

AGRIVOLTAÏSME : UNE DOUBLE VALORISATION ENERGIE SOLAIRE ET PRODUCTION ALIMENTAIRE



© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Julia Riedelsheimer

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Séminaire agriculture face au changement
climatique

30 Septembre 2021

www.ise.fraunhofer.de

Julia.riedelsheimer@ise.fraunhofer.de

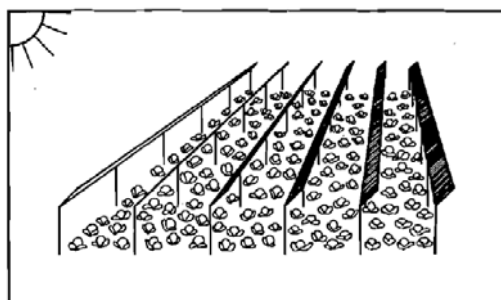


Pourquoi l'agrivoltaïsme?

Une chance pour la transition énergétique et pour l'agriculture

Agrivoltaïsme

- Une double valorisation
 - Photovoltaïsme – Production d'électricité
 - Agriculture – Production de denrées alimentaires
 - Une valorisation des sols optimisée
 - Une solution possible aux conflits d'usage des sols
-
- Une chance pour la transition énergétique
 - Une chance pour l'agriculture



Goetzberger and Zastrow 1982

2

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL



Une chance pour la transition énergétique

Chiffres clé

Allemagne

- Réduction des émissions de GES d'ici 2030: **65 %**
- Part des énergies renouvelables dans la consommation totale (2030): **65 %**
- Objectif et croissance pour le photovoltaïque (2030): **98 GW; 5 à 10 GW/an**

Photovoltaïque

- Agrivoltaïsme: un grand réservoir de surfaces
 - **1.700 GW** (potentiel technique)
 - **Environ 0,5 %** de la surface agricole utile suffit pour atteindre l'objectif de **2030**

3

© Fraunhofer ISE FHG-SK-ISE-INTERNAL Selon le système: 600 – 700 kWp/ha

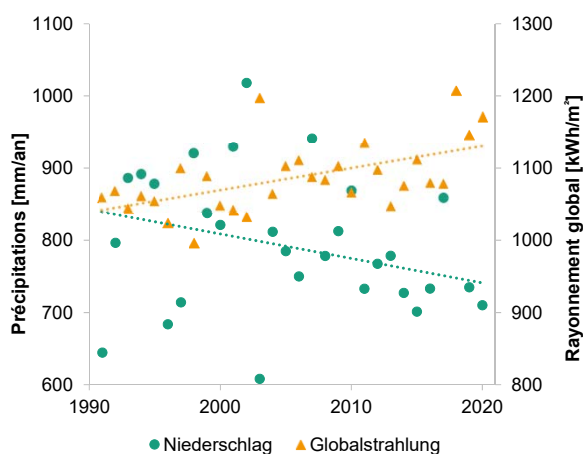


Fraunhofer ISE

Une chance pour l'agriculture

défis actuels

- Conflits d'usage des sols
- Changement climatique
 - Températures et rayonnement en hausse
 - Diminution des précipitations (surtout au printemps)
 - Événements climatiques extrêmes
 - Périodes sèches, longues et fréquentes
 - Phénomènes pluvieux intenses, dont grêle
- Des besoins accrus des plantes en protection
- L'agrivoltaïsme, une stratégie pour minimiser les pertes et les variations de rendements



4

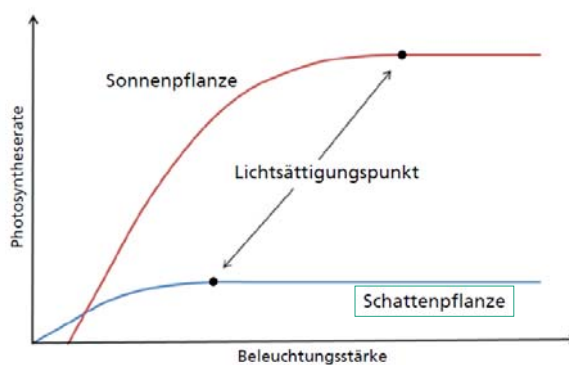
DWD

© Fraunhofer ISE FHG-SK-ISE-INTERNAL

Fraunhofer ISE

Impact théorique d'une installation agrivoltaïque sur le microclimat

- Les variations microclimatiques et les réactions des cultures dépendent :
 - Des caractéristiques de l'installation, du choix des espèces et des variétés
 - Des conditions environnementales
- Lumière
 - L'ombrage réduit le RPA disponible
 - Effet sur l'activité photosynthétique
 - Relation théorique entre lumière et photosynthèse: *light response curve*
 - Une relation non linéaire
 - L'effet de l'ombrage est différent selon la culture
 - Point de saturation lumineuse des plantes en C3: entre 640 W/m^2 et 790 W/m^2 (1)



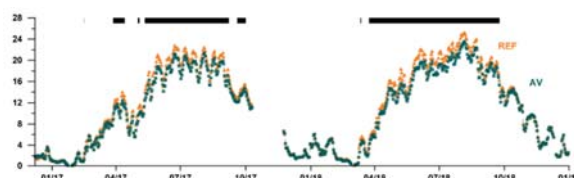
5

(1): Lambers et al. 2008, Diepenbrock et al. 2016

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Impact théorique d'une installation agrivoltaïque sur le microclimat

- Répartition des eaux de pluie
 - Hétérogénéités à la surface
 - Influence incertaine sur les strates basses
- Température de l'air
 - Les panneaux photovoltaïques amortissent les variations journalières
 - Diminuent l'entrée de chaleur (le jour)
 - Retiennent la réflexion thermique (la nuit)
 - Effets sur le développement phénologique
- Humidité et température du sol
 - Réduction de l'évapotranspiration
 - Diminution des situations de stress hydrique



6

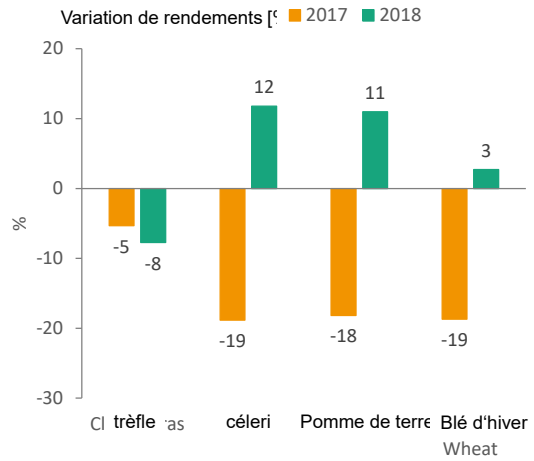
Marrou, Guilloni et al. 2013, Elamri et al. 2018 ; Weselek et al. 2021

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Expériences – Grandes cultures

APV RESOLA

- Variations
 - Rendement

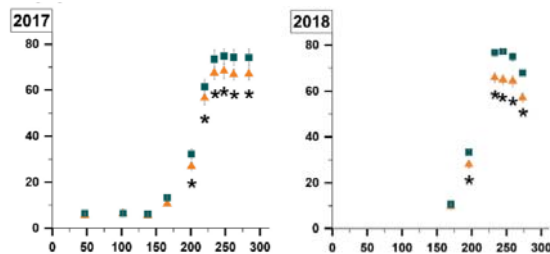


Expériences – Grandes cultures

APV RESOLA

- Variations
 - Rendements
 - Développement phénologique → supposition: besoin de vernalisation
 - LAI et hauteur des plantes

Blé d'hiver – Hauteur des plantes [cm]



Expériences – Grandes cultures/Prairies permanentes

Systèmes verticaux



9

Next2Sun

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Fraunhofer
ISE

Cultures spéciales

Particularités

- Besoin élevé de mesures de protection → Filets de protection contre la grêle
 - 2015: 30% des surfaces de fruits à pépins du BW sous filet anti-grêle
 - Part des framboisiers protégés → 9% (2012) à 27% (2017)
- Synergies/avantages supplémentaires:
 - Remplacement des filets anti-grêle par des installations agrivoltaïques
 - Réduction du plastique
 - Acceptabilité accrue auprès de la population
 - Possibilité de réduction des traitements phytosanitaires
 - Exigences moindres par rapport à la hauteur de passage

- Vigne
- Fruits à noyaux et pépins
- Fruits baies
- Houblon

10

Inconvénients: Potentiel surfacique

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Fraunhofer
ISE

Projekte Fraunhofer ISE

APV-Arboriculture

Objectifs:

- Évaluer dans quelle mesure l'agrivoltaïsme peut remplir la fonction de protection dans un verger de pommiers
- Comparer deux designs différents d'installations
- Estimer l'effet de l'ombrage sur les rendements



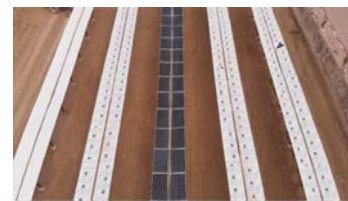
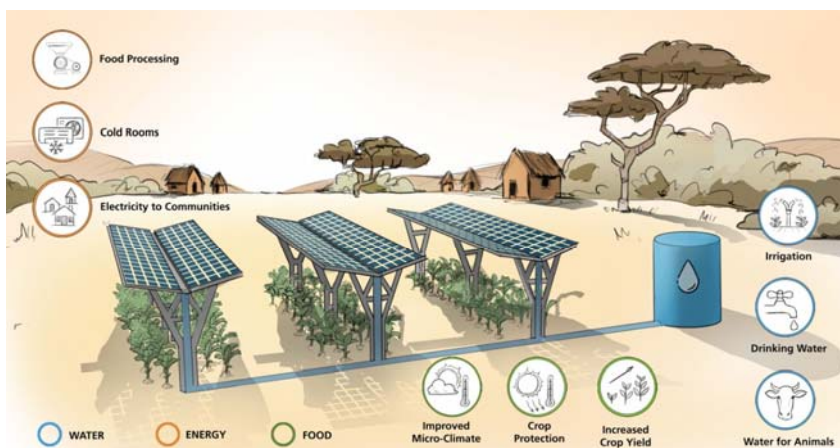
11

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Auftraggeber: BMEL; Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz (MUEEF) Bild: BayWa R.E.
Kooperationspartner: Bio-Obsthof Nachtwey; BayWa r.e. Solar Projects GmbH; Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinland-Pfalz (DLR); Elektrizitätswerke Schönau EWS, Vertriebs GmbH; AGCO GmbH

Projekte Fraunhofer ISE

MaGa



12

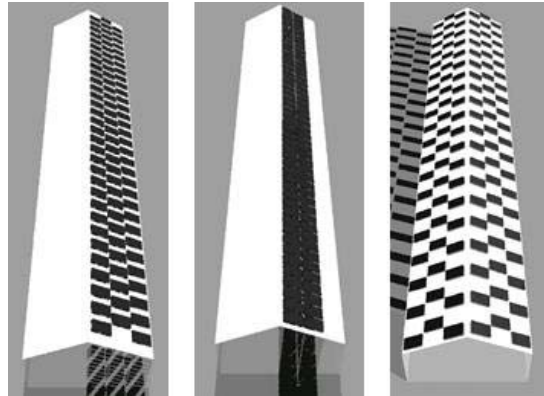
© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Auftraggeber und Sponsoren: "CLIENT II – Internationale Partnerschaften für nachhaltige Innovationen"; im Rahmenprogramm "Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA3)" Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
15 Partner (mit assoziierten Partnern)

Projekte Fraunhofer ISE

SusMedHouse

- Objectif: système automatisé et durable de serres
 - Technologie innovante
 - Un concept modulaire
 - Intégration de panneaux photovoltaïques dans le toit de la serre
 - Orientation dynamique optimisée pour créer les conditions de croissance idéales
 - Tomate, salade, poivron



13 www.susmedhouse.eu

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

 **Fraunhofer**
ISE

Expériences – Europe

D'autres exemples

Frankreich:



- Sun'Agri
- 2.1 MWp
- „Single Axis Tracking“
- vignes

Niederlande:



- BayWa r.e.
- 2.67 MWp
- „Semi-transparente Module“
- framboises

Belgien:



- KU Leuven
- 13.3 kWp
- „Semi-transparente Module“
- poire

Italien:



- RemTec
- 2.15 MWp
- „Double Axis Tracking“
- Grandes cultures

Deutschland:



- Next2Sun
- 4.2 MWp
- „vertikal – neues Solarstromprofil“
- Prairies permanentes

14

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

 **Fraunhofer**
ISE

Défis

- Identifier les cultures appropriées
 - Des résultats d'expérimentations parfois difficilement transposables
 - D'intérêt:
 - Légumineuses
 - Asperge
 - Houblon
 - Colza
- Cadre juridique
 - Du bâti → Permis de construire nécessaire
 - Subventions européennes (DirektZahlDurchfV: ordonnance pour la mise en oeuvre des paiements directs)
- Rentabilité

15

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL

Merci de votre attention

Quellen:

- Beck, M., Bopp, G., Goetzberger, A., Obergfell, T., Reise, C., & Schindele, S. (2012). Combining PV and Food Crops to Agrophotovoltaic – Optimization of Orientation and Harvest. Advance online publication.
- Diepenbrock, W., Ellmer, F., & Léon, J. (2016). Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (4th Edition). UTB: Vol. 2629. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- DWD – Deutscher Wetterdienst: Zeitreihen und Trends <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html?nn=344886#buehneTop>
- Elamri, Y., Cheviron, B., Mange, A., Dejean, C., Liron, F., & Belaud, G. (2018). Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(2), 1285–1298.
- Garming, H., Dirksmeyer, W. & Bork, L. (2018). Entwicklungen des Obstbaus in Deutschland von 2005 bis 2017: Obstarten, Anbauregionen, Betriebsstrukturen und Handel (Thünen Working Paper), No. 100.
- Goetzberger, A., & Zastrow, A. (1982). On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *International Journal of Solar Energy*, 1(1), 55–69. <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>
- Lambers, H., Chapin, F. S., & Pons, T. L. (2008). *Plant Physiological Ecology*. Springer New York, New York.
- Marrou, H., Gullioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., & Wery, J. (2013). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, 177, 117–132.
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5), 1-15.

16

© Fraunhofer ISE
FHG-SK: ISE-INTERNAL