



# FORUM ENERGIE SOLAIRE

## LES CLÉS POUR RÉUSSIR SON PROJET DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

[www.bg-21.com](http://www.bg-21.com)

■ INGENIOUS SOLUTIONS

# LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

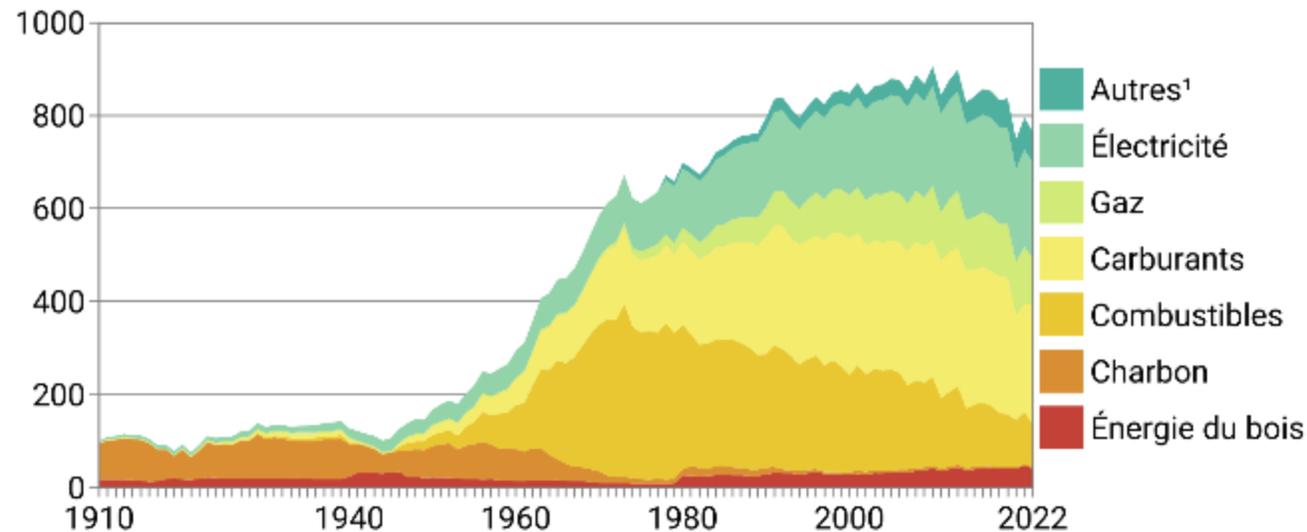
POURQUOI ?

# L'ÉNERGIE EN SUISSE : 1910 - 2022

## Consommation d'énergie finale en Suisse (en kTJ\*) :

### Consommation finale d'énergie selon les agents énergétiques

Milliers de térajoules



<sup>1</sup> chaleur à distance, déchets industriels, carburants biogènes, biogaz, soleil, chaleur ambiante

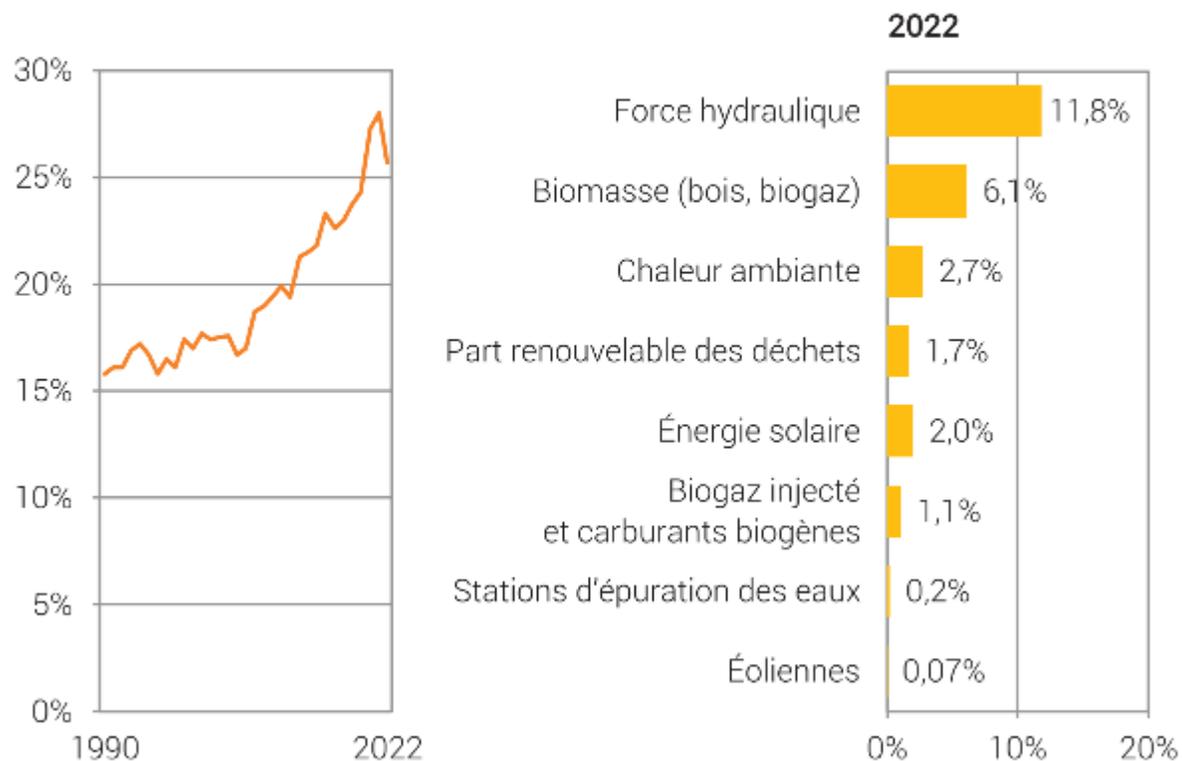
Source: OFEN – Statistique globale de l'énergie

© OFS 2023

\*1 Téra-Joule (TJ) = 277'778 kWh soit la production d'électricité solaire annuelle d'une ferme photovoltaïque de 2'500 m<sup>2</sup>

# PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

## Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie



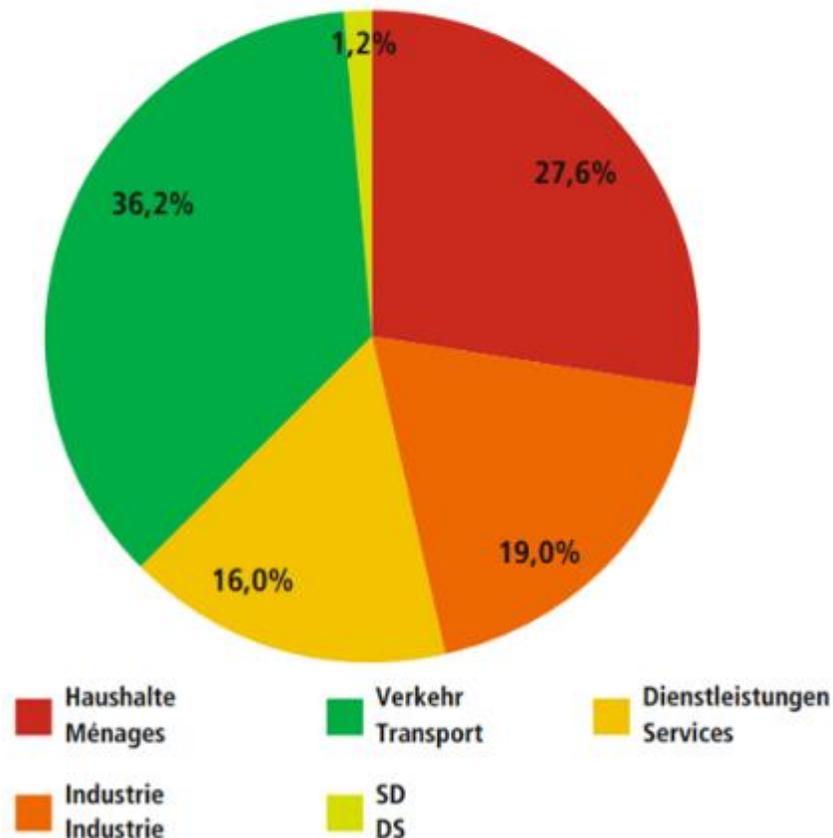
Source: OFEN – Statistique des énergies renouvelables

© OFS 2023

# L'IMPACT DU BÂTIMENT

## Consommation d'énergie finale en Suisse :

Parts en 2022 des quatre secteurs en %



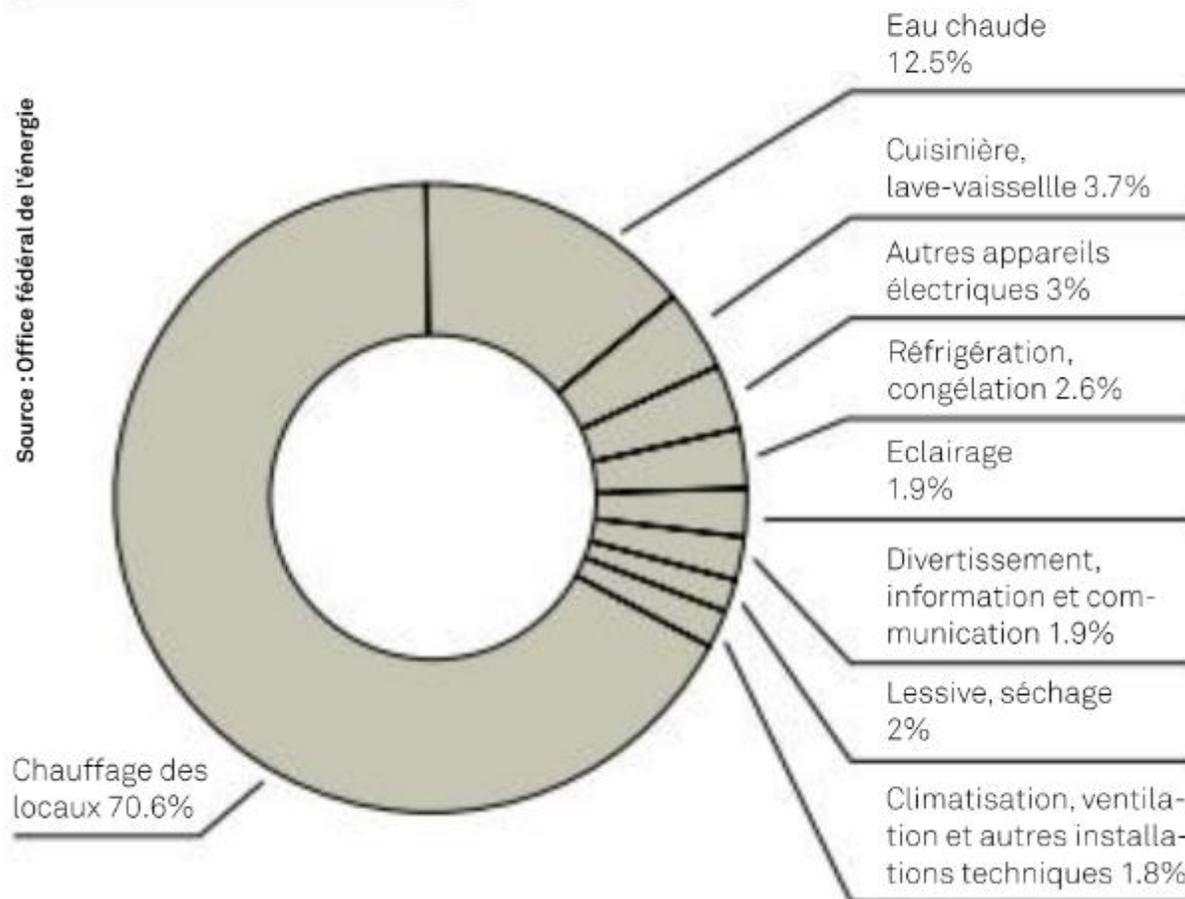
Le **parc immobilier Suisse** consomme près de 100 TWh, ce qui correspond à **45% environ de la consommation finale d'énergie** du pays (27,6% pour les seuls ménages).

Environ 70% de cette énergie consommée est imputable au chauffage.

Le parc immobilier Suisse génère aussi presque **un tiers des émissions de CO2** sur notre territoire.

# CONSOMMATION D'ÉNERGIE DES MÉNAGES

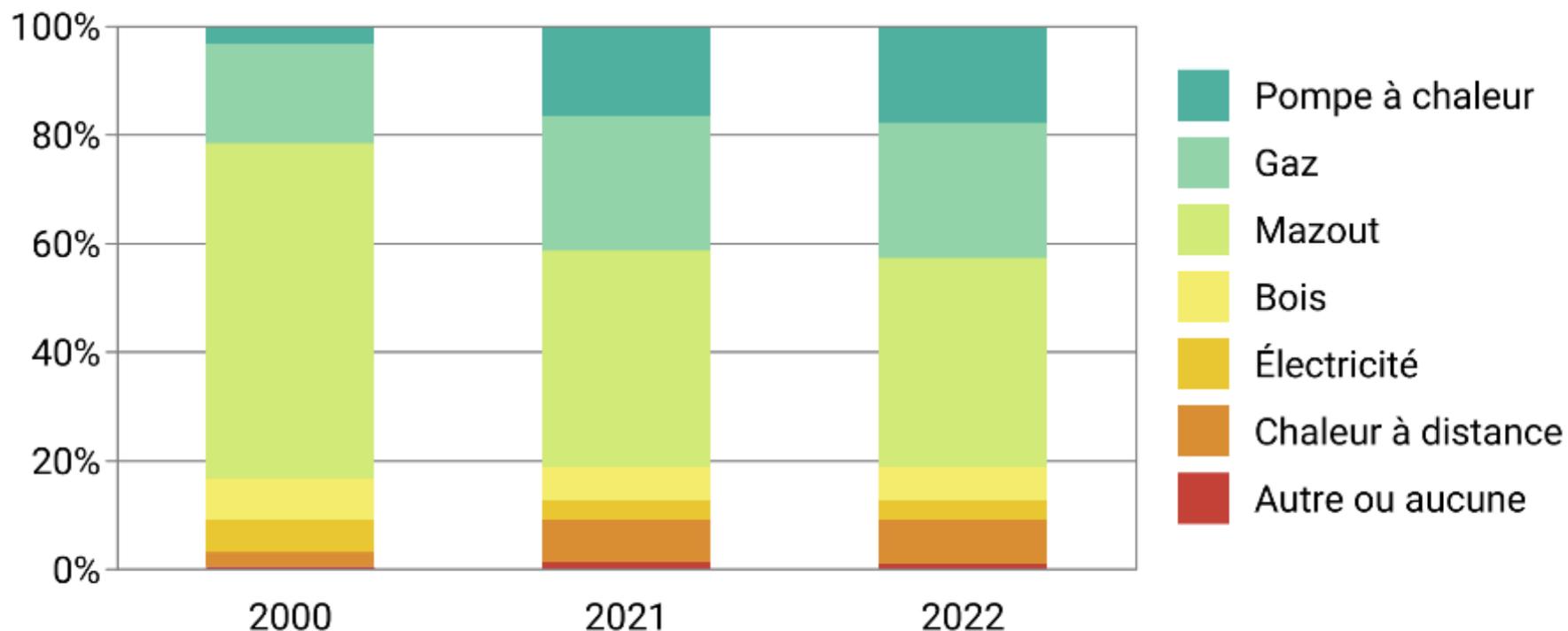
## CONSOMMATION D'ÉNERGIE SELON L'USAGE QU'EN FONT LES MÉNAGES



# SOURCE DE CHAUFFAGE DES MÉNAGES - CH

## Sources d'énergie des chauffages

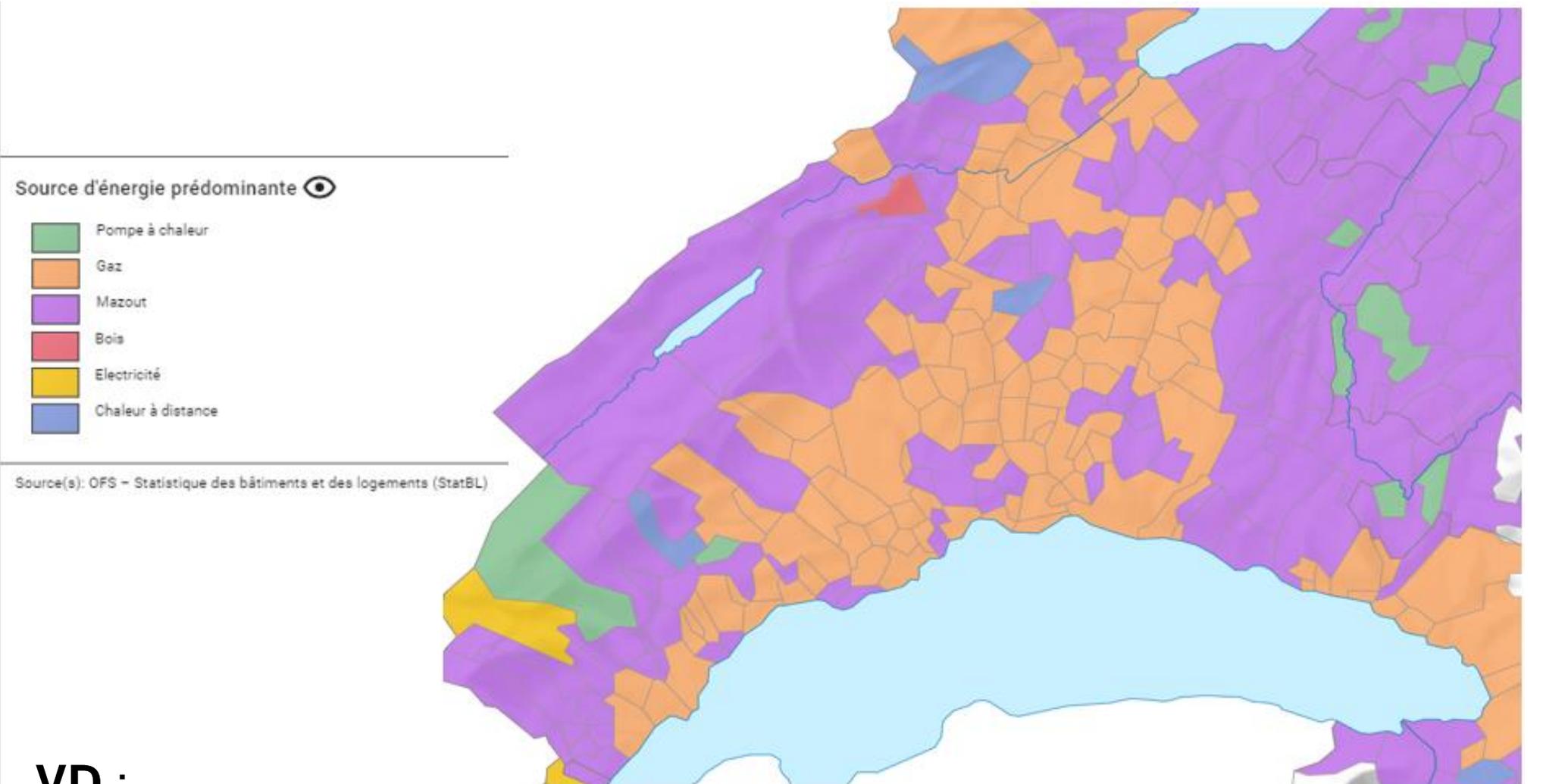
Part de la population



Source: OFS – Statistique des bâtiments et des logements

© OFS 2023

# SOURCE DE CHAUFFAGE DES MÉNAGES - VD



**VD :**

Mazout 36%   Gaz 30%   PAC 12%   Bois 7,6%   Elec. 11%   CAD 2,6%

# STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE 2050

## Consommation moyenne d'énergie par personne

baisse par rapport à l'an 2000

- 16% en 2020
- 43% en 2035

## Consommation moyenne d'électricité par personne

baisse par rapport à l'an 2000

- 3% en 2020
- 13% en 2035



# LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

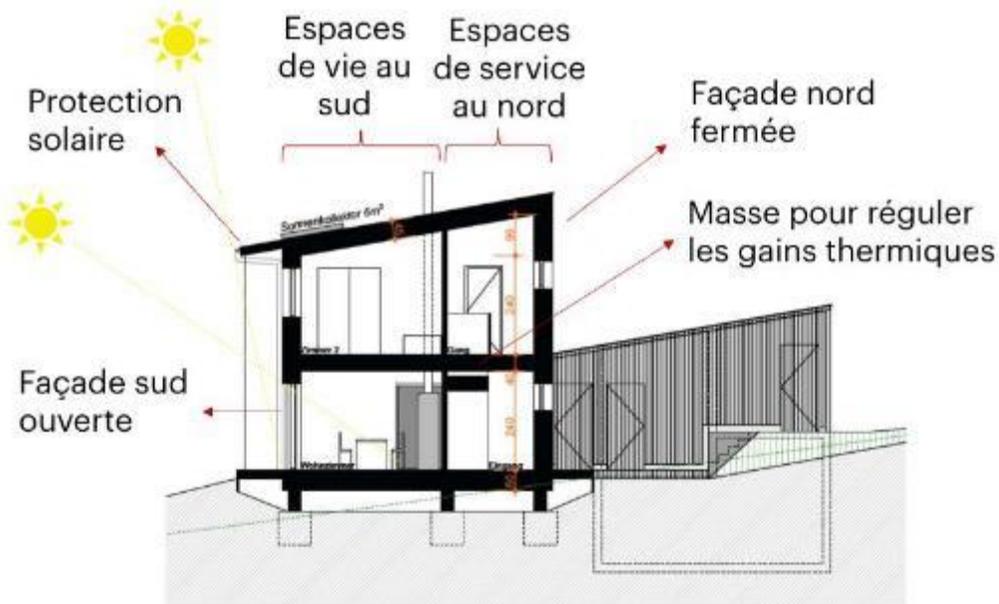
COMMENT ?  
GRÂCE AU SOLAIRE ?

# OBJECTIFS ÉNERGÉTIQUES ET CLIMATIQUES

## Bâtiment = Zéro émission nette d'ici 2050

- **Diminution de 45% de la consommation d'énergie par rapport à l'état actuel**
- **Indice énergétique moyen d'environ 70 kWh/m<sup>2</sup>.an toutes énergies confondues**
- **Substitution des énergies fossiles et développement des réseaux de chaleur**
- **Couverture quasi exclusive des besoins par des énergies renouvelables et locales**
- **Energie grise aussi faible que possible**

# LE SOLAIRE OUI... MAIS D'ABORD PAR L'ARCHITECTURE SOLAIRE PASSIVE !



Source : Lutz architecte

- Gestion adaptée des ouvertures par façades
- Organisation des pièces
- Protections solaires
- Isolation et inertie thermique

➔ Limitation des besoins !

# LE SOLAIRE ACTIF

## Solaire thermique :

- **ECS et chauffage d'appoint**
- **5m<sup>2</sup> ≈ 65% besoins ECS d'une famille de 4 pers.**



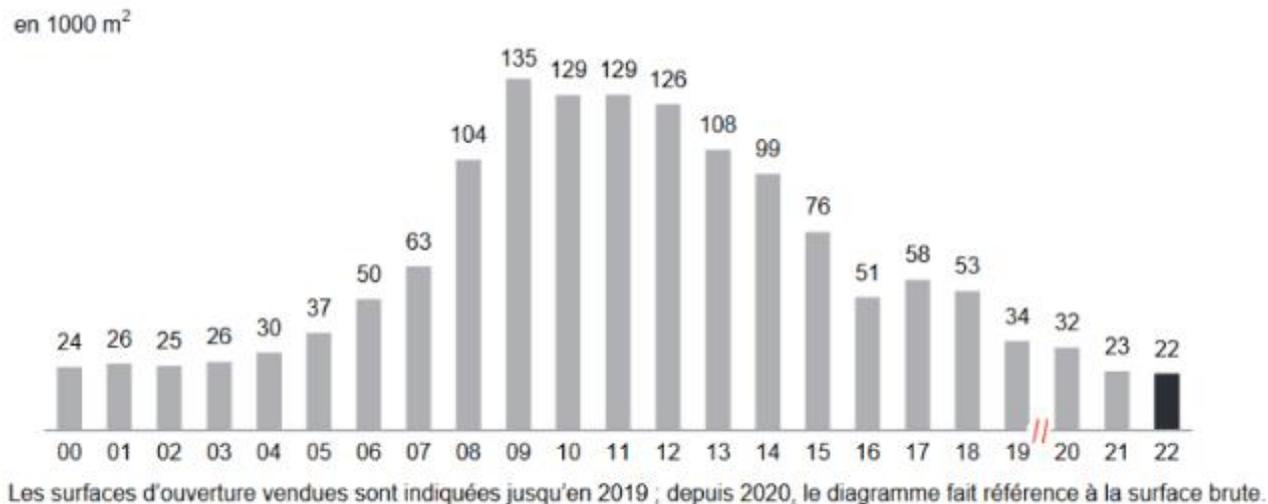
## Solaire photovoltaïque :

- **Électricité + chauffage et ECS via PAC**
- **20m<sup>2</sup> ≈ 80% besoins élec. d'une famille de 4 pers.**

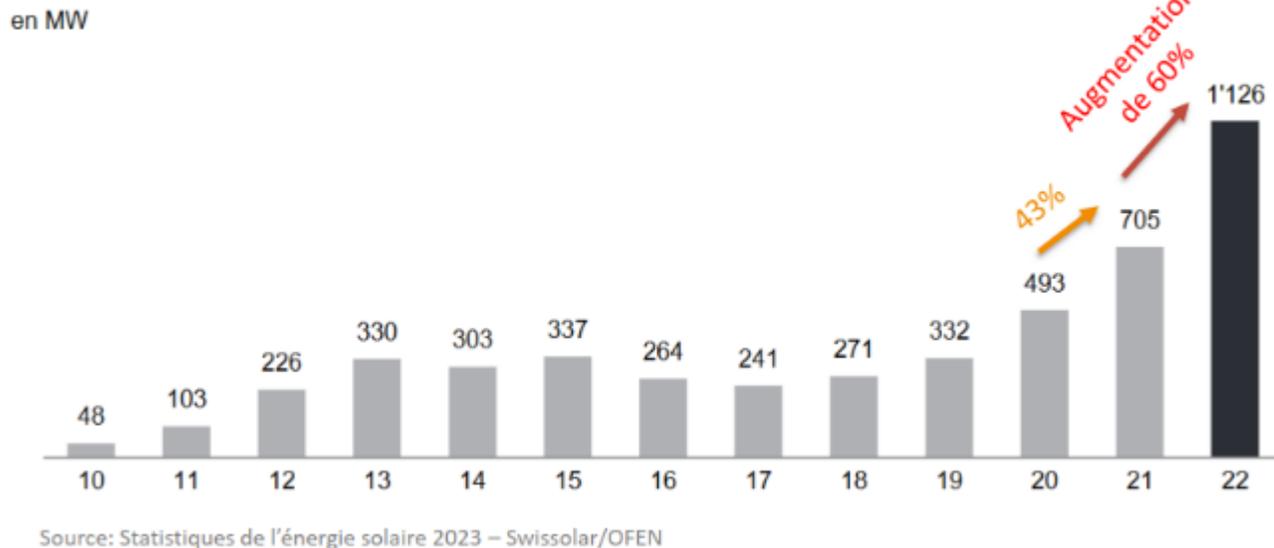


# ÉVOLUTION DU SOLAIRE

## Solaire thermique :



## Solaire photovoltaïque :



# RÉUSSIR SON PROJET PHOTOVOLTAÏQUE

# SE POSER LES BONNES QUESTIONS

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Pourquoi du photovoltaïque ?

- Minimum légal
- Conscience environnementale
- Rentabilité

## Quelle taille d'installation ?

- Maximum potentiel : toiture, voire façades
- Autoconsommation max.
- Autarcie max.
- Optimum autoconsommation & autarcie

## Quel degré d'intégration et d'esthétique ?

- Ajouté
- Intégré
- BIPV

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Quelles sont les paramètres à prendre en compte pour déterminer la rentabilité de l'installation ?

- **Coût de l'installation**

→ Demander au moins 3 offres à des entreprises spécialisées

- **Subventions**

→ Pronovo Rétribution Unique RU

- **Entretien**

→ En général compter 3 cts/kWh produit

- **Tarif d'achat du courant au GRD**

→ En 2023, en moyenne autour de **32 cts/kWh (canton de Vaud)**

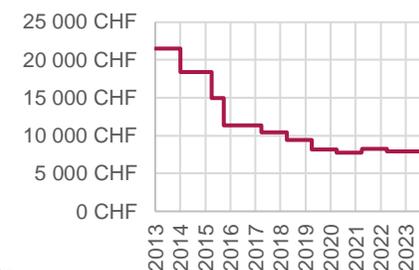
[prix-electricite.elcom.admin.ch](http://prix-electricite.elcom.admin.ch)

- **Tarif de rachat du courant photovoltaïque par le GRD**

→ Varie chaque année. En 2023 autour de **18 cts/kWh** en Romandie

[vese.ch/fr/pvtarif](http://vese.ch/fr/pvtarif)

Evolution de la RU Pronovo pour une installation de 20 kVA



Année	Prix (cts/kWh)
2024, Vaud	33,64
2023, Vaud	32,26
2022, Vaud	21,91
2021, Vaud	21,38
2020, Vaud	21,63
2019, Vaud	21,51
2018, Vaud	21,63
2017, Vaud	21,27

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

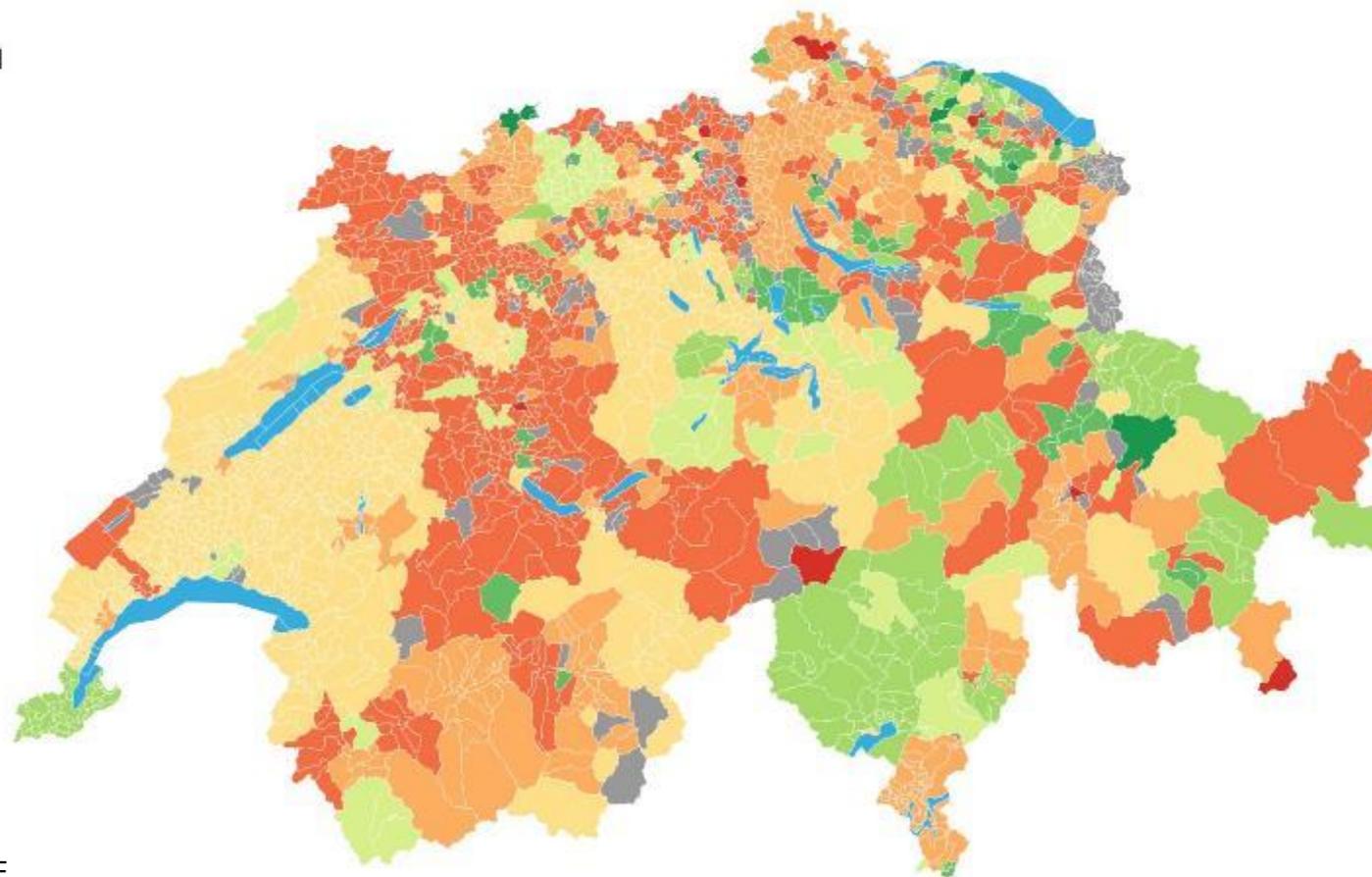
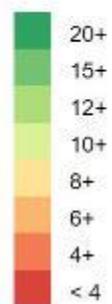
Construction

Exploitation

## 2017

### Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

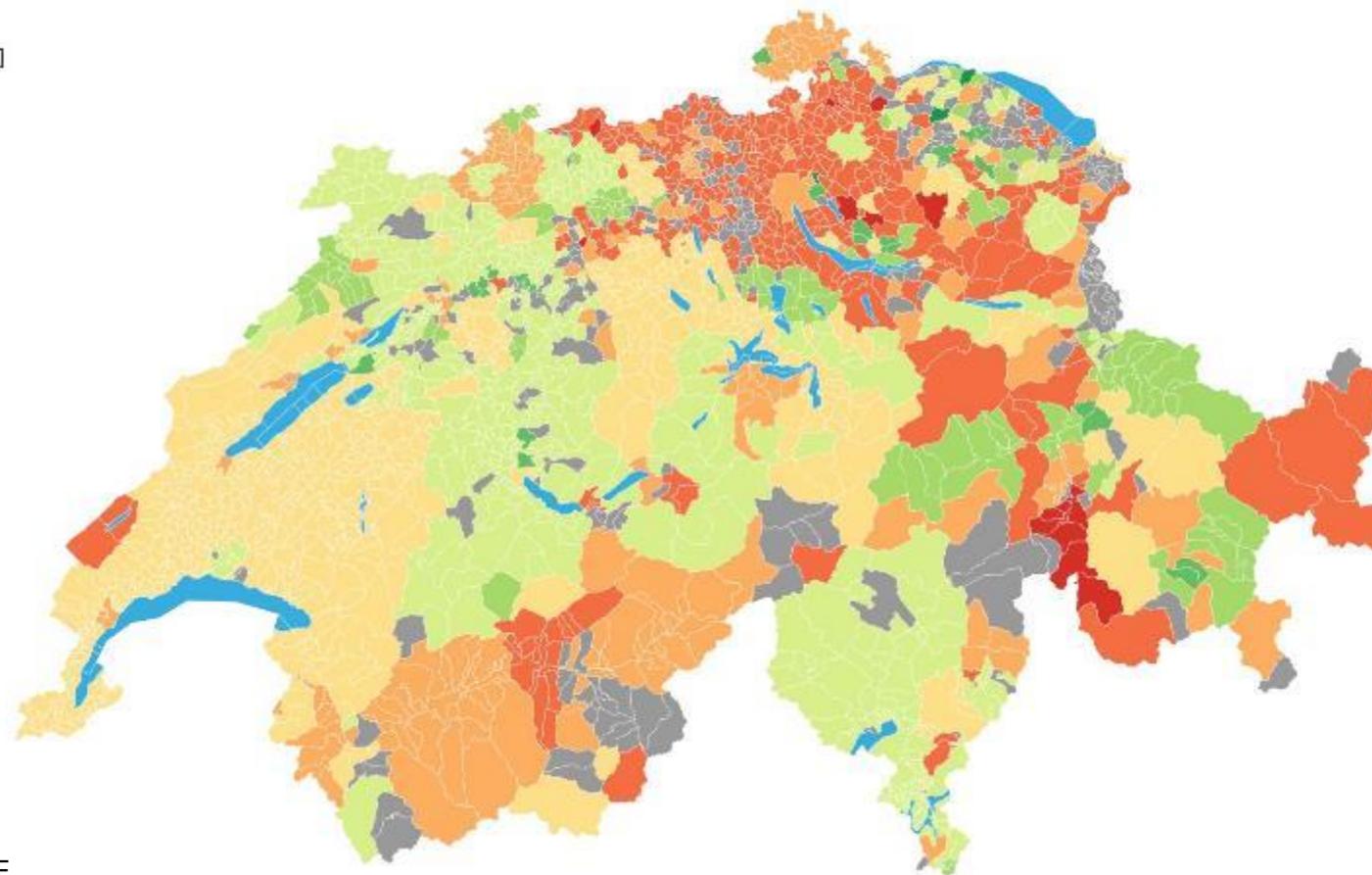
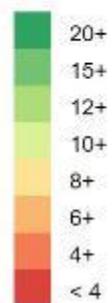
Construction

Exploitation

## 2018

### Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

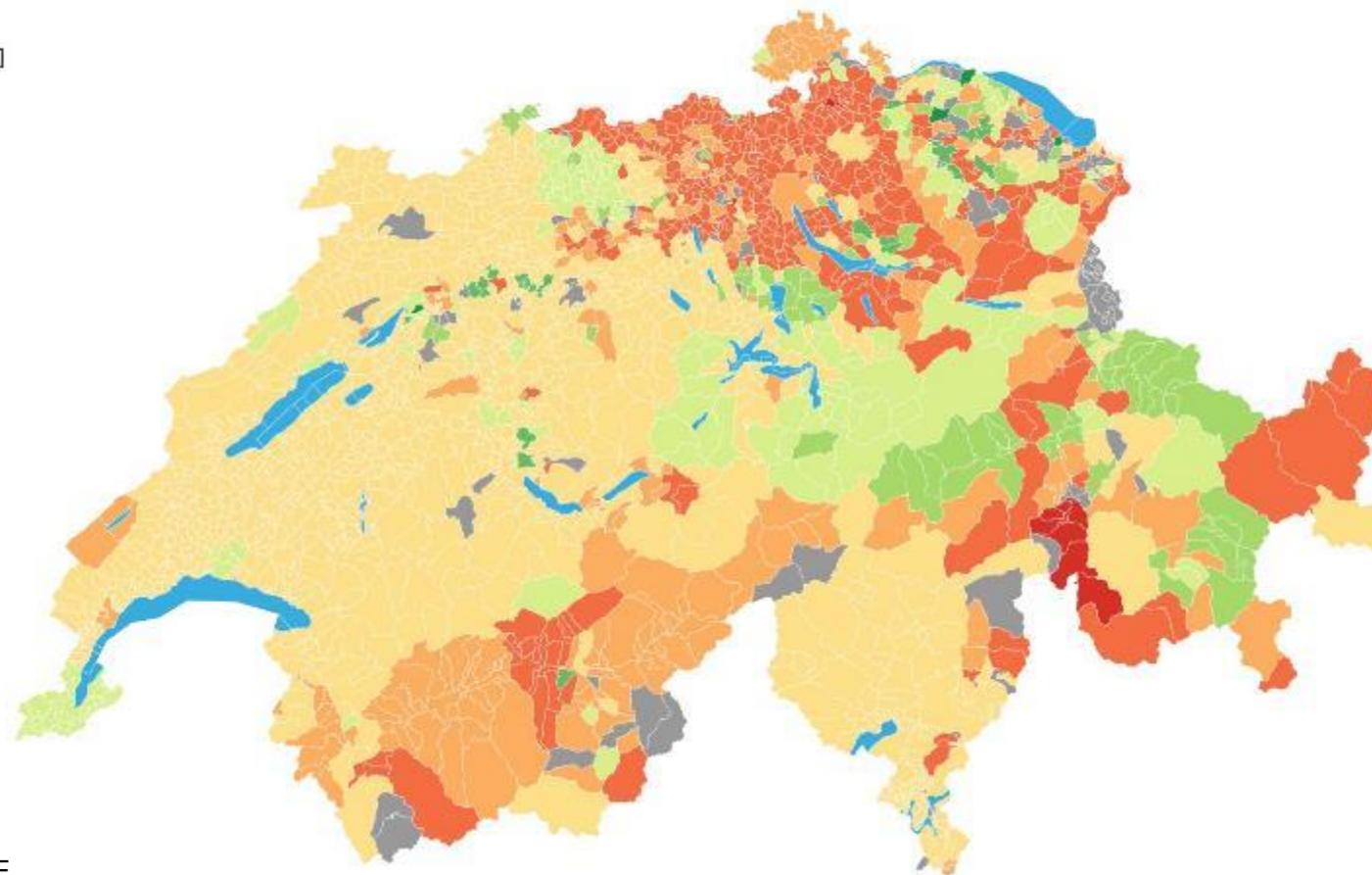
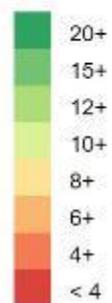
Construction

Exploitation

## 2019

### Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

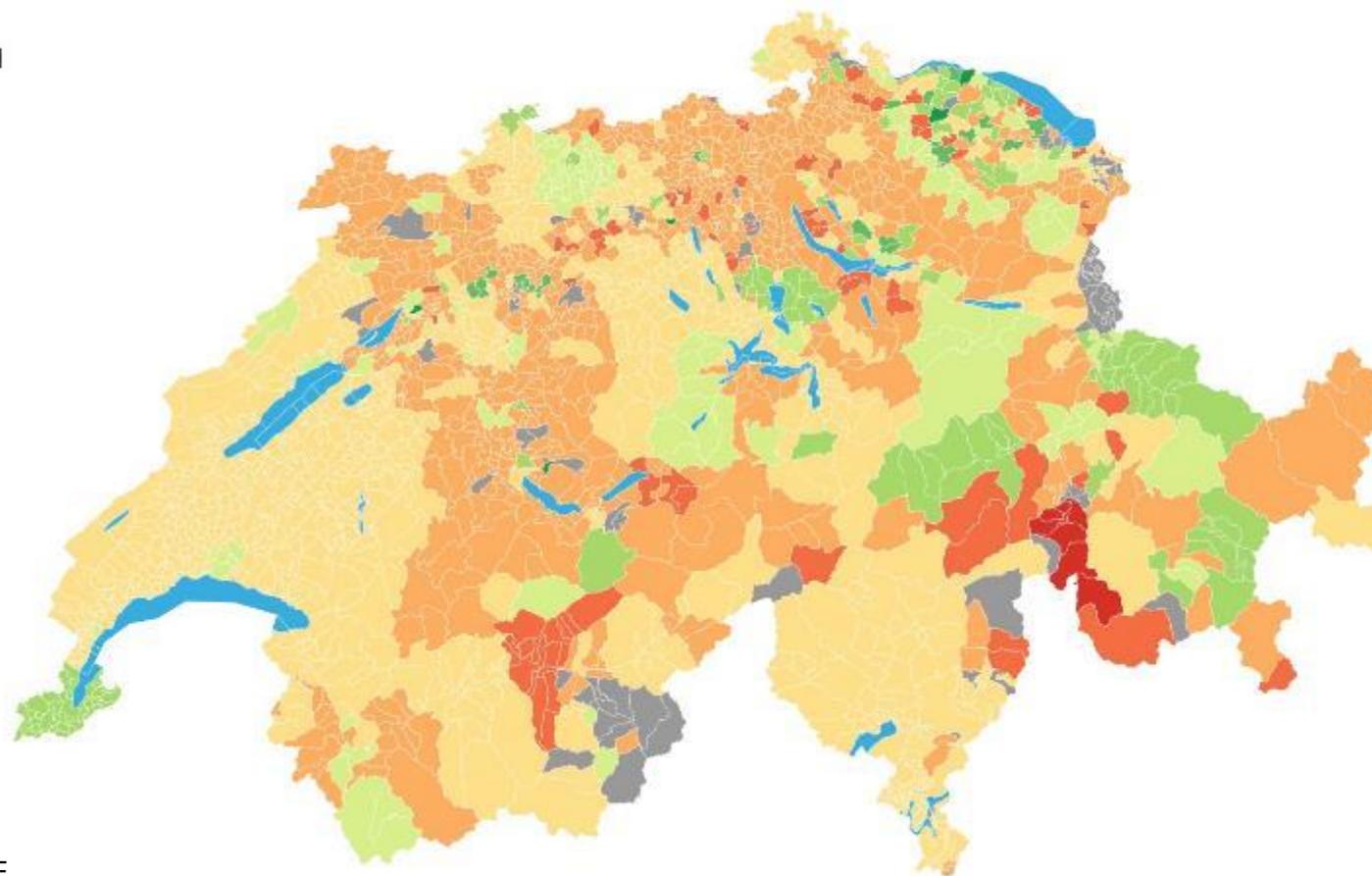
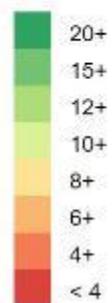
Construction

Exploitation

## 2020

### Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

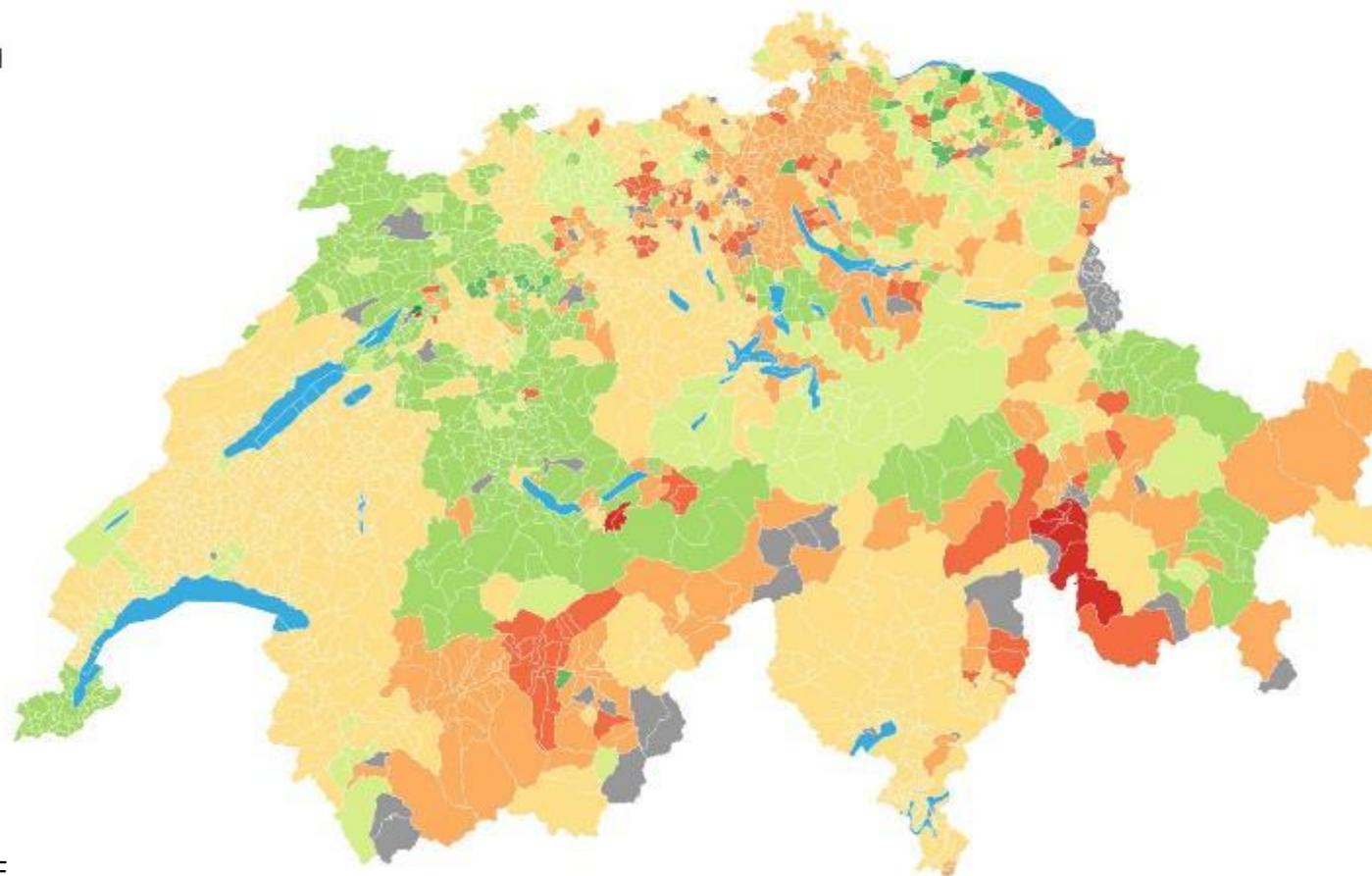
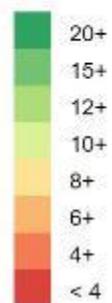
Construction

Exploitation

2021

Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

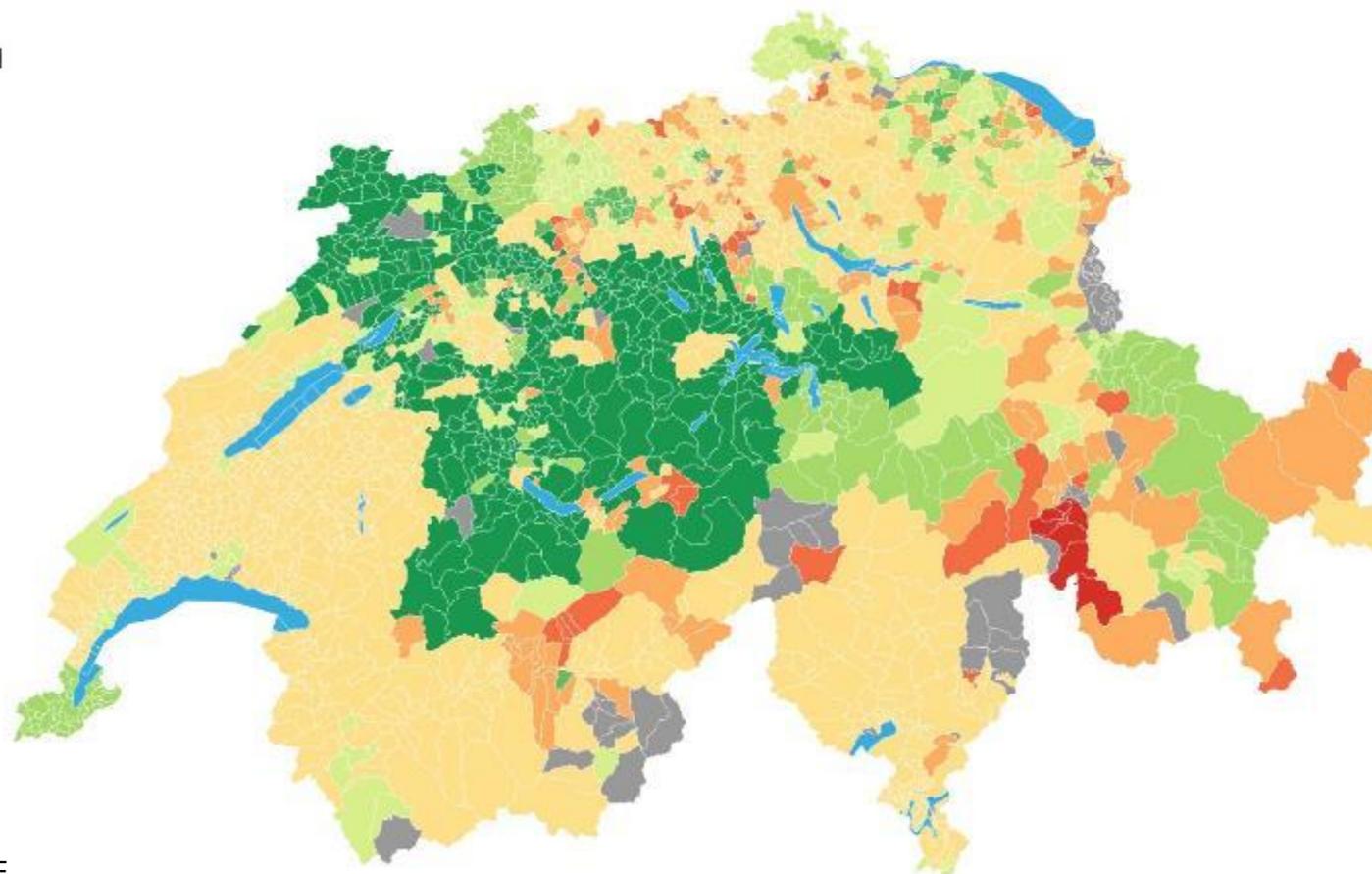
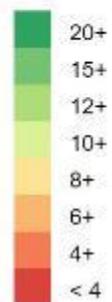
Construction

Exploitation

2022

Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

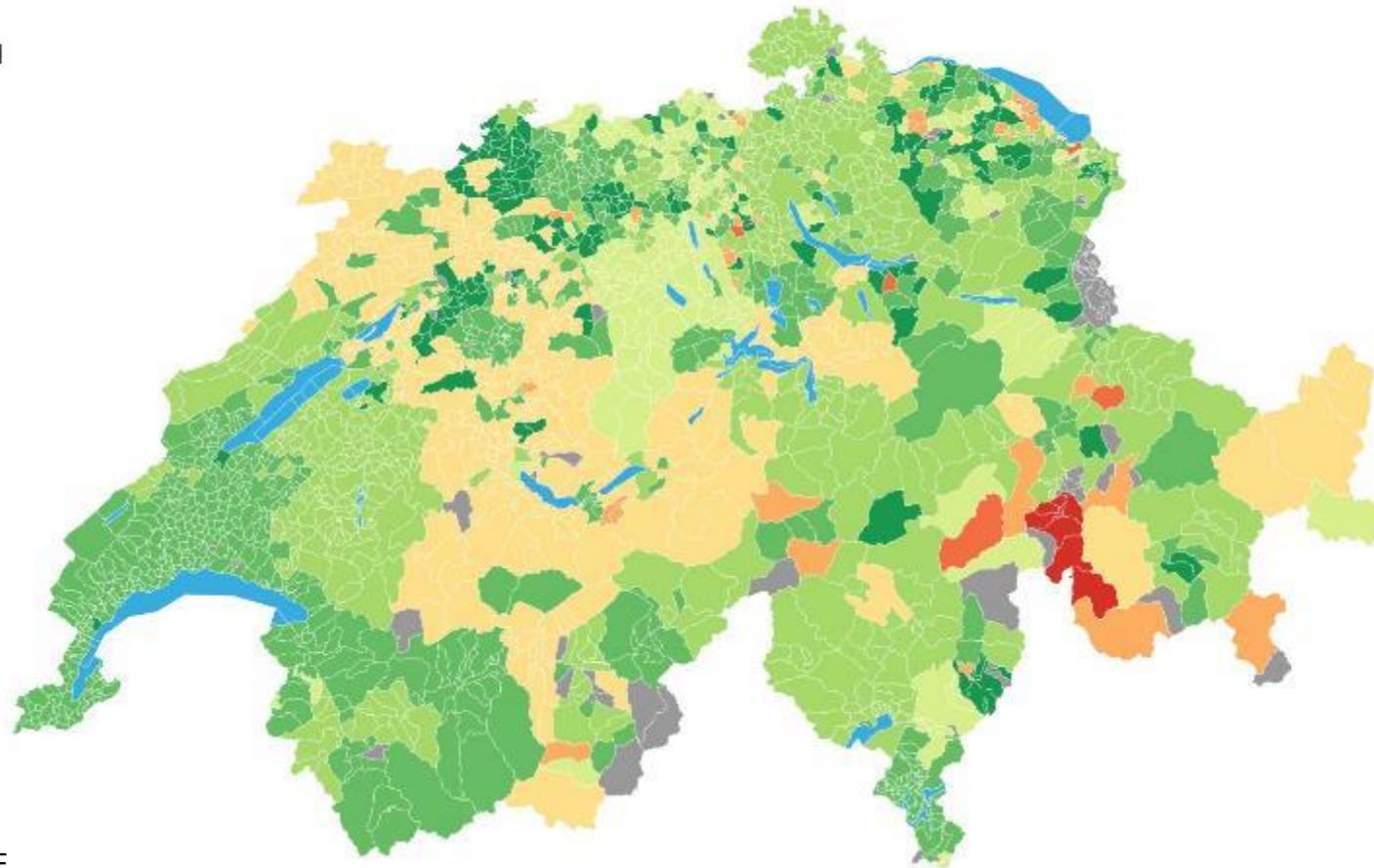
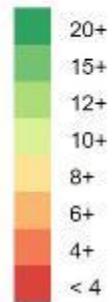
Construction

Exploitation

## 2023

### Tarif de rétribution total (énergie et garantie d'origine)

Tarif [cts/kWh]



VESE

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

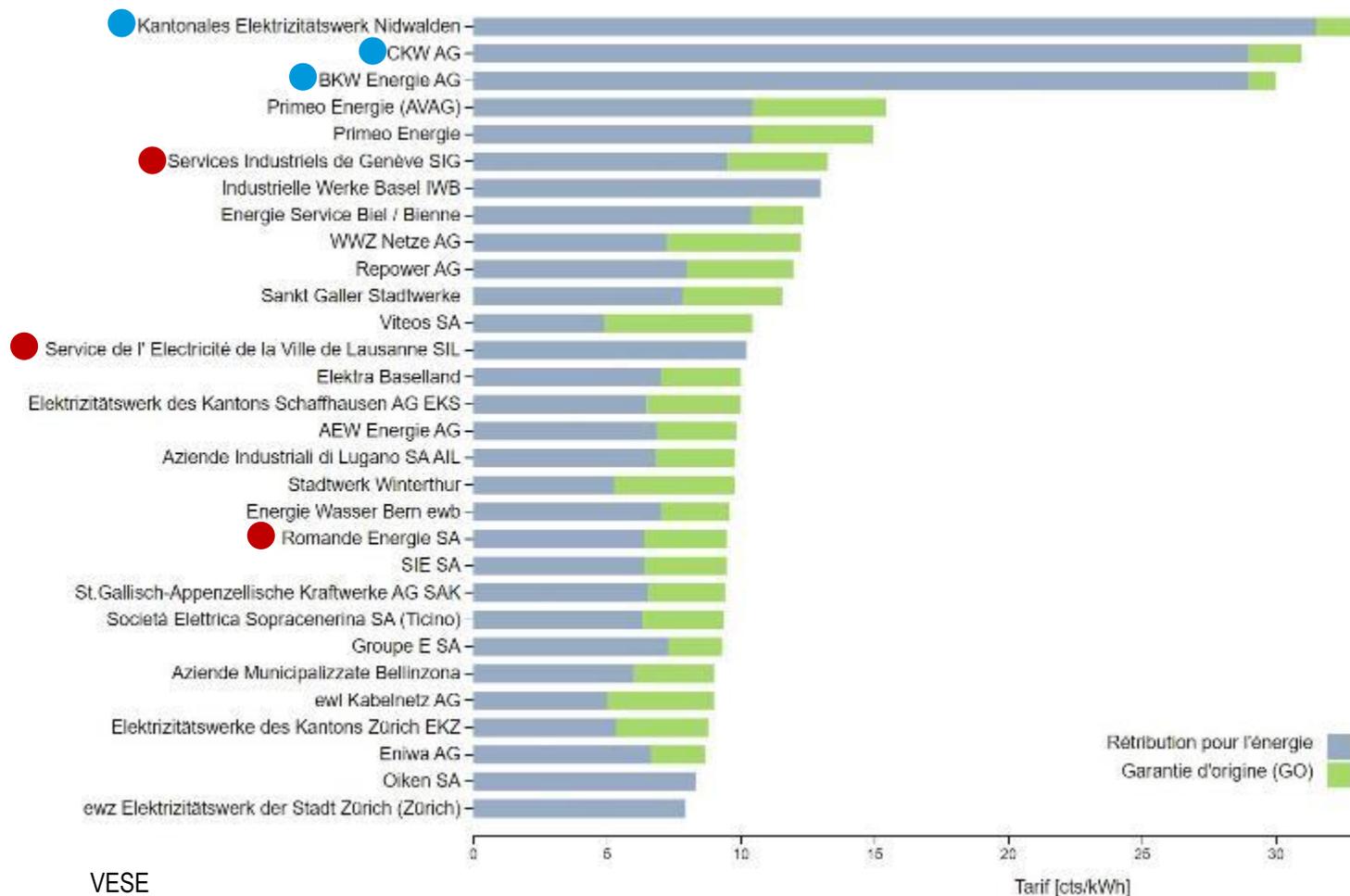
Planification

Achat

Construction

Exploitation

2022



VESE

Rétribution pour l'énergie  
Garantie d'origine (GO)

Tarif [cts/kWh]

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

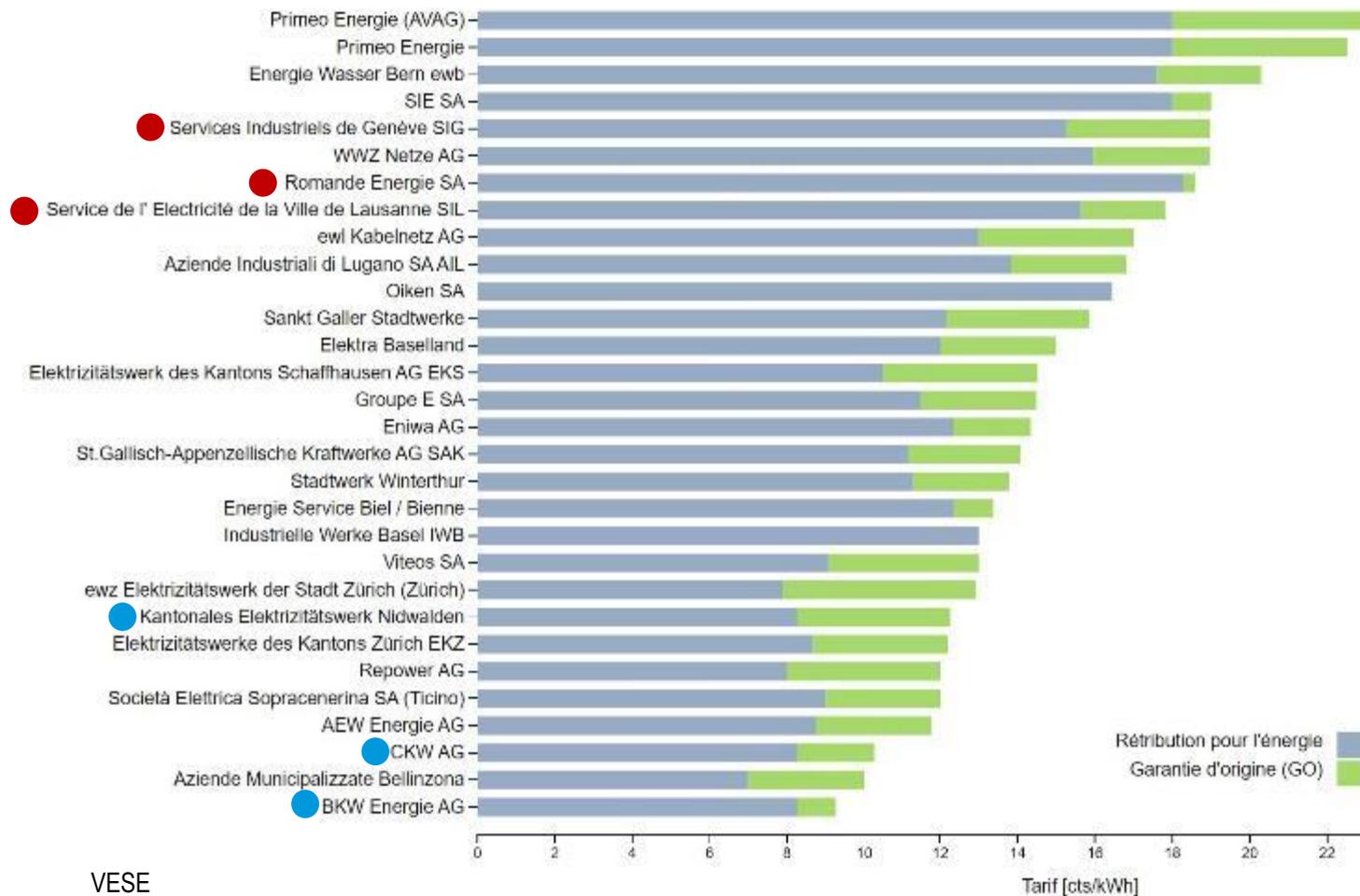
Planification

Achat

Construction

Exploitation

## 2023



VESE

Tarif [cts/kWh]

# LA RENTABILITÉ EN QUESTION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

Puissance de l'installation PV	6 kWp
Coûts d'investissement	CHF 19'390.–
Rétribution unique (tarifs à partir du 1er avril 2020)	CHF 3040.–
Coûts d'exploitation	150 CHF/an
Durée de vie	25 ans
Production de courant solaire	Env. 6000 kWh/an
Consommation du ménage	4000 kWh/an
Part de la consommation haut tarif et bas tarif	Env. 45% (haut tarif), 55% (bas tarif)
Part de la production de courant solaire en périodes haut tarif et bas tarif	Env. 70% (haut tarif), 30% (bas tarif)

Tableau 1: Hypothèses pour le calcul de rentabilité d'une installation photovoltaïque en fonction de la consommation propre.

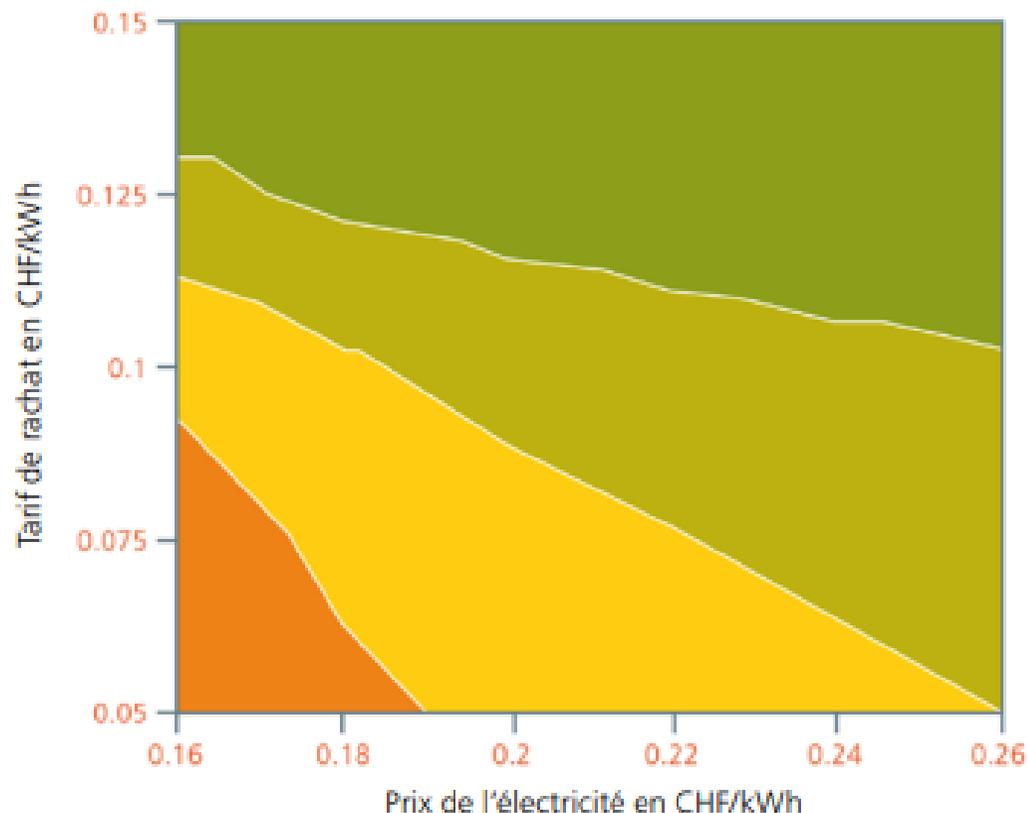


Figure 2: Part de consommation propre nécessaire pour atteindre une rentabilité de 1% avec une installation PV, en fonction du prix de l'électricité et du tarif de rachat (pour les hypothèses voir le tableau 1, source: VESE).

- 60–80%
- 40–60%
- 20–40%
- 0–20%

# AUGMENTER LA CONSOMMATION PROPRE

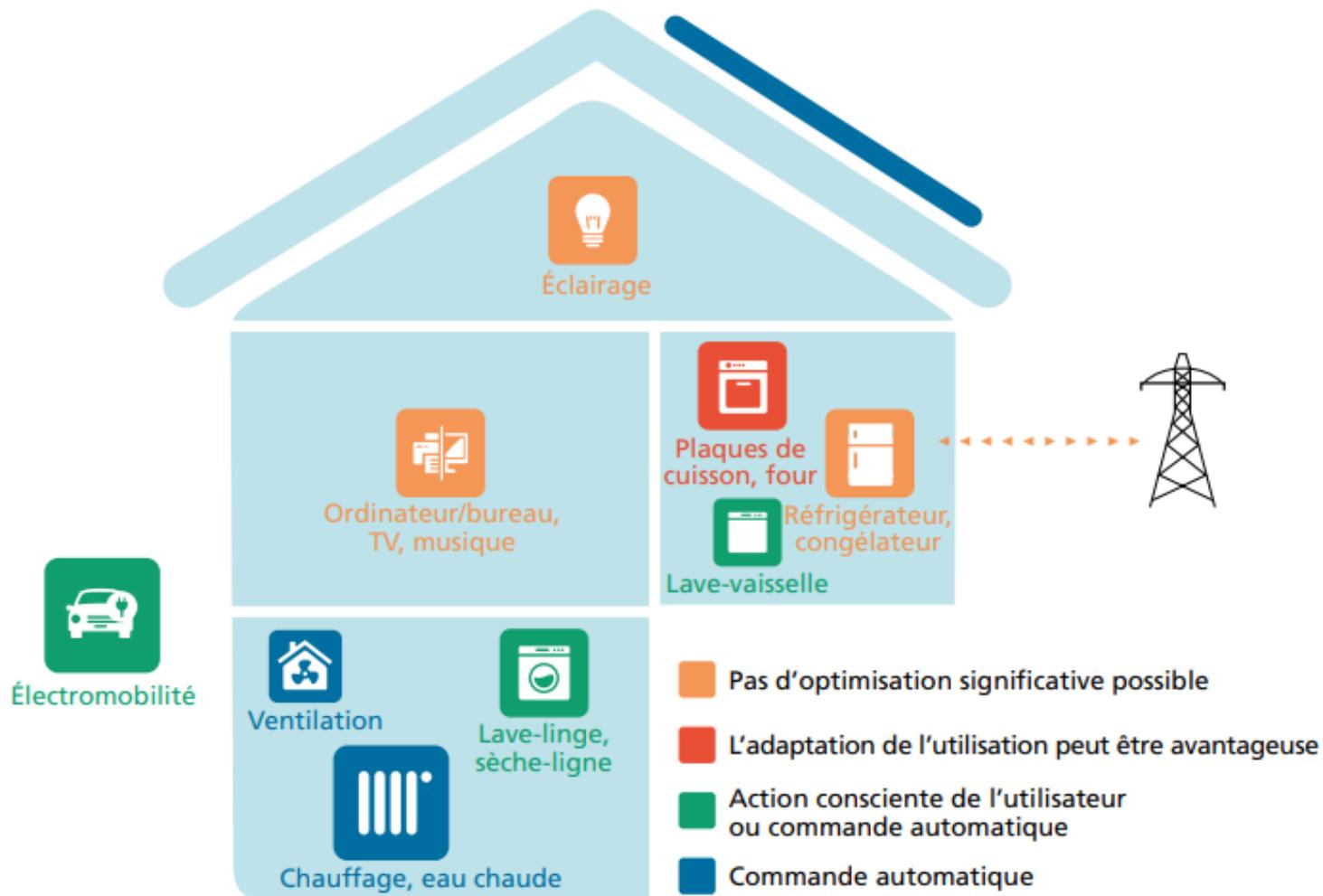


Figure 3: Possibilités d'optimisation dans une maison individuelle. La taille des carrés correspond à la consommation électrique des appareils et donc au potentiel d'optimisation. Les appareils sur fond vert se prêtent bien à une optimisation manuelle de la consommation propre; les appareils sur fond bleu à une optimisation automatisée de la consommation propre (source: VESE).

# AUGMENTER LA CONSOMMATION PROPRE

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

1. Installation PV
2. Compteur privé par logement/partie
3. Compteur de production pour l'installation solaire (à partir de 30 kVA du GRD)
4. Compteur principal, compteur de consommation unique vis-à-vis du GRD

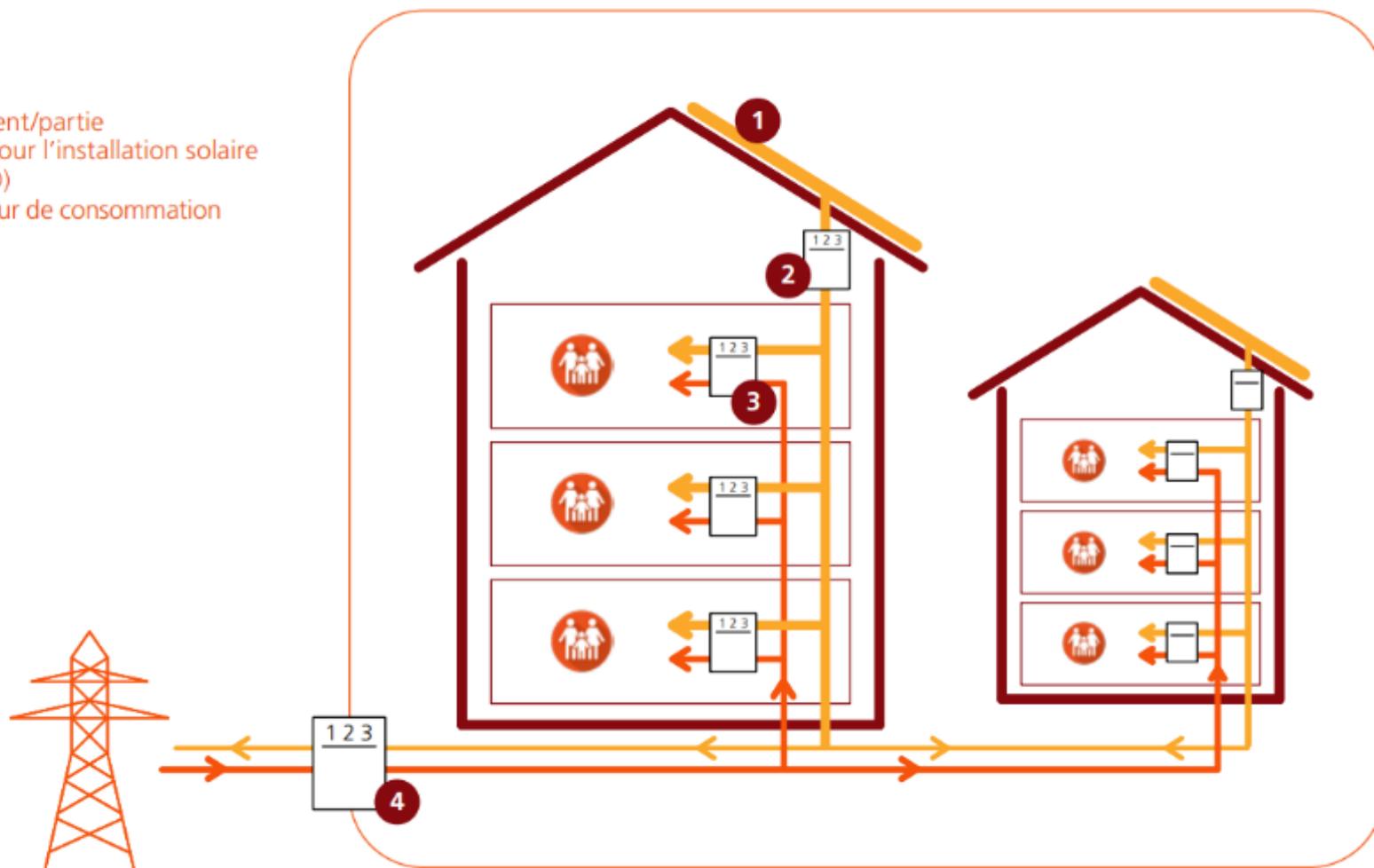


Figure 6: Regroupement pour la consommation propre.

OFEN, Suisse Energie

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

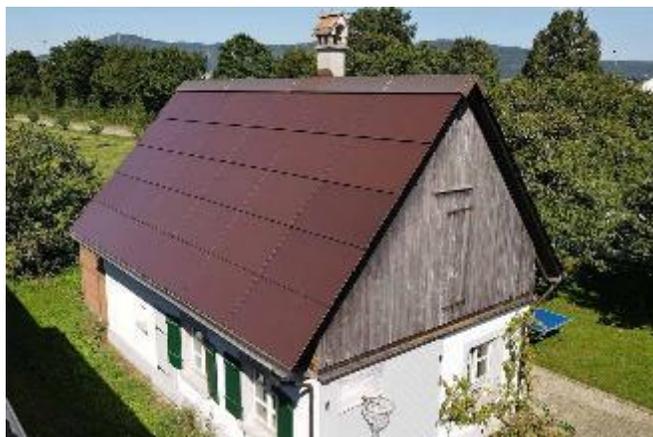
Achat

Construction

Exploitation

## Nouveau bâtiment : considérer suffisamment tôt le photovoltaïque dans le projet

- Choix des dimensions des surfaces en accord avec des systèmes photovoltaïques (toitures, façades)
- Toiture libre de tout élément ombrageant ou obstruant, impliquant une bonne coordination avec CVCSE



Megasol



Solaxess



Megaslate

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Nouveau bâtiment : considérer suffisamment tôt le photovoltaïque dans un projet de nouveau bâtiment

- Place disponible à prévoir pour les onduleurs dans le local électrique ou abris en toiture
- Prévoir le passage des câbles DC dans le bâtiment si l'onduleur est dans le local électrique



Huawei

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

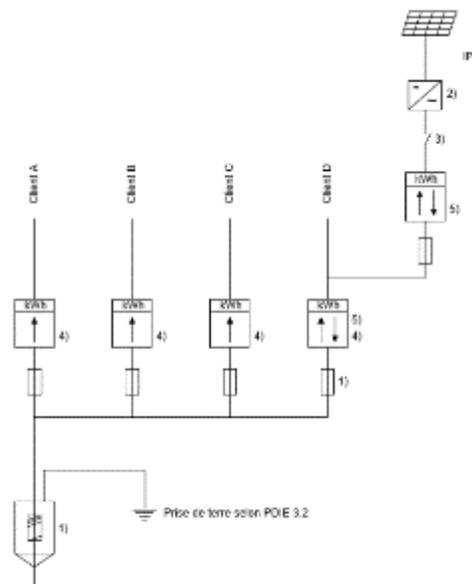
Achat

Construction

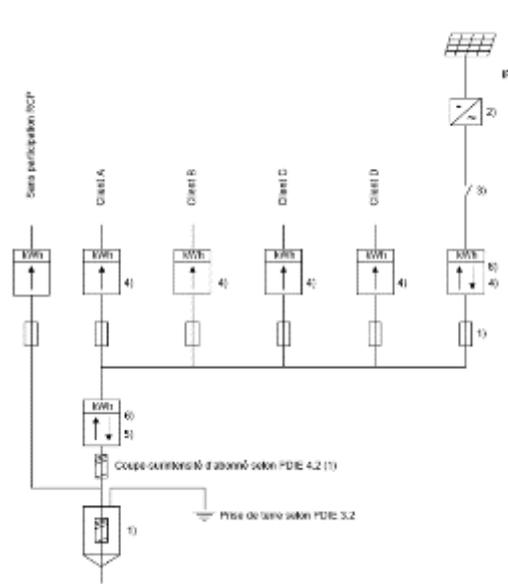
Exploitation

## Nouveau bâtiment : considérer suffisamment tôt le photovoltaïque dans un projet de nouveau bâtiment

- Se positionner sur la création d'un RCP
  - Implique un raccordement électrique potentiellement différent dans le cas d'un RCP de plusieurs bâtiments



Sans RCP



Avec RCP

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Points importants pour un projet PV sur de l'existant

- Considérer la réfection de la toiture dans le concept (une installation photovoltaïque est faite pour durer >25 ans)
  - Statique de la toiture – renforcement nécessaire ?
  - Risque de pollution - Amiante ?
  - Remplacement de l'étanchéité ?
  - Ajout d'une isolation ?
  - Remplacement de la couverture par photovoltaïque intégré ?
- Calepinage pour déterminer la puissance max. de l'installation PV

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Points importants pour un projet PV sur de l'existant

- Vérifier les possibilités de modifier le TGBT existant pour accueillir la centrale PV
  - Est-ce que le courant du coupe-surintensité abonné et GRD est suffisant ?
- Autoconsommation sur les communs ou RCP ?
  - La création d'un RCP implique un contrat de RCP avec tous les locataires. Si certains locataires sont dissidents, des modifications de tableau importants sont nécessaires pour les sortir du RCP (peut nuire à la rentabilité du RCP).

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Points importants pour un projet PV sur de l'existant

- Contact avec le GRD pour connaître la taille du câble d'introduction et vérifier les possibilités d'augmentation ([plans-reseaux.ch](https://plans-reseaux.ch) permet de commander des plans de réseaux électriques)
- un changement de puissance de raccordement implique :
  - Taxe CCR (contribution au coût du réseau) si la section de câble est inchangée (exemple : 162.8 CHF/A SiL 2023)
  - Si un changement de section de câble doit être fait, les frais de GC , du câble et du raccordement sont à la charge du demandeur
- Principaux facteurs limitants pour le GRD :
  - Surcharge thermique (courant) ou surtension

# (IN)CAPACITÉ D'INJECTION AU RÉSEAU

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

**Que faire lorsque une introduction électrique semble sous-dimensionnée pour accueillir l'installation photovoltaïque ?**

- Renforcement de la ligne (i.e. augmentation de la section de l'introduction)
- Sous-dimensionner l'onduleur et/ou le brider
- Peak-shaving grâce aux batteries de stockage

➔ Tout dépend du profil consommateur/producteur !

# (IN)CAPACITÉ D'INJECTION AU RÉSEAU

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

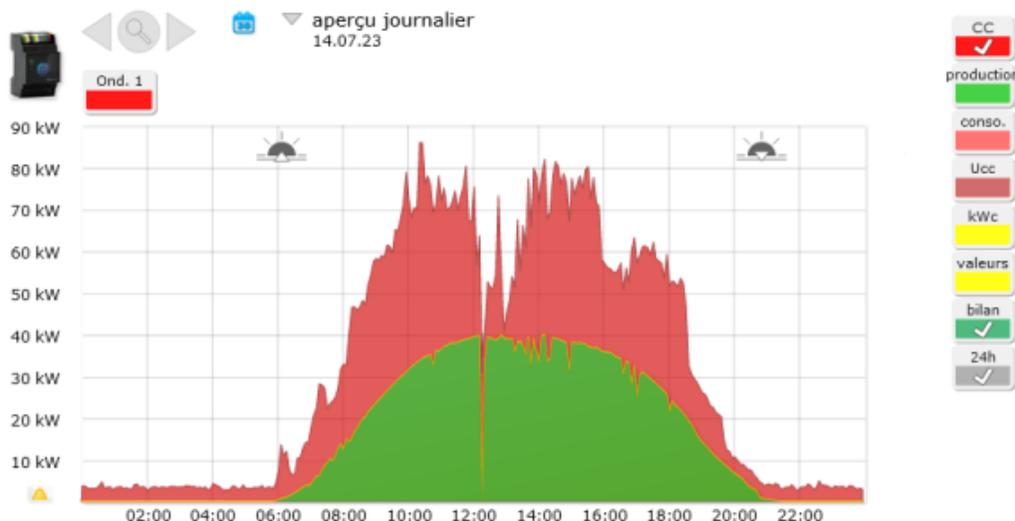
## Exemple 1 :

Puissance PV de 60kVA (onduleur)

Limitation à 50kVA du refoulement sur le réseau à cause du risque de **surtension**

Deux options:

- Renforcement de la ligne de desserte : coûts supplémentaires 8.5kCHF
- Ecrêtage de l'onduleur : pas de coûts supplémentaires mais une «perte» de production limitée à 100.- par an grâce au profil du consommateur



SEIC

# (IN)CAPACITÉ D'INJECTION AU RÉSEAU

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

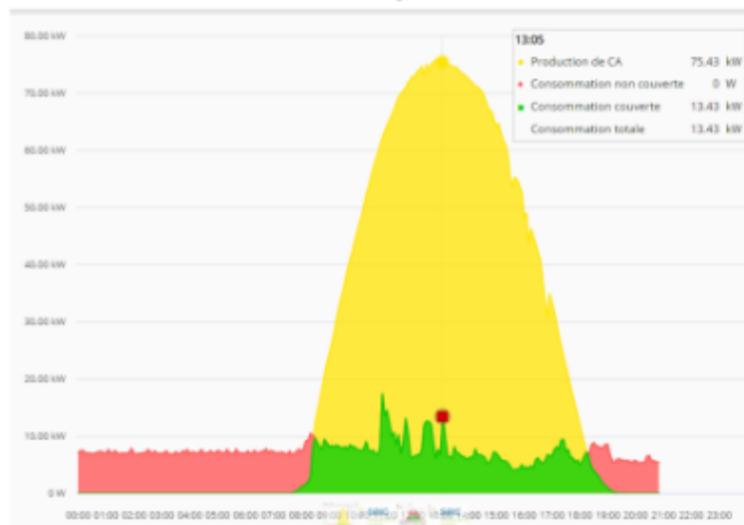
## Exemple 2 :

Puissance PV de 110kVA

Limitation à 60kVA du refoulement sur le réseau à cause du risque de **surcharge**

Deux options:

- Renforcement de la ligne de desserte : coûts supplémentaires 11kchf
- Ecrêtage de l'onduleur : pas de coûts supplémentaires mais une «perte» de production estimée à 5kchf par an



SEIC

# LE SOLAIRE EN SÉCURITÉ

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Concept sécurité en toiture

- Lors de la maintenance : à partir d'une hauteur de chute de 3 mètres, mesures de protection contre les chutes prescrites
- Toit plat : ligne de vie et points d'ancrage,  
Toit en pente : points d'ancrage
- Les plans d'implantation doivent tenir en compte de l'emplacement de la ligne de vie
- Voir documentation de la SUVA pour sécurité en toiture
  - [Planifier les dispositifs d'ancrage sur les toits – Informations spécialisées \(suva.ch\)](#)

# LE SOLAIRE EN SÉCURITÉ

Idéation

Planification

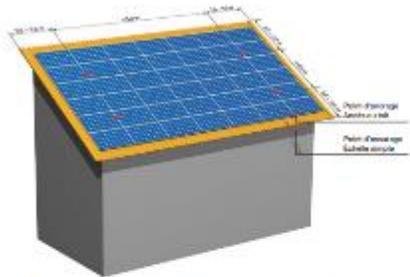
Achat

Construction

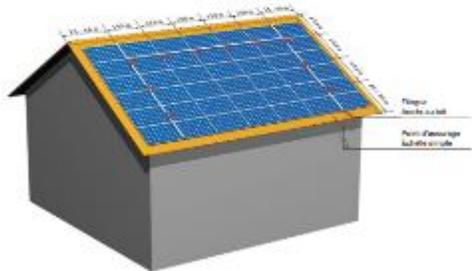
Exploitation

## Concept sécurité en toiture

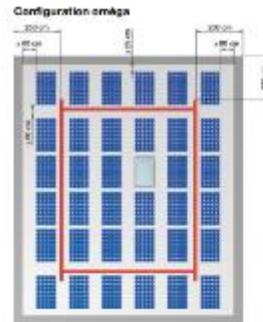
- La ligne de vie doit se situer idéalement à 2.5m des bordures du toit
- Si une ligne de vie n'est pas envisageable, points d'ancrages possibles
- Il existe des systèmes de ligne de vie /points d'ancrage intégrés aux supports des panneaux photovoltaïques



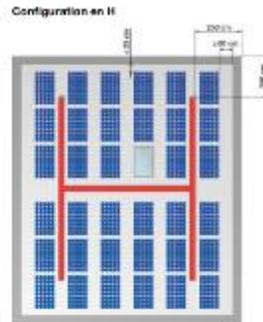
T7 Pas de ligne de vie possible car les points d'ancrage ne sont pas situés dans le plan des panneaux solaires posés (ex. sur un toit à ciel ouvert)



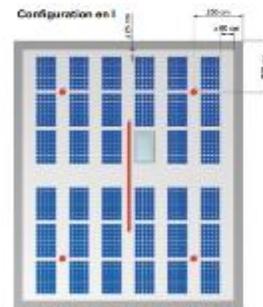
T8 Sécurité de passage: les points d'ancrage sont situés à l'extérieur des panneaux solaires, ce qui permet de passer au-dessus de la projection d'ombrelle; convient pour des inclinaisons de toit jusqu'à 40°



6 Exemples de configuration oméga



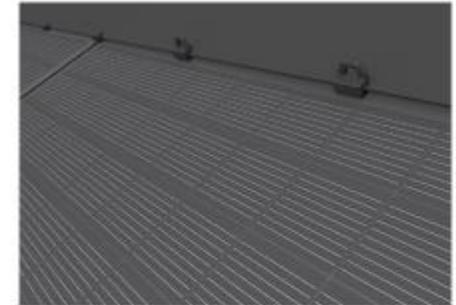
6 Exemples de configuration en H



13 Exemples de configuration en I lorsque la configuration oméga ou la configuration en H ne sont pas réalisables

Des lignes de vie (p. ex. configuration oméga) doivent si possible être montées sur tout le pourtour. Pour ces systèmes, la longueur de corde peut être choisie de manière à être toujours utilisée comme système de retenue. Il n'est pas nécessaire de rattracher continuellement le mouqueton, comme dans le cas de la configuration en I avec points d'ancrage individuels.

**Sécurité des accès et des passages**  
Les passages existants sur les toits plats ne doivent pas être bloqués ni rétrécis par des installations solaires. Ils doivent être adaptés si besoin. La sécurité des passages vers les installations techniques existantes doit également être garantie après la mise en place des installations solaires.



Option : Dispositifs d'ancrage pour la sécurité des personnes

Megasol



K2 Systems

SUVA

# UNE BONNE PLANIFICATION

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Procédure d'annonce communale

- Avant de commencer les travaux
- **Simplifié**
  - Bâtiment non classé I ou II
  - Installation suffisamment adaptée au toit (ne dépasse pas, n'éblouie pas, forme un ensemble groupé)
  - Fournir plan de situation, plan du bâtiment avec dessins de la surface ou plans côtés, fiche technique du matériel prévu
- **Sinon, permis de construire**

# BIEN ACHETER

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

- Choisir des **entreprises spécialisées** (i.e. pro du solaire)
- Demander des **offres complètes et détaillées**, précisant clairement les prestations incluses y compris les tâches administratives éventuelles.
- Demander d'explicitier clairement quelles **prestations sont à prévoir en complément**.
- Vérifier / spécifier l'utilisation de **produits conformes aux normes SN EN** pour les composants utilisés (modules, onduleurs, câbles, connecteurs, batteries, etc.).
- S'assurer que la **mise en service**, les mesures de réception et la documentation sont réalisées en conformité avec la norme SN-EN 62446, la NIBT et l'OIBT avec la mise à disposition d'une documentation complète .

# BIEN ACHETER

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

- Choisir du **matériel performant**
  - Durée de vie moyenne d'un onduleur → **15 ans**
  - Durée de vie moyenne des modules → **30-40 ans**
    - Garantie fabricant de 25-30 ans
  - Qualité (résistance aux intempéries, grêle (RGx), vent, etc.)
  - Fonctionnalités (monitoring, pilotage des équipements, etc.)
- Choisir une **garantie du matériel prolongée**
  - Garantie onduleur de 5-10 ans, possibilités d'extension
  - Garantie module de 25-30 ans
- Sécurité en toiture incluse dans l'offre (ligne de vie, points d'ancrages)

# UNE CONSTRUCTION SURE

Idéation

Planification

Achat

Construction

Exploitation

## Pour que tout se passe bien lors de la construction...

- Suivre les recommandations de la SUVA en matière de sécurité sur les toitures
  - protection collective lorsque travaux >2 jours-hommes
  - [Le solaire en toute sécurité: monter et entretenir les installations \(suva.ch\)](https://www.suva.ch)
- Suivre les recommandations de l'état de la technique relatif au Guide de protection incendie AEAI « Capteurs et panneaux solaires ».



3 Le garde-corps périphérique installé sur le faite empêche les chutes sur le côté du toit non concerné par les travaux.



Papier sur l'état de la technique

Relatif au Guide de protection incendie AEAI Capteurs et panneaux solaires



# JOURNÉE DU SOLAIRE

Idéation

Planification

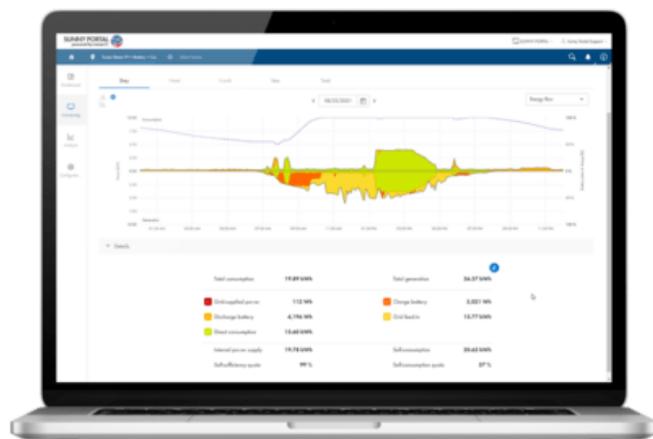
Achat

Construction

Exploitation

## Monitoring

- Solution logicielle propre aux fabricants d'onduleurs ou solution indépendante type SolarLog
  - État de fonctionnement des appareils (panneaux, optimiseurs, onduleurs, batteries de stockage, etc.)
  - Relevés de la production énergétique instantanée
  - Calcul automatique de la performance de l'installation
  - Bilan annuel de production



SMA Sunny Portal



# Prêt à agir ?

## Contactez-nous !



[geoffrey.quintasneves@bg-21.com](mailto:geoffrey.quintasneves@bg-21.com)

ou [lausanne@bg-21.com](mailto:lausanne@bg-21.com)



+41 21 58 424 15 55



<https://www.bg-21.com/>

