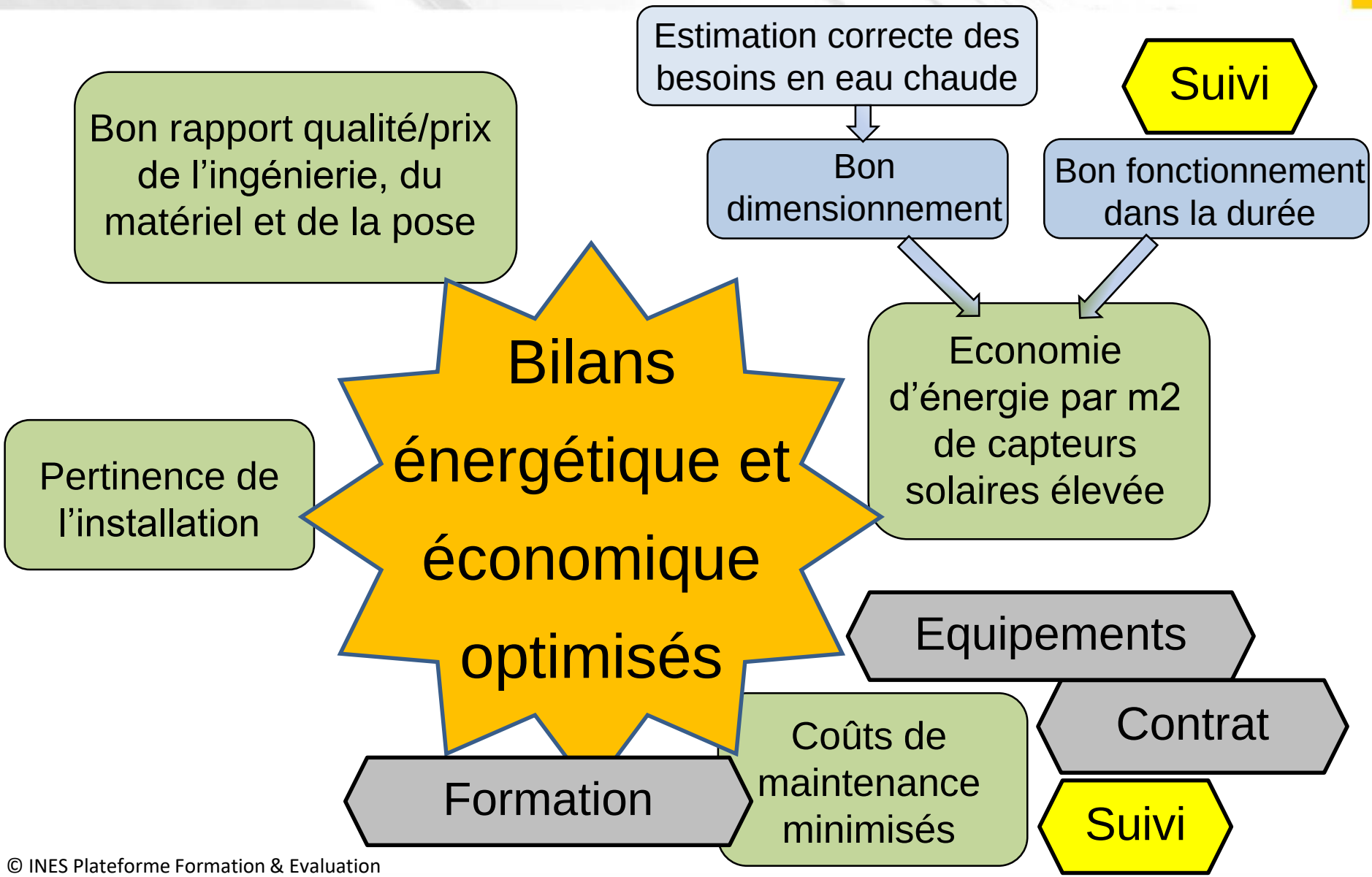
Point de contrôle	Fréquence
Vérification du « pincement » de l'échangeur. Vérification de l'état d'encrassement de chaque échangeur à plaque et nettoyage si nécessaire.	Selon dureté de l'eau et présence d'adoucisseur. Tous les ans ou 2 ans..
Vérification du vase d'expansion : mesure de la pression de pré gonflage (déconnecté, vidangé, à froid) et l'ajuster (si nécessaire)	Tous les 2 ans
Dégazer le circuit solaire primaire en connectant une pompe puissante au jeu de vannes adapté, et en la laissant tourner le temps nécessaire (environ 30 min)	Tous les 2 ans
Vérification du débit du circuit solaire et de chaque batterie de capteurs. Ce contrôle n'est possible que si les différentes branches comportent des débitmètres	Tous les 2 ans

Remarque : ces actions s'ajoutent à la maintenance préventive "classique" des équipements de production d'ECS (chasses, nettoyage de ballon, contrôle d'anode, vérification de mitigeur, …).

Source : SOCOL

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude



© INES Plateforme Formation & Evaluation

Gain pour le maître d'ouvrage : Analyse par le coût du kWh solaire

SOLAIRE	Vs	APPOINT
Durée de l'analyse	20 ans	

Prix au m²	1000	€ TTC
Taux d'intérêt	2,0%	
Productivité en *énergie économisée*	600	kWh/m².an
Coût annuel de la maintenance	1,5%	de l'investissement

Prix du kWh aujourd'hui	0,06 €
Taux annuel d'augmentation	4,0%

Taux de participation de la collectivité	0%	40%
Prix du kWh solaire	**Sans participation de la collectivité**	**Participation déduite**
	0,13 €	**0,086 €**

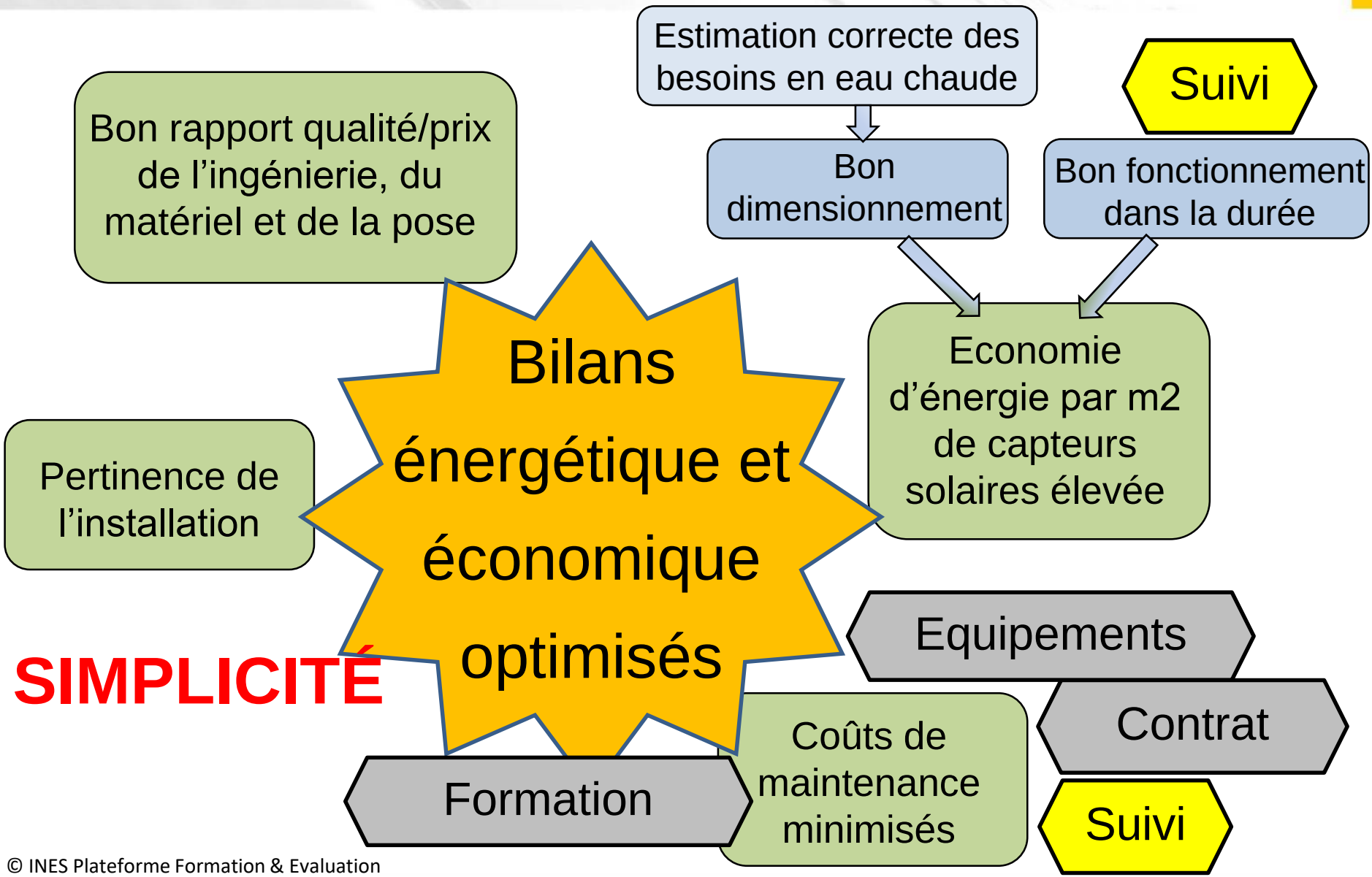
Prixdu kWh appoint	Aujourdh'hui	**Moyen sur 20 ans**	Dans 20 ans
	0,06 €	**0,089 €**	0,13 €

Dépense annuelle	76,2 €/m²	51,7 €/m²
Economie annuelle moyenne	53,6 €/m²	
gain annuel moyen	-22,6 €/m²	1,9 €/m²
Rendement financier	-30%	4%

Données d'entrée

© INES Plateforme Formation & Evaluation

Points-clés pour l'intérêt économique d'une installation solaire de production d'eau chaude



© INES Plateforme Formation & Evaluation

INSTITUT NATIONAL
DE L'ENERGIE SOLAIRE
PLATEFORME FORMATION & EVALUATION

Merci de votre attention

xavier.cholin@ines-solaire.org
20 septembre 2019

© INES Plateforme Formation & Evaluation