

KOVEA



Livre blanc

POURQUOI UN PROFESSIONNEL DEVRAIT-IL S'ÉQUIPER EN PHOTOVOLTAÏQUE ?

édition 2025

KOVEA

contact@kovea.fr



MENTIONS LÉGALES ET COPYRIGHT

Ce livre blanc a pour objectif de vulgariser le photovoltaïque afin de permettre au lecteur de comprendre les opportunités qu'il offre, tant sur le plan financier qu'écologique, et de se forger une opinion éclairée sur le sujet.

Toute reproduction, représentation, adaptation ou diffusion, totale ou partielle, de ce document, par quelque moyen que ce soit, sans l'autorisation écrite préalable de la société KOVEA, est strictement interdite et expose le contrevenant à des poursuites judiciaires.

Ce guide est une œuvre originale protégée par le droit d'auteur.

SOMMAIRE

-
- 1 Introduction**
 - 2 Le Photovoltaïque : Une Opportunité Stratégique**
 - 3 Les Avantages Financiers et Économiques**
 - 4 Aspects Techniques et Technologiques**
 - 5 Réglementations et Obligations Légales**
 - 6 Études de Cas**
 - 7 Impact Environnemental et Responsabilité Sociétale**
 - 8 L'Autoconsommation Collective**
 - 9 Étapes Clés pour l'Installation**
 - 10 Gestion, Maintenance et Suivi**
 - 11 Préparer l'Avenir**
 - 12 Conclusion et Recommandations**
-



1.1

Chapitre 1 : Introduction



1.1 Contexte Énergétique et Enjeux

La transition énergétique est devenue un **enjeu majeur** pour les entreprises du monde entier. L'augmentation des prix de l'électricité, la nécessité de **réduire les émissions de CO₂** et l'évolution des réglementations poussent les professionnels à revoir leur approche énergétique. Dans ce contexte, le **photovoltaïque** apparaît comme une **solution efficace, durable et rentable**.

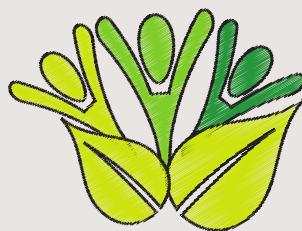
1.2 Pourquoi le Photovoltaïque est une Solution d'Avenir ?

Le photovoltaïque permet aux entreprises de :

- Réduire leurs coûts énergétiques
- Sécuriser leur approvisionnement en électricité
- Valoriser leur patrimoine immobilier
- Améliorer leur image en matière de RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises).

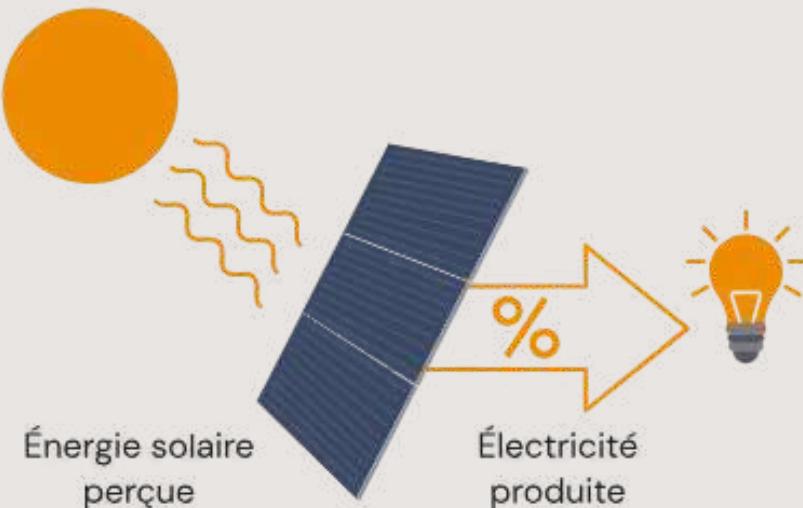


1.3



1.3 Objectifs de ce Livre Blanc

Ce livre blanc vise à fournir aux professionnels toutes les informations nécessaires pour comprendre l'intérêt du photovoltaïque, ses avantages, ses implications économiques et les étapes de mise en œuvre d'un projet.



L'ESSENTIEL À RETENIR

Les avantages à installer des panneaux solaires

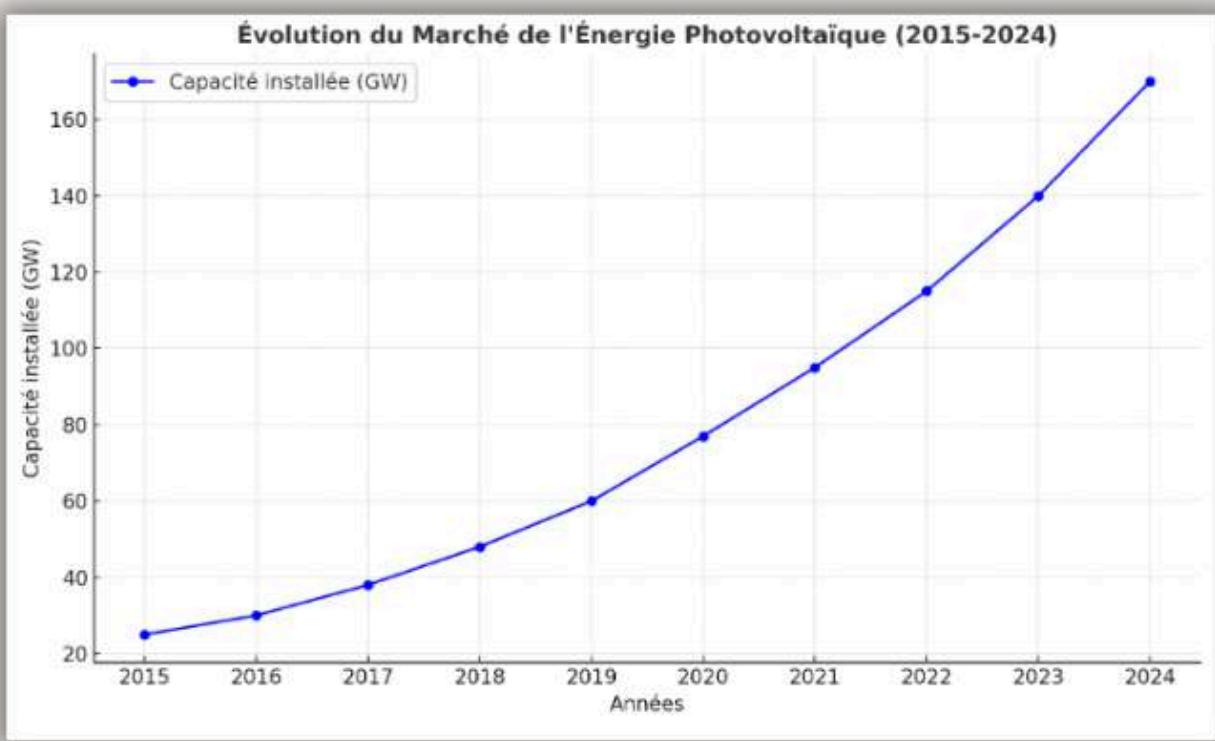
- Des économies durables grâce à une énergie gratuite
- Un logement mieux valorisé car plus performant
- Une électricité 100 % verte et locale à consommer



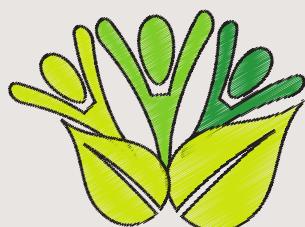
2.1

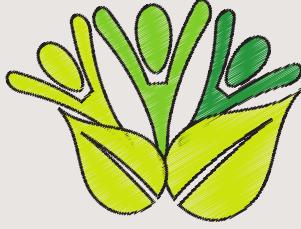
Chapitre 2 : Le Photovoltaïque - Une Opportunité Stratégique pour les Entreprises

2.1 Évolution du Marché de l'Énergie



Voici un graphique représentant l'évolution du marché de l'énergie photovoltaïque entre 2015 et 2024, mesurée en gigawatts (GW) de capacité installée. Les données illustrent une croissance constante et rapide, reflétant l'adoption croissante de cette technologie à l'échelle mondiale.





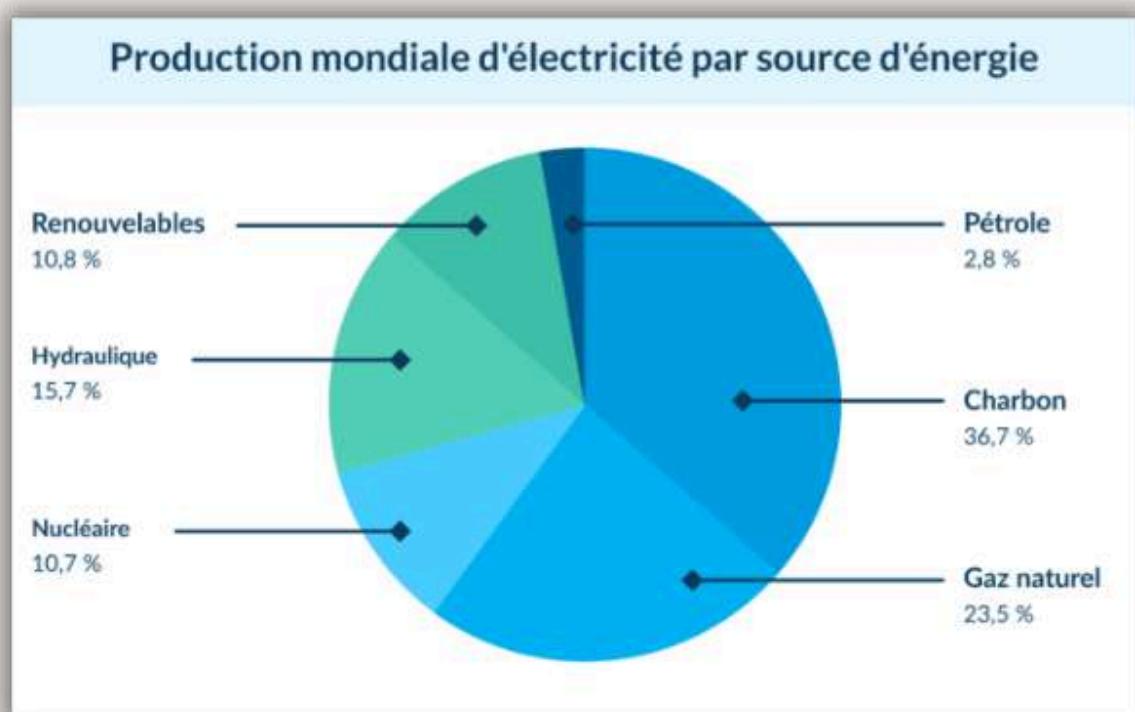
2.1.1 Hausse des Prix de l'Électricité

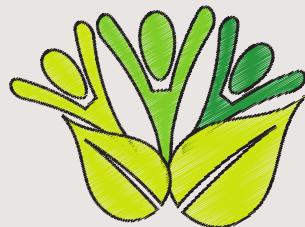
Depuis plusieurs années, les coûts de l'électricité augmentent de façon constante en raison de divers facteurs :

La raréfaction des ressources fossiles et l'augmentation de la demande mondiale.

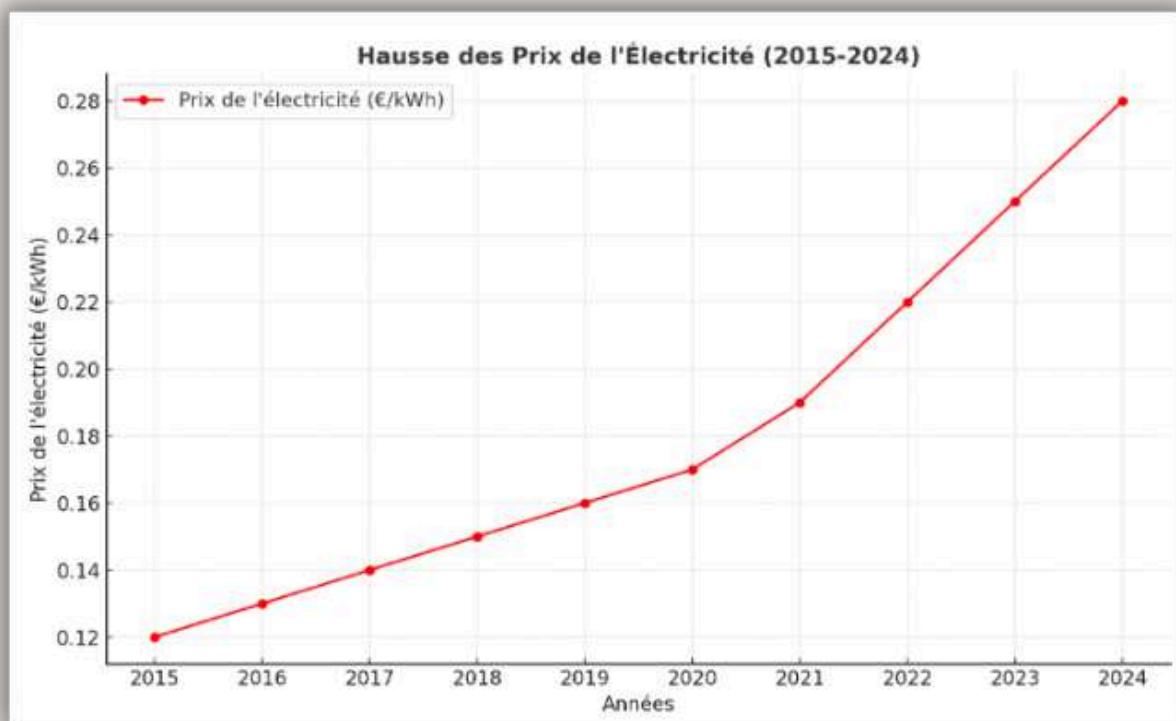
L'instabilité géopolitique qui influence le prix des matières premières.

L'évolution des taxes et des obligations environnementales imposées aux producteurs d'énergie.





Face à ces incertitudes, les entreprises doivent anticiper leurs dépenses énergétiques et trouver des alternatives pour réduire leur dépendance aux fournisseurs d'électricité traditionnels.



Voici un graphique représentant la hausse des prix de l'électricité entre 2015 et 2024, exprimés en euros par kilowattheure (€/kWh). Les données montrent une augmentation progressive, soulignant les défis liés aux coûts énergétiques croissants.



2.2

2.2 Le Rôle des Entreprises dans la Transition Énergétique

1

Réduire son Empreinte Carbone

De nombreuses entreprises prennent des engagements en matière de développement durable et s'engagent dans la transition énergétique. Installer des panneaux solaires sur leurs bâtiments ou parkings permet :

- ✓ De réduire directement leur consommation d'électricité issue des énergies fossiles.
- ✓ De diminuer leur empreinte carbone en produisant une énergie verte.
- ✓ De renforcer leur image de marque en tant qu'entreprise responsable.

3

Valorisation du Patrimoine Immobilier

Une toiture inutilisée ou un parking peuvent devenir un atout économique grâce aux panneaux solaires. Cette transformation apporte :

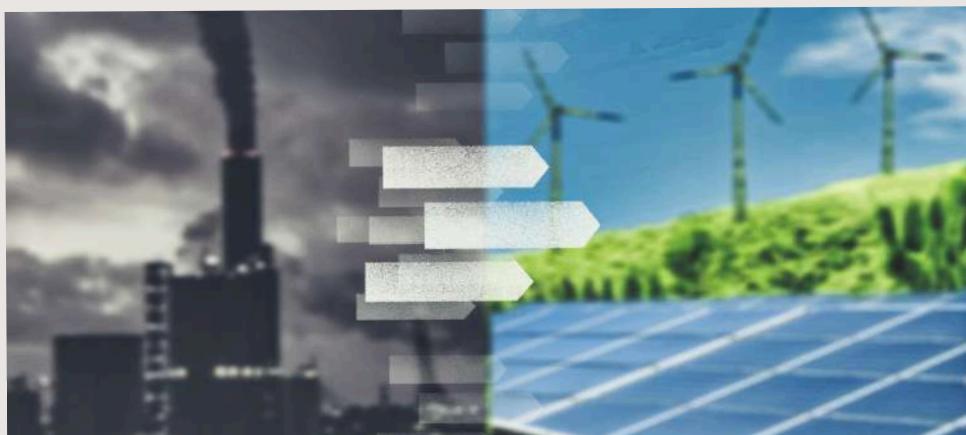
- ✓ Une meilleure rentabilité des infrastructures existantes.
- ✓ Une plus-value pour l'entreprise en cas de revente des bâtiments.
- ✓ Une optimisation de l'espace sans empiéter sur d'autres activités.

2

Sécuriser Son Approvisionnement en Énergie

Le photovoltaïque permet aux entreprises d'être moins dépendantes des fluctuations du marché de l'électricité. En produisant leur propre énergie, elles se préparent contre :

- ▲ Les hausses des tarifs réglementés.
- ▲ Les coupures et interruptions de service en période de forte consommation.
- ▲ Les tensions sur le réseau électrique national.



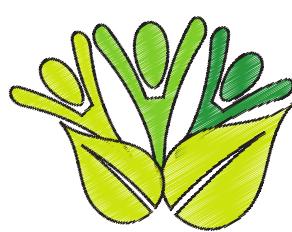
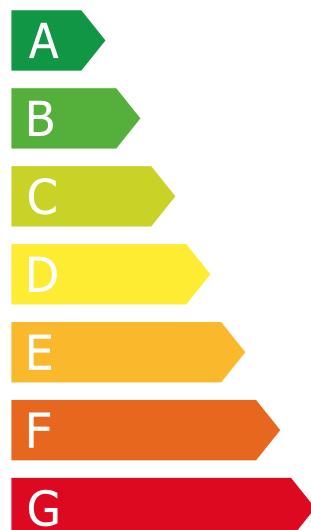
2.3

2.3 L'Autoconsommation : Une Nouvelle Norme pour les Professionnels

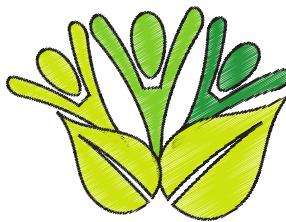
2.3.1 Définition de l'Autoconsommation

L'autoconsommation consiste à **produire** et **consommer** directement **l'électricité** générée par une **installation photovoltaïque** plutôt que de la revendre au réseau. Elle permet :

- De maximiser les économies d'énergie.
- De réduire les coûts liés à l'achat d'électricité sur le réseau.
- De stabiliser ses charges énergétiques sur le long terme.



2.3



2.3.2 Autoconsommation Individuelle vs. Collective

Il existe deux modèles principaux d'autoconsommation :

📌 **Autoconsommation individuelle** : une entreprise installe des panneaux photovoltaïques sur son site et consomme directement l'électricité produite.

📌 **Autoconsommation collective** : plusieurs entreprises situées à proximité partagent l'électricité générée par une ou plusieurs installations solaires.

L'autoconsommation collective, encouragée par la réglementation, offre **une nouvelle manière de mutualiser les investissements et d'optimiser la rentabilité des installations solaires**.



3.1

Chapitre 3 : Les Avantages Financiers et Économiques

3.1 Réduction des Coûts Énergétiques

L'un des principaux atouts du photovoltaïque pour les entreprises est la réduction des dépenses énergétiques. En produisant leur propre électricité, les professionnels peuvent :



Diminuer leur facture d'électricité de manière significative.



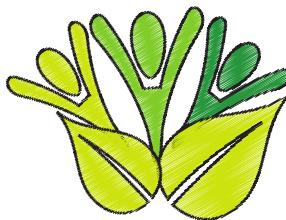
Se protéger contre l'augmentation des prix de l'énergie en sécurisant leur approvisionnement



Optimiser leur consommation en couplant leur production solaire avec une gestion intelligente de l'énergie.



3.1



3.1.1 Un Impact Direct sur la Facture Électrique

Une entreprise qui installe une centrale photovoltaïque en autoconsommation peut réduire ses coûts énergétiques de **20% à 70%** selon la taille et la consommation du site.

Exemple : Une PME consommant 100 000 kWh par an et payant 0,20 €/kWh économiserait jusqu'à **14 000 € par an** avec une installation bien dimensionnée.

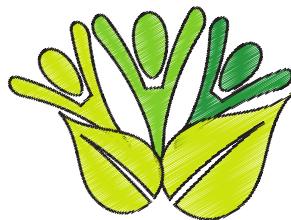
3.1.2 Un Coût de Production Inférieur au Tarif Réseau

Le coût moyen de production de l'électricité solaire est aujourd'hui compris **entre 5 et 10 centimes d'euro par kWh**, alors que le tarif de l'électricité pour les professionnels avoisine **15 à 25 centimes d'euro par kWh**.

Cela signifie qu'une entreprise peut produire son énergie **jusqu'à 80% moins cher** que le prix de l'électricité acheté au réseau !

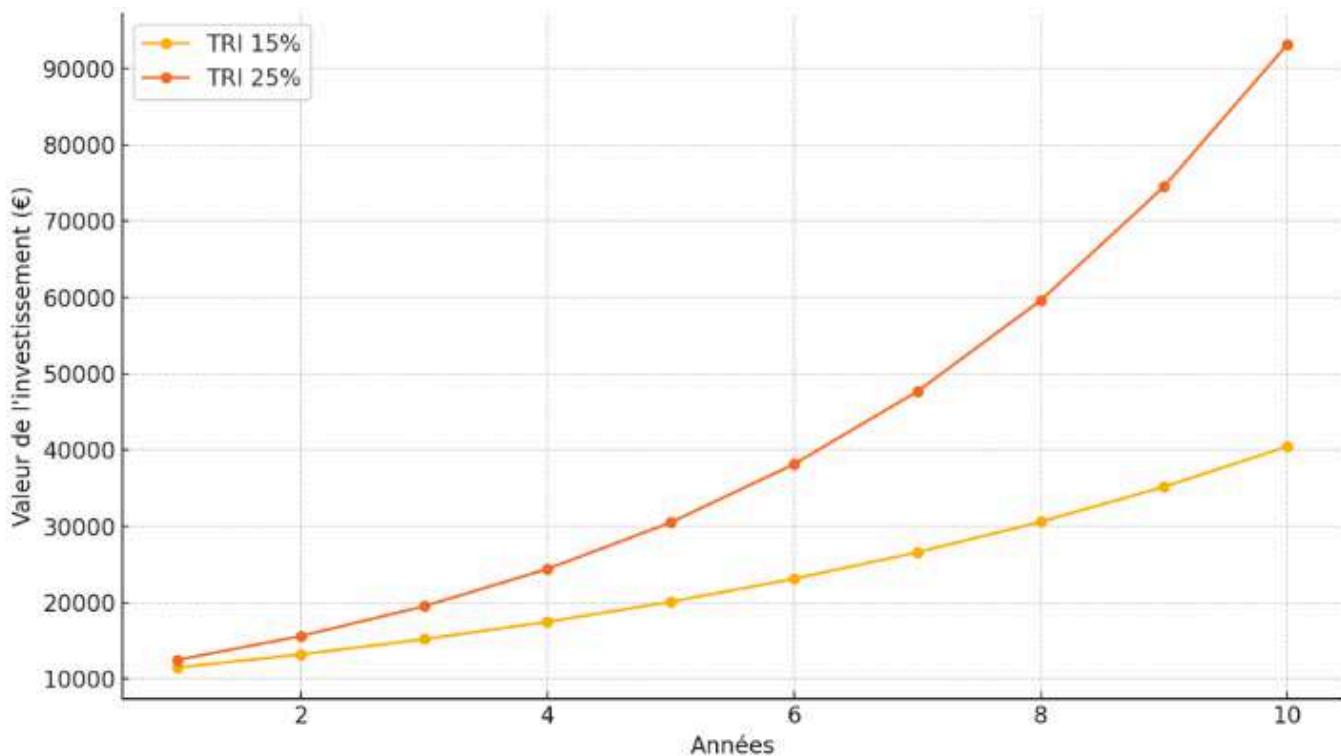


3.3



3.3 Rentabilité et TRI

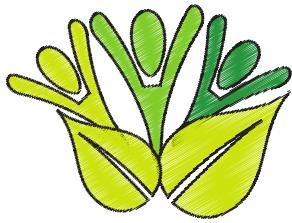
Un projet photovoltaïque bien conçu présente un **TRI moyen de 15 à 25 % annuel..**



Voici un graphique montrant l'évolution d'un investissement avec un **TRI moyen de 15 % à 25 % annuel.**



3.3



3.3.1 Facteurs Influant sur la Rentabilité



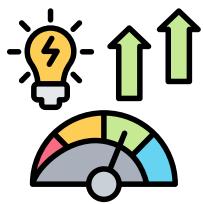
**Le coût de l'installation
(capex)**



**Le niveau
d'ensoleillement du site**



**Les économies
réalisées sur l'achat
d'électricité**



Le taux d'autoconsommation

(plus il est élevé, plus la rentabilité est forte)



**Une sensibilisation
réussie**



3.3



3.3.2 Exemple de Calcul de Rentabilité

Prenons une entreprise qui installe une centrale photovoltaïque de **100 kWc** avec un coût total de **90 000 €** :

Production annuelle : 110 000 kWh

Autoconsommation : 80%

Économie réalisée : 17 600 €/an (tarif moyen de 0,20 €/kWh)

ROI estimé : 5,1 ans

Après l'amortissement, l'entreprise bénéficie d'une électricité **quasi-gratuite** pour les 15 à 20 ans suivants, ce qui **augmente fortement la rentabilité du projet**.



3.4

Subventions et Incitations Fiscales



Les pouvoirs publics encouragent les entreprises à adopter le photovoltaïque **via plusieurs dispositifs d'aides financières.**

3.4.1 Les Aides à l'Investissement

Les subventions régionales et locales

Certaines collectivités proposent des aides aux entreprises pour financer une partie de l'installation photovoltaïque.

Les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)

Ces certificats permettent de bénéficier d'un financement pour les projets d'efficacité énergétique, y compris le photovoltaïque.

La TVA Réduite pour Certaines Installations

Pour les installations de puissance inférieure à 3 kWc, une TVA réduite à 10% peut s'appliquer au lieu de 20%.



3.5

Revente du Surplus et Compléments de Revenus

Lorsqu'une entreprise produit plus d'électricité qu'elle n'en consomme, elle peut revendre ce surplus à un fournisseur d'énergie (EDF OA ou autres opérateurs).

3.5.1 Vente Totale vs. Vente du Surplus

Vente en surplus

L'électricité non consommée est injectée sur le réseau et rachetée par un fournisseur.

Vente totale

L'entreprise vend toute son électricité au réseau, sans autoconsommation. Ce modèle est moins attractif aujourd'hui en raison de la baisse des tarifs d'achat.

3.5.2 Exemple de Gains Potentiels

Une entreprise avec 100 kWc d'installé et 30% de surplus peut générer :

33 000 kWh injectés/an

Revenus : 3 300 €/an (à 0,10 €/kWh)

Cela représente une source de revenus supplémentaires qui améliore encore le retour sur investissement.

3.6

Opportunité de Financement et Modèles de Location

Les entreprises qui ne souhaitent pas investir directement peuvent opter pour des solutions sans apport initial comme :

Le financement par leasing ou crédit-bail

Le tiers-investissement : un investisseur finance l'installation en échange d'une redevance.

Ces solutions permettent d'accéder aux bénéfices du photovoltaïque **sans immobiliser de capital**.

Conclusion

Le photovoltaïque est un levier financier puissant pour les entreprises. Il permet :

- Une réduction des coûts d'électricité **jusqu'à 70%**.
- Un **ROI rapide** entre 5 et 10 ans.
- Une **sécurisation des prix de l'énergie** sur le long terme.
- Des **aides et subventions** facilitant l'investissement.
- Une **source de revenus additionnels** via la revente de surplus.

4.1

Chapitre 4 : Aspects Techniques et Technologiques



4.1 Fonctionnement d'un Système Photovoltaïque

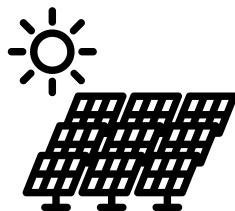
Un système photovoltaïque transforme l'énergie solaire en électricité grâce à des **cellules photovoltaïques** qui captent la lumière du soleil et produisent du courant continu. Ce courant est ensuite converti en courant alternatif par un **onduleur** pour être utilisé par les équipements électriques de l'entreprise.



4.1



4.1.1 Les Composants Clés d'une Installation



Panneaux photovoltaïques : captent l'énergie solaire et la convertissent en électricité.

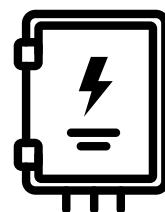
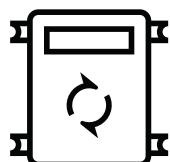


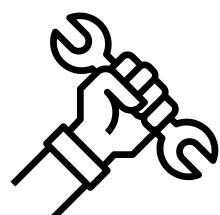
Tableau électrique et protections : assurent la sécurité et la distribution de l'électricité dans le bâtiment.



Onduleur : transforme le courant continu des panneaux en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.



Batteries (optionnel) : stockent l'électricité pour une utilisation différée.



Système de fixation : structure permettant l'installation des panneaux sur un toit, un parking ou au sol.



Système de monitoring : permet de suivre la production et la consommation en temps réel.

4.2

Les Différentes Technologies de Panneaux Solaires

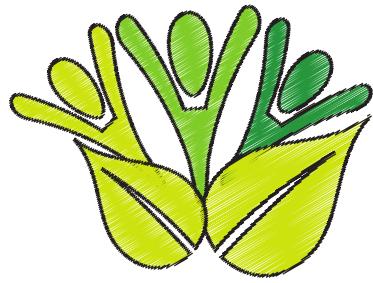
Il existe plusieurs types de panneaux solaires adaptés aux besoins des entreprises.

4.2.1 Panneaux Monocristallins

- Haut rendement (18-22%)
- Idéaux pour les espaces limités
- Plus chers, mais durabilité supérieure



4.2



4.2.2 Panneaux Polycristallins

- Rendement intermédiaire (15-18%)
- Moins chers que les monocristallins
- Performants dans les régions à forte luminosité



4.2

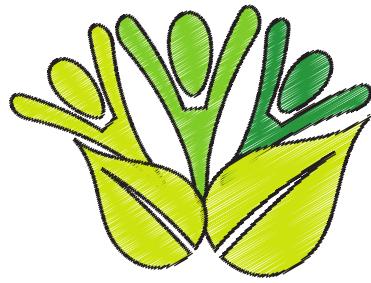


4.2.3 Panneaux à Hétérojonction et PERC

- Technologie avancée avec un rendement jusqu'à 25%
- Meilleure production en faible luminosité
- Coût plus élevé, mais rentabilité accrue



4.2



4.2.4 Panneaux à Bifaciaux

- Produisent de l'électricité sur les deux faces
- Idéals pour installations sur structures transparentes (ombrières, serres, etc.)
- Production supérieure jusqu'à 30% par rapport aux panneaux classiques



4.3

Modes d'Installation : Toiture, Ombrières et Au Sol

L'implantation des panneaux photovoltaïques dépend de la surface disponible et des objectifs de l'entreprise.

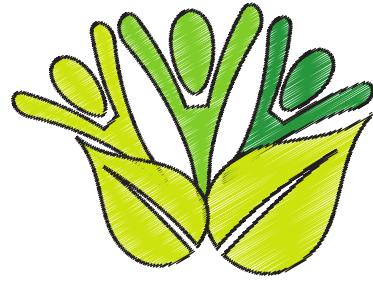
4.3.1 Sur Toiture



- 📌 Solution la plus courante pour les bâtiments industriels, entrepôts et bureaux.
- 📌 Ne nécessite pas d'espace au sol.
- 📌 Peut être en intégration (remplaçant la toiture) ou en surimposition.



4.3



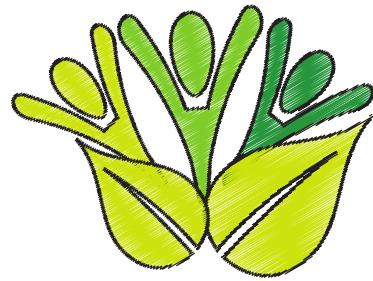
4.3.2 Ombrières Photovoltaïques (Parking Solaire)



- 📌 Idéales pour valoriser les parkings des entreprises et centres commerciaux.
- 📌 Fournissent de l'ombre aux véhicules et génèrent de l'électricité.
- 📌 Peuvent être intégrées à un modèle d'autoconsommation collective.



4.3



4.3.3 Au Sol



- 📌 Convient aux grandes surfaces inutilisées ou terrains agricoles.
- 📌 Nécessite des autorisations spécifiques (permis de construire, études d'impact).
- 📌 Potentiel de production maximal, mais coût d'installation plus élevé.



4.4

Intégration aux Infrastructures des Entreprises

L'installation de panneaux solaires doit être pensée pour maximiser la production et optimiser l'autoconsommation.

4.4.1 Adaptation aux Bâtiments Existantes

- Vérification de la capacité structurelle du toit.
- Orientation et inclinaison optimales (idéalement plein sud avec une inclinaison de 30°).
- Compatibilité avec l'installation électrique existante.

4.4.2 Couplage avec des Solutions Intelligentes

-  **Monitoring énergétique** : suivi en temps réel de la production et consommation.
-  **Systèmes de stockage** : batteries pour maximiser l'autoconsommation.
-  **Bornes de recharge pour véhicules électriques** : utilisation directe de l'énergie solaire.



4.5

Durée de Vie, Maintenance et Performance des Systèmes

4.5.1 Durée de Vie des Panneaux

Garantie de performance : généralement **25 à 30 ans** avec une baisse de rendement limitée à 10-20%.

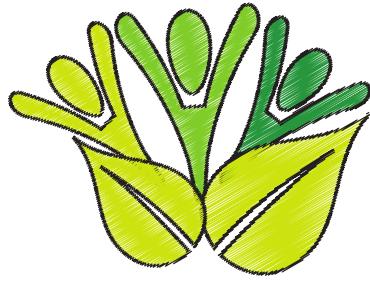
Garantie produit : entre **15 et 30 ans** selon les fabricants.

4.5.2 Entretien et Maintenance

- ✓ Peu d'entretien nécessaire, nettoyage des panneaux 1 à 2 fois par an.
- ✓ Vérification des connexions électriques et des onduleurs.
- ✓ Maintenance préventive pour maximiser la performance et détecter les anomalies.



4.5



4.5.3 Rendement et Optimisation

- 📌 L'efficacité d'un système dépend de l'ensoleillement, de l'angle d'installation et de l'absence d'ombres.
- 📌 Des optimiseurs de puissance peuvent être ajoutés pour améliorer la production sur des installations avec ombrage partiel.

Conclusion

Les technologies photovoltaïques ont fortement évolué, permettant aux entreprises de bénéficier d'une production d'électricité fiable, performante et économique.

- ✓ Plusieurs types de panneaux adaptés aux besoins professionnels.
- ✓ Différentes méthodes d'installation (toiture, ombrières, sol).
- ✓ Faible maintenance et durée de vie supérieure à 25 ans.
- ✓ Intégration avec des systèmes intelligents pour maximiser la rentabilité.

5.1

Chapitre 5 : Réglementations et Obligations Légales

5.1 Cadre Réglementaire du Photovoltaïque pour les Entreprises

Le développement du photovoltaïque en France est encadré par plusieurs réglementations qui garantissent la sécurité, la conformité et la qualité des installations.

Code de l'urbanisme : déclaration préalable ou permis de construire selon la taille du projet.

Code de l'énergie : encadre l'injection d'électricité sur le réseau et l'autoconsommation.

Réglementation thermique (RE2020) : impose l'utilisation d'énergies renouvelables dans les bâtiments neufs.

Normes électriques (NF C15-100 et NF C14-100) : régissent l'installation et le raccordement des panneaux solaires.



5.2

Normes et Certifications Obligatoires

5.2.1 Normes Techniques des Équipements

Les panneaux et composants doivent être conformes aux normes européennes et françaises :

- Norme IEC 61215 : garantie de performance des modules photovoltaïques.
- Norme IEC 61730 : exigences de sécurité des panneaux.
- Norme NF EN 62109 : normes de sécurité pour les onduleurs.

5.2.2 Certifications des Installateurs

Il est recommandé de faire appel à des professionnels certifiés pour garantir une installation de qualité.

-  **Certification RGE (Reconnu Garant de l'Environnement)** : indispensable pour bénéficier des aides financières.
-  **Qualification QualiPV** : atteste du savoir-faire des installateurs photovoltaïques.

5.3

Obligations pour les Bâtiments Tertiaires et Industriels

Certaines catégories de bâtiments sont soumises à des obligations d'intégration du photovoltaïque.

5.3.1 Obligation pour les Nouvelles Constructions (RE2020)

- ◆ Les bâtiments tertiaires et industriels de plus de **1 000 m²** doivent intégrer une solution d'énergie renouvelable, dont le photovoltaïque est une option privilégiée.
- ◆ Objectif : réduire les émissions de CO₂ et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments

5.3.2 Obligation d'Équipement pour les Parkings et Entrepôts

- 📌 Depuis 2023, la loi impose **aux parkings de plus de 1 500 m²** de couvrir au moins **50% de leur surface** avec des ombrières photovoltaïques.
- 📌 Les entrepôts et grandes surfaces doivent intégrer une **production photovoltaïque** pour respecter les objectifs de neutralité carbone.

5.4

Procédures Administratives pour Installer du Photovoltaïque

5.4.1 Déclaration ou Permis de Construire ?

📌 **Déclaration préalable de travaux** : nécessaire pour les installations de moins de **250 kWc** sur toiture.

📌 **Permis de construire** : obligatoire pour les grandes installations au sol ou les ombrières de parking. (depuis le décret du 13 novembre 2024, une simple DP suffit)

5.4.2 Raccordement au Réseau Électrique

Si l'entreprise souhaite revendre son surplus, elle doit effectuer une demande de raccordement auprès du gestionnaire de réseau (Enedis).

✓ **Délai moyen** : 3 à 6 mois selon la complexité du projet.

✓ **Contrat d'achat (EDF OA)** : garantit un tarif de rachat fixé sur 20 ans.

5.5

Dispositifs de Soutien Gouvernementaux

Le gouvernement propose plusieurs mécanismes pour encourager l'investissement dans le photovoltaïque.

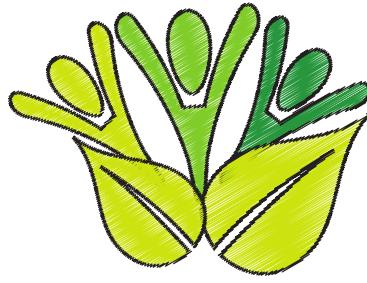
5.5.1 Tarifs de Rachat de l'Électricité Produite

- 📌 **EDF OA (Obligation d'Achat)** permet aux entreprises de vendre leur surplus à un tarif garanti.
- 📌 **Tarifs actuels** (1er trimestre 2025) : environ **10 c€/kWh** pour les installations $\leq 500 \text{ kWc}$.

5.5.2 Exonération de Taxes sur l'Électricité Produite

- ◆ Les entreprises en autoconsommation sont exonérées de **CSPE (Contribution au Service Public de l'Électricité)** sous certaines conditions.
- ◆ Réduction de la **TICFE (Taxe Intérieure sur la Consommation Finale d'Électricité)**.

5.5



5.5.3 Subventions et Aides Régionales

- 📌 Certaines collectivités proposent des **aides financières** pour l'installation de panneaux solaires.
- 📌 Il existe **une prime** à l'investissement selon la puissance de la centrale jusqu'à 99,9 KWC

Conclusion

- ✓ **Des obligations légales croissantes** pour les grandes surfaces et bâtiments tertiaires.
- ✓ **Des procédures administratives simples**, mais nécessitant une déclaration ou un permis selon le projet.
- ✓ **Des aides financières et tarifs d'achat garantis** pour rentabiliser rapidement l'investissement.
- ✓ **Un cadre réglementaire stable**, incitant fortement les entreprises à investir dans le photovoltaïque.

6.1

Chapitre 6 : Études de Cas - Entreprises Ayant Adopté le Photovoltaïque

6.1 Introduction : Pourquoi Étudier des Cas Concrets ?

Analyser des projets photovoltaïques réussis permet de comprendre les bénéfices réels, les défis rencontrés et les bonnes pratiques pour optimiser l'installation.

Ce chapitre présente plusieurs cas d'entreprises de secteurs variés :

- PME industrielle**
- Grand groupe logistique**
- Centre commercial**
- Exploitation agricole**



6.2

Étude de Cas 1

6.2 : PME Industrielle - Réduction des Coûts

Énergétiques Contexte

- Entreprise : Usine de fabrication de pièces mécaniques
- Localisation : Lyon
- Consommation annuelle : 600 000 kWh
- Objectif : Réduire les factures d'électricité et stabiliser les coûts énergétiques

Solution Mise en Place

- ◆ Installation de 500 kWc de panneaux sur toiture
- ◆ Passage en autoconsommation avec revente du surplus
- ◆ Investissement initial : 450 000 €

Résultats

- ✓ 55% d'économie sur la facture d'électricité
- ✓ Revente de 30% de la production à EDF OA
- ✓ ROI atteint en 6 ans grâce aux économies et au rachat du surplus
- ✓ Image RSE renforcée auprès des clients et partenaires



6.3

Étude de Cas 2

6.3 : Grand Groupe Logistique - Rentabilité et Autoconsommation Collective

Contexte

- Entreprise : Plateforme logistique de 20 000 m²
- Localisation : Marseille
- Objectif : Maximiser l'autoconsommation collective

Solution Mise en Place

- ◆ Installation de 1,5 MWc sur toiture
- ◆ Création d'un contrat d'autoconsommation collective avec les entreprises voisines
- ◆ Investissement total : 1,2 M€

Résultats

- ✓ Économie annuelle de 200 000 € sur l'électricité
- ✓ Partage de l'énergie avec 5 entreprises locales
- ✓ Accès aux aides régionales pour l'autoconsommation collective
- ✓ Valorisation du patrimoine immobilier



6.4

Étude de Cas 3

6.4 : Centre Commercial - Parking Photovoltaïque et Revente de Surplus

Contexte

- Entreprise : Centre commercial
- Localisation : Toulouse
- Objectif : Rentabiliser son parking et améliorer son bilan carbone

Solution Mise en Place

- ◆ Installation de 2 MWc en ombrières photovoltaïques sur le parking
- ◆ Revente totale de l'électricité produite à EDF OA
- ◆ Ajout de bornes de recharge pour véhicules électriques

Résultats

- ✓ Revenus annuels de 220 000 € grâce à la vente d'électricité
- ✓ Valorisation du parking et amélioration de l'expérience client
- ✓ Attractivité renforcée auprès des enseignes locataires



6.5

Étude de Cas 4

6.5 : Exploitation Agricole - Sécurisation des Revenus

Contexte

- Exploitation : Ferme céréalière
- Localisation : Normandie
- Objectif : Générer un revenu complémentaire et réduire la dépendance énergétique

Solution Mise en Place

- ◆ Installation de 500 kWc sur hangars agricoles
- ◆ Vente de l'électricité produite avec un contrat EDF OA sur 20 ans
- ◆ Financement en tiers-investissement

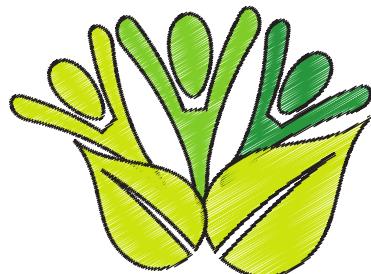
Résultats

- ✓ Revenu stable de 45 000 €/an grâce à la revente
- ✓ Aucune dépense initiale grâce au tiers-investissement
- ✓ Autonomie énergétique pour les bâtiments agricoles



6.6

Conclusion



Les entreprises ayant adopté le photovoltaïque bénéficient de :

- Réduction des coûts d'électricité et sécurisation des dépenses.
- Retour sur investissement rapide (5 à 10 ans).
- Possibilité de générer des revenus supplémentaires.
- Amélioration de l'image environnementale et RSE.



Chapitre 7 : L'Impact Environnemental et la Responsabilité Sociétale

7.1 Le Photovoltaïque : Une Solution Écologique et Durable

L'énergie solaire est l'une des sources d'électricité les plus propres et durables. Contrairement aux énergies fossiles, elle :

- Ne génère pas d'émissions de CO₂** lors de la production d'électricité.
- Utilise une ressource inépuisable : le soleil.**
- N'émet pas de polluants atmosphériques (particules fines, NOx, SOx).
- Ne produit aucun déchet toxique pendant son fonctionnement.

7.1.1 Réduction de l'Empreinte Carbone

Un panneau photovoltaïque produit jusqu'à 20 fois plus d'énergie qu'il n'en faut pour le fabriquer sur sa durée de vie (25 à 30 ans).

📌 Exemple concret : Une entreprise équipée de **100 kWc** évite l'émission d'environ **45 tonnes de CO₂** par an, soit l'équivalent de **200 000 km parcourus en voiture thermique**.

7.2

Contribution des Entreprises à la Transition Énergétique

Les entreprises jouent un rôle clé dans la transition énergétique en intégrant le photovoltaïque dans leur modèle économique

7.2.1 Réduction de la Dépendance aux Énergies Fossiles

En produisant leur propre électricité, les entreprises :

- Réduisent leur consommation de gaz et de charbon pour l'électricité.
- Participant à l'équilibre du réseau en limitant les pics de demande.
- Encouragent le développement d'une économie bas-carbone.

7.2.2 Développement des Énergies Renouvelables en France

L'essor du photovoltaïque en entreprise soutient :

-  La création d'emplois dans le secteur des énergies renouvelables.
-  L'innovation technologique et l'amélioration des rendements des panneaux.
-  L'indépendance énergétique du pays face aux fluctuations des prix de l'énergie.

7.2

Contribution des Entreprises à la Transition Énergétique

Les entreprises jouent un rôle clé dans la transition énergétique en intégrant le photovoltaïque dans leur modèle économique

7.2.1 Réduction de la Dépendance aux Énergies Fossiles

En produisant leur propre électricité, les entreprises :

- Réduisent leur consommation de gaz et de charbon pour l'électricité.
- Participant à l'équilibre du réseau en limitant les pics de demande.
- Encouragent le développement d'une économie bas-carbone.

7.2.2 Développement des Énergies Renouvelables en France

L'essor du photovoltaïque en entreprise soutient :

-  La création d'emplois dans le secteur des énergies renouvelables.
-  L'innovation technologique et l'amélioration des rendements des panneaux.
-  L'indépendance énergétique du pays face aux fluctuations des prix de l'énergie.

7.3

Amélioration de l'Image de Marque et Responsabilité Sociétale

7.3.1 Le Photovoltaïque comme Atout Stratégique en RSE

La Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) est devenue un critère essentiel dans le choix des partenaires commerciaux et des investissements.

La Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) est devenue un critère essentiel dans le choix des partenaires commerciaux et des investissements.

Les entreprises qui adoptent le solaire bénéficient de :

- Une meilleure image auprès des clients et partenaires.
- Un avantage compétitif en répondant aux attentes des consommateurs soucieux de l'environnement.
- Une attractivité renforcée pour les talents recherchant des employeurs engagés.

7.3.2 Intégration du Photovoltaïque dans les Rapports RSE

- 📌 Réduction des émissions de CO₂ mentionnée dans les bilans ESG (Environnement, Social, Gouvernance).
- 📌 Engagement dans les objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU.
- 📌 Obtention de labels environnementaux (ISO 14001, B Corp, etc.).

7.4

Économie Circulaire et Recyclage des Panneaux Solaires

7.4.1 Durée de Vie des Panneaux et Fin de Cycle

- ◆ Les panneaux solaires ont une durée de vie moyenne de 25 à 30 ans.
- ◆ À la fin de leur cycle, plus de 95% des matériaux sont recyclables.

7.4.2 Filières de Recyclage en France

- 📌 L'éco-organisme PV Cycle prend en charge le recyclage des panneaux photovoltaïques.
- 📌 Verre, silicium et aluminium sont réutilisés pour fabriquer de nouveaux panneaux.
- 📌 Réduction des déchets et économie circulaire renforcée.

Conclusion

Le photovoltaïque permet aux entreprises de :

- ✓ Réduire leur empreinte carbone et participer à la transition énergétique.
- ✓ Améliorer leur image RSE et attirer de nouveaux clients et investisseurs.
- ✓ S'intégrer dans une démarche d'économie circulaire avec le recyclage des panneaux.
- ✓ Soutenir le développement des énergies renouvelables en France.

8.1

Chapitre 8 : L'Autoconsommation Collective et le Partage d'Énergie

8.1 Introduction : Vers un Modèle Énergétique Décentralisé

L'autoconsommation collective est une alternative innovante au modèle classique d'achat d'électricité sur le réseau. Elle permet à plusieurs entreprises ou entités situées à proximité de **partager l'énergie solaire produite localement**.

- Optimisation de la consommation énergétique
- Réduction des coûts d'électricité pour plusieurs acteurs
- Meilleure valorisation de la production solaire locale

8.2

Qu'est-ce que l'Autoconsommation Collective ?

8.2 Qu'est-ce que l'Autoconsommation Collective ?

L'autoconsommation collective repose sur **un groupe de consommateurs** (entreprises, collectivités, particuliers) qui partagent l'électricité produite par une ou plusieurs installations photovoltaïques situées à proximité.

8.2.1 Différence avec l'Autoconsommation Individuelle

- 📌 **Autoconsommation individuelle** : une seule entreprise consomme l'électricité qu'elle produit.
- 📌 **Autoconsommation collective** : plusieurs entités mutualisent leur production et leur consommation via un système de répartition.

8.3

Les Avantages de l'Autoconsommation Collective

8.3.1 Réduction des Coûts Énergétiques

- Accès à une électricité solaire locale à **un tarif inférieur au prix du réseau.**
- Économie sur les **taxes et frais de transport** d'électricité (TURPE réduit).

8.3.2 Sécurisation de l'Approvisionnement en Énergie

- Moins de dépendance aux fluctuations du marché de l'électricité.
- Énergie disponible en circuit court, réduisant les pertes réseau.

8.3.3 Développement d'un Écosystème Énergétique Durable

- Valorisation des espaces inutilisés (toitures, parkings).
- Engagement des entreprises dans **une démarche environnementale collective.**
- Amélioration de l'image RSE auprès des clients et investisseurs.

8.4

Exemples Concrets d'Autoconsommation Collective

8.4.1 Zone Industrielle avec Mutualisation de l'Énergie Solaire

- 💡 Localisation : Lyon
- 💡 Projet : Un parc industriel a installé 2 MWc de panneaux solaires pour alimenter 15 entreprises.

Résultat :

- ✓ 30% d'économie d'électricité pour chaque entreprise.
- ✓ Rendement énergétique amélioré grâce à une gestion intelligente de la distribution.

8.4.2 Centre Commercial et Magasins Locataires

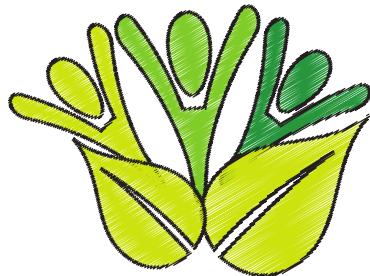
- 💡 Localisation : Montpellier
- 💡 Projet : Le centre commercial a installé 1 MWc de panneaux solaires en toiture et répartit l'énergie entre ses 20 magasins locataires.

Résultat :

- ✓ Facture d'électricité réduite de 40% pour les commerces participants.
- ✓ Attractivité renforcée pour les enseignes cherchant à réduire leur empreinte carbone.

8.4

Exemples Concrets d'Autoconsommation Collective



8.4.3 Collectivité et Bâtiments Publics

- 📍 Localisation : Nantes
- 📍 Projet : Une mairie a équipé ses bâtiments (écoles, gymnases) en photovoltaïque et partage l'énergie produite avec les habitants et entreprises locales.

Résultat :

- ✓ Auto-suffisance énergétique pour 70% des besoins des infrastructures publiques.
- ✓ Mise en place d'un modèle durable et réplicable dans d'autres collectivités.



8.5

Modalités Techniques et Réglementaires

8.5.1 Comment Fonctionne le Partage d'Énergie ?

- 📌 Un **Gestionnaire d'Énergie** répartit la production photovoltaïque entre les participants selon leur consommation.
- 📌 Chaque entreprise reçoit une part de l'électricité solaire **en fonction d'un contrat établi**.

8.5.2 Règles et Conditions en France

- 📌 L'autoconsommation collective est régie par la **loi Énergie-Climat** et nécessite un **Périmètre de Répartition Géographique (PRG)** de 2 km autour du site de production.
- 📌 Un contrat de **partage énergétique** est signé entre les participants et le gestionnaire.



8.6

Modèle Économique et Rentabilité de l'Autoconsommation Collective

8.6.1 Calcul des Économies et Retour sur Investissement

- 📌 Une entreprise intégrant un projet d'autoconsommation collective peut économiser **20 à 50% sur sa facture d'électricité.**
- 📌 Le retour sur investissement est souvent atteint en **5 à 8 ans** grâce aux économies générées.

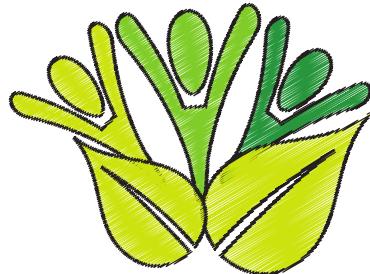
8.6.2 Aides et Financements Disponibles

- 📌 Subventions de l'État et des collectivités locales.
- 📌 Certificats d'Économies d'Énergie (CEE).
- 📌 Tarifs de rachat avantageux pour la vente du surplus.



8.6

Conclusion



- L'autoconsommation collective est **une alternative économique et écologique** pour les entreprises.
- Elle permet de **mutualiser les investissements et d'optimiser la production solaire.**
- Des **modèles concrets existent déjà** et montrent des économies significatives.
- Le cadre réglementaire facilite **le développement de ces solutions en France.**



9.1

Chapitre 9 : Étapes Clés pour l'Installation d'un Système Photovoltaïque

9.1 Introduction : Pourquoi Suivre un Processus Structuré ?

Installer un système photovoltaïque en entreprise est un projet stratégique nécessitant une planification rigoureuse.

- Optimisation de l'investissement
- Conformité avec les réglementations
- Maximisation de la production et du rendement



9.2

Étape 1 : Étude de Faisabilité

Avant toute installation, une analyse détaillée des besoins énergétiques et des contraintes techniques est essentielle.

9.2.1 Audit Énergétique de l'Entreprise

- 📌 Analyse de la consommation actuelle et des besoins futurs.
- 📌 Identification des périodes de forte consommation pour ajuster le dimensionnement.

9.2.2 Étude de l'Ensoleillement et du Site

- 📌 Orientation et inclinaison des toitures pour maximiser la production.
- 📌 Éviter les zones d'ombrage (cheminées, arbres, bâtiments voisins).

9.2.3 Simulation de Production et Rentabilité

- 📌 Calcul de la production annuelle estimée (kWh).
- 📌 Estimation du retour sur investissement (ROI) et des économies générées.



9.3

Étape 2 : Choix du Type d'Installation et de la Technologie

En fonction des résultats de l'étude de faisabilité, l'entreprise choisit :

- 📌 **Type d'installation** : toiture, ombrière, au sol.
- 📌 **Type de panneaux solaires** : monocristallins, bifaciaux, PERC.
- 📌 **Présence ou non d'un système de stockage (batteries)**.



9.4

Étape 3 : Démarches Administratives et Financières

9.4.1 Déclarations et Autorisations

- 📌 Déclaration préalable de travaux pour une installation < 250 kWc.
- 📌 Permis de construire si > 250 kWc ou pour une installation au sol.
- 📌 Demande de raccordement auprès d'Enedis si injection sur le réseau.

9.4.2 Recherche de Financements et Aides

- 📌 Subventions de l'ADEME et aides locales.
- 📌 Financement via tiers-investissement ou crédit-bail.
- 📌 Accès aux tarifs d'achat EDF OA pour la revente du surplus.



9.5

Étape 4 : Installation et Mise en Service

9.5.1 Sélection de l'Installateur

- Entreprise certifiée RGE (Reconnu Garant de l'Environnement).
- Expérience dans les installations professionnelles.

9.5.2 Processus d'Installation

- 📌 Pose des panneaux et raccordements électriques.
- 📌 Tests de conformité et validation par Enedis.
- 📌 Mise en service et activation du suivi de production.



9.5

Étape 5 : Exploitation, Maintenance et Suivi

9.6.1 Outils de Suivi et Monitoring

- 📌 Plateformes numériques pour visualiser la production en temps réel.
- 📌 Alertes automatiques en cas de baisse de performance.

9.6.2 Plan de Maintenance Préventive

- 📌 Nettoyage des panneaux 1 à 2 fois par an.
- 📌 Vérification des connexions et du bon fonctionnement des onduleurs.

9.6.3 Optimisation à Long Terme

- 📌 Ajout de batteries pour augmenter l'autoconsommation.
- 📌 Évolution vers une autoconsommation collective avec des partenaires.



9.5

Étape 5 : Exploitation, Maintenance et Suivi

9.6.1 Outils de Suivi et Monitoring

- 📌 Plateformes numériques pour visualiser la production en temps réel.
- 📌 Alertes automatiques en cas de baisse de performance.

9.6.2 Plan de Maintenance Préventive

- 📌 Nettoyage des panneaux 1 à 2 fois par an.
- 📌 Vérification des connexions et du bon fonctionnement des onduleurs.

9.6.3 Optimisation à Long Terme

- 📌 Ajout de batteries pour augmenter l'autoconsommation.
- 📌 Évolution vers une autoconsommation collective avec des partenaires.



9.5

Conclusion

- ✓ **Une bonne planification** assure une installation performante et rentable.
- ✓ Un **audit énergétique précis** permet de bien dimensionner le projet.
- ✓ Des **aides financières existent** pour réduire le coût d'investissement.
- ✓ Un **suivi régulier et une maintenance préventive** garantissent la durabilité du système.



Chapitre 10 : Gestion, Maintenance et Suivi de Production

10.1 Introduction : Pourquoi Assurer un Suivi Régulier ?

Une installation photovoltaïque est conçue pour durer 25 à 30 ans, mais sa performance dépend d'un entretien régulier et d'un suivi précis.

- Maximisation de la production électrique
- Prévention des pannes et pertes de rendement
- Allongement de la durée de vie des équipements

10.2 Les Principaux Défis de la Maintenance Photovoltaïque

- 📌 Baisse progressive du rendement des panneaux avec le temps.
- 📌 Dépôts de poussière, saletés et feuilles réduisant l'efficacité des cellules.
- 📌 Défaillances des onduleurs, essentiels pour convertir le courant produit.
- 📌 Conditions météorologiques extrêmes (orages, grêle, vent) pouvant endommager les installations.



10.3

Outils et Technologies de Suivi de Production

10.3.1 Systèmes de Monitoring en Temps Réel

- 📌 Plateformes numériques permettant de visualiser la production instantanée.
- 📌 Alertes en cas de baisse anormale de rendement.
- 📌 Accès aux données historiques pour optimiser la consommation.

10.3.2 Utilisation de Drones et d'Analyse Thermographique

- 📌 Inspection thermique pour détecter les cellules défectueuses ou surchauffées.
- 📌 Surveillance des points de faiblesse sur les panneaux.



10.4

Plan de Maintenance Préventive

10.4.1 Nettoyage des Panneaux Solaires

- Nettoyage recommandé 1 à 2 fois par an selon l'environnement (poussière, pollution).
- Utilisation d'eau déminéralisée et de brosses douces pour éviter d'endommager les cellules.

10.4.2 Vérification des Connexions Électriques et Onduleurs

- Contrôle des câblages et connexions pour éviter les pertes d'énergie.
- Maintenance des onduleurs (durée de vie moyenne : 10-15 ans).

10.4.3 Audit Annuel et Contrôle de Performance

- Comparaison entre la production réelle et la production théorique.
- Analyse des pertes et ajustement des paramètres de l'installation.



Optimisation et Amélioration de la Performance

10.5.1 Ajout de Stockage (Batteries)

- 📌 Solution pour maximiser l'autoconsommation et éviter l'injection au réseau.
- 📌 Meilleure rentabilité dans les entreprises ayant des pics de consommation nocturne.

10.5.2 Optimisation des Angles et Orientation des Panneaux

- 📌 Vérification annuelle pour s'assurer que les panneaux sont toujours orientés et inclinés de manière optimale.
- 📌 Possibilité d'ajouter des suiveurs solaires pour améliorer la production.

10.5.3 Intégration à un Système de Gestion d'Énergie Intelligent (EMS)

- 📌 Pilotage automatique de la production et de la consommation énergétique.
- 📌 Amélioration du rendement via l'intelligence artificielle.



Conclusion

- ✓ Une **maintenance régulière** est essentielle pour garantir un **rendement optimal**.
- ✓ Un **suivi numérique** permet d'**anticiper les pertes de production** et de réagir rapidement.
- ✓ Des technologies comme le **stockage** et les **EMS** peuvent améliorer la **rentabilité du système**.
- ✓ Un **plan de maintenance** bien défini **réduit les coûts d'exploitation** sur le long terme.



Chapitre 11 : Préparer l'Avenir – Vers un Modèle Énergétique Décentralisé

11.1 Introduction : L'Évolution du Secteur Énergétique

L'avenir de l'énergie repose sur un modèle plus décentralisé, flexible et intelligent. Le photovoltaïque joue un rôle clé dans cette transformation grâce à :

- L'essor de l'autoconsommation collective et des communautés énergétiques
- L'intégration des réseaux intelligents (smart grids)
- Le développement du stockage d'énergie
- L'utilisation de l'intelligence artificielle pour optimiser la gestion énergétique



11.2

Les Réseaux Énergétiques Intelligents (Smart Grids)

11.2.1 Définition et Fonctionnement

Les **smart grids** (réseaux intelligents) permettent d'optimiser la production et la distribution d'électricité en temps réel.

- 📌 Intégration des énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien).
- 📌 Gestion dynamique de l'offre et de la demande pour éviter les surcharges réseau.
- 📌 Capacité à diriger l'électricité vers les consommateurs en fonction des besoins.

11.2.2 Impact sur les Entreprises

- ✓ Moins de gaspillage énergétique grâce à une meilleure gestion.
- ✓ Meilleure stabilité du réseau, limitant les coupures et les fluctuations de tension.
- ✓ Possibilité pour les entreprises de vendre directement leur surplus à d'autres consommateurs (peer-to-peer energy trading).



11.3

Le Rôle Croissant du Stockage d'Énergie

Le stockage est la clé pour maximiser la rentabilité des installations photovoltaïques.

11.3.1 Technologies de Stockage Disponibles

- 📌 Batteries lithium-ion : efficacité élevée, adaptées à l'autoconsommation.
- 📌 Batteries à flux : durabilité accrue, idéales pour le stockage à long terme.
- 📌 Hydrogène vert : solution émergente pour le stockage longue durée et la mobilité.

11.3.2 Avantages pour les Entreprises

- ✓ Autonomie énergétique accrue.
- ✓ Optimisation de l'autoconsommation en stockant l'énergie pour une utilisation différée.
- ✓ Possibilité de réduire encore plus la dépendance aux fournisseurs d'électricité.



L'Intelligence Artificielle et la Gestion de l'Énergie

11.4.1 Optimisation Automatique de la Production et de la Consommation

- 📌 Prévision de la production solaire en fonction de la météo.
- 📌 Pilotage des équipements électriques en fonction des pics de production.
- 📌 Optimisation des cycles de recharge des batteries pour minimiser les coûts.

11.4.2 Applications pour les Entreprises

- ✓ Réduction des factures grâce à l'automatisation intelligente.
- ✓ Meilleure planification des consommations et des achats d'énergie.
- ✓ Amélioration du rendement global du système photovoltaïque.



11.5

Les Communautés Énergétiques et l'Échange d'Électricité

11.5.1 Qu'est-ce qu'une Communauté Énergétique ?

Une communauté énergétique est un groupement d'acteurs (entreprises, collectivités, particuliers) partageant leur production d'électricité locale.

- 📌 Partage d'électricité entre plusieurs sites sans passer par un fournisseur traditionnel.
- 📌 Mise en commun des moyens de production et de stockage.
- 📌 Création d'un modèle économique plus équitable et résilient.

11.5.2 Avantages pour les Entreprises

- ✓ Accès à une énergie moins chère et plus verte.
- ✓ Possibilité de mutualiser les investissements et d'augmenter la rentabilité.
- ✓ Indépendance énergétique accrue et sécurisation des approvisionnements.



Conclusion

- Le photovoltaïque évolue vers un modèle décentralisé et intelligent.
- Les smart grids et le stockage permettront d'améliorer la gestion énergétique.
- L'intelligence artificielle optimise la production et la consommation.
- Les communautés énergétiques offrent de nouvelles opportunités de partage et d'échanges.



Conclusion et Recommandations

12.1 Récapitulatif des Enjeux du Photovoltaïque pour les Entreprises

Le photovoltaïque représente une opportunité stratégique pour les entreprises, avec des bénéfices économiques, environnementaux et concurrentiels.

- 📌 **Économies d'énergie significatives** avec un retour sur investissement rapide.
- 📌 **Protection contre la hausse des prix de l'électricité** et réduction de la dépendance aux fournisseurs.
- 📌 **Impact écologique positif** en réduisant l'empreinte carbone et en favorisant la transition énergétique.
- 📌 Amélioration de l'image de marque et conformité avec les **réglementations RSE**.
- 📌 Accès aux **aides et subventions gouvernementales** pour réduire le coût initial.



12.2

Recommandations pour une Transition Réussie

12.2.1 Réaliser un Audit Énergétique Préalable

- Analyser la consommation actuelle et identifier les opportunités d'optimisation.
- Définir les besoins en autoconsommation et en stockage.

12.2.2 Choisir une Technologie Adaptée aux Objectifs de l'Entreprise

- 📌 Sélectionner le type de panneaux solaires en fonction de l'espace disponible et du budget.
- 📌 Évaluer l'intérêt d'ajouter un système de stockage pour maximiser l'autoconsommation.

12.2.3 Étudier les Solutions de Financement et d'Aides Publiques

- Explorer les subventions nationales et locales.
- Envisager des modèles de financement alternatifs (leasing, tiers-investissement).-to-peer.



12.2

Recommandations pour une Transition Réussie

12.2.4 Opter pour une Installation Qualifiée et Certifiée

- 📌 Faire appel à un installateur RGE (Reconnu Garant de l'Environnement).
- 📌 Vérifier la garantie des équipements pour assurer la longévité du système.

12.2.5 Intégrer un Système de Suivi et de Maintenance

- ✓ Installer un monitoring de production en temps réel.
- ✓ Planifier une maintenance annuelle pour optimiser la performance et éviter les pannes.

12.2.6 Explorer les Opportunités de Partage d'Énergie

- 📌 Envisager une autoconsommation collective si plusieurs entreprises sont situées à proximité.
- 📌 Étudier les bénéfices des communautés énergétiques et du trading peer-to-peer.



Perspectives d'Avenir

L'évolution des technologies et des modèles énergétiques ouvrira encore plus d'opportunités :

- Développement des batteries et du stockage longue durée.
- Généralisation des smart grids pour une gestion optimisée.
- Nouveaux modèles économiques basés sur le partage et l'autonomie énergétique.



Conclusion Finale

Le photovoltaïque est un levier stratégique puissant pour les entreprises souhaitant :

- ✓ **Réduire leurs coûts énergétiques** et sécuriser leur approvisionnement.
- ✓ S'engager dans une **démarche RSE** et améliorer leur image.
- ✓ S'inscrire dans une **transition énergétique durable et innovante**.

Avec une planification rigoureuse et un suivi efficace, les entreprises peuvent **transformer l'énergie solaire en un avantage concurrentiel durable**.

