



Où doit-on cuire le pain ?

Planification SIG de l'introduction de boulangeries solaires thermiques à la Réunion

Corrie Mathiak^{1,2}, Benjamin Pillot², Christophe Révillion², Romain Authier², Guillaume Guimbretière¹

1 LACy (UMR8105, CNRS/Météo-France/Univ. la Réunion)

2 UMR Espace-DEV (UMR228, IRD, Univ. Montpellier, Univ. Guyane, Univ. La Réunion, Univ. Antilles, Univ. Nouvelle Calédonie)



Autonomisation alimentaire & activité boulangère



**Contexte de perturbations socio-environnementales :
dérèglements climatiques, tensions sur les flux commerciaux et l'accès à l'énergie**

Durabilité des systèmes alimentaires ?

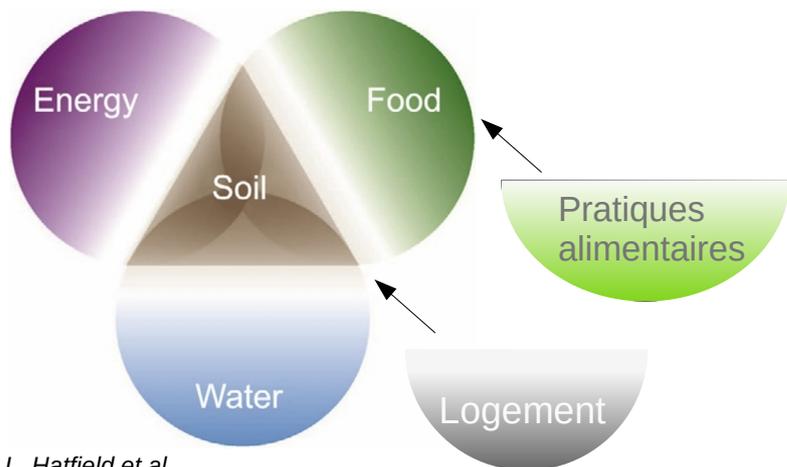
→ vision transdisciplinaire & systémique

Thèse de Romain Authier
2022 - 2024

Importance du territoire :

- insulaire
- tropicale
- créole

Compétition pour l'usage du sol



L'importance de l'activité boulangère

Transformation alimentaire des céréales et féculents
→ Apport énergétique historique de l'humanité

Plus de 50 % de l'énergie dans la cuisson !

➡ Cuisson solaire ?

[J.L. Hatfield et al.,
Advances in Agronomy.
Vol. 143 (2017)]

La transition énergétique

Les faits

Une **transition** n'est pas une **substitution** :
on ne pourra pas faire la même chose « propre » à la place de « sale » !
(pas de substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables)

[D. JC MacKay,
Sustainable energy –
without the hot air (2015)]

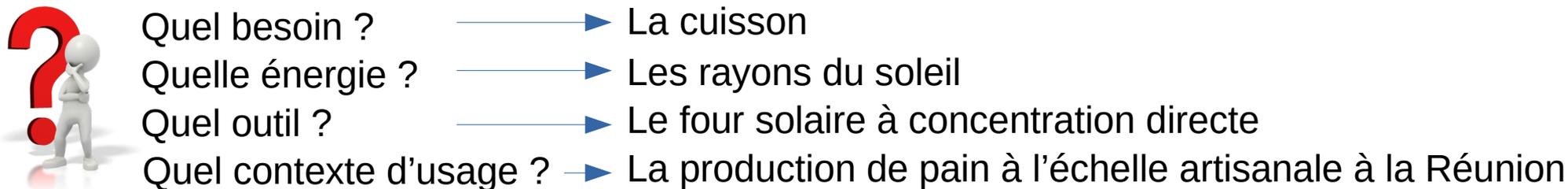
Une **transition** est une **birfucation** : il faut penser et agir différemment

[D. Loorbach et al.,
Annu. Rev. Environ. Resour.
42, 599-626 (2017)]

Notre approche

L'énergie n'est pas la clef principale !

Ce qui compte c'est l'outil qui utilise de l'énergie pour répondre à un besoin
→ Le **service énergétique**



Le four ne produit pas d'énergie (personne ne le fait)
... mais du temps de cuisson

Méthodologie en deux étapes

1 - Modélisation

Réponse socio-technique du four solaire dans son contexte d'usage ?

La réponse du four ?

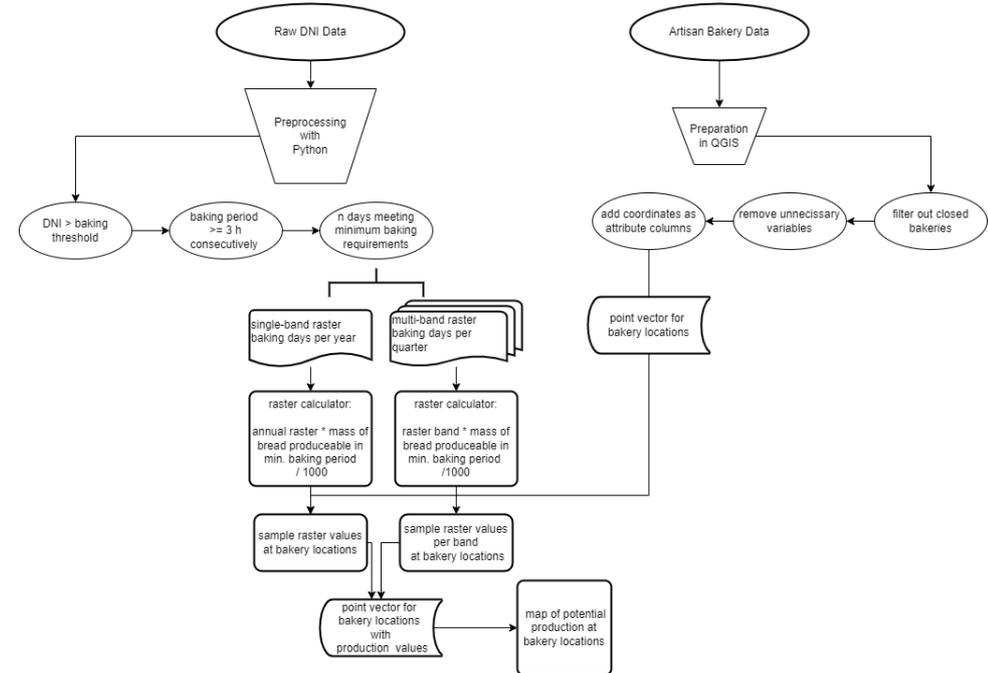
... pour cuire ?

... du pain ?

... par un artisan boulanger ?

... pour des consommateurs ?

... à la Réunion ?

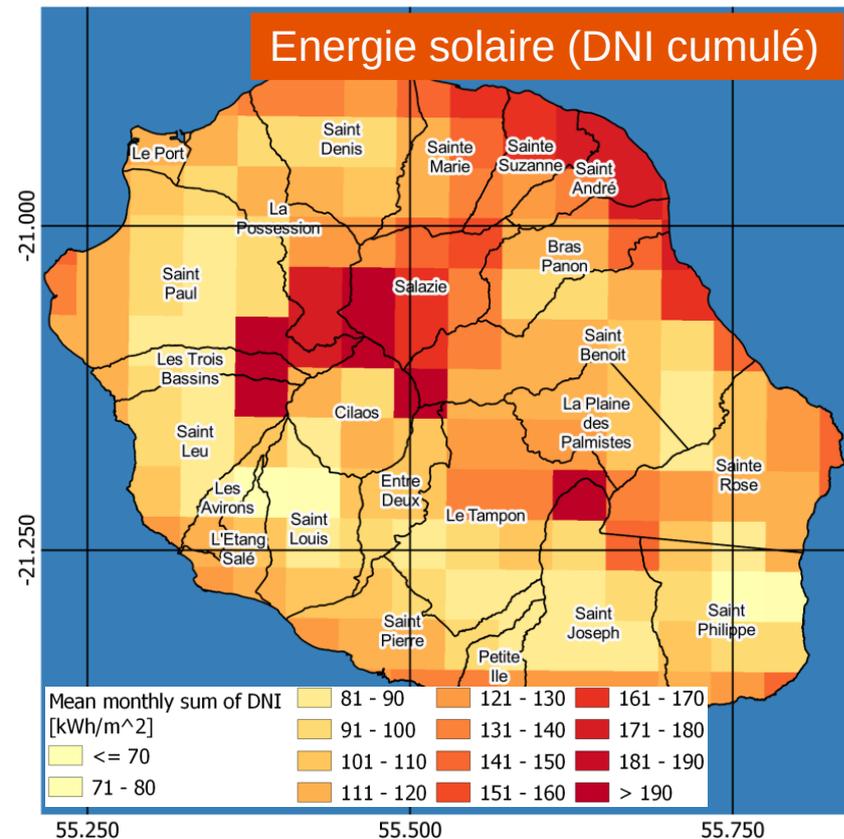


2 - Spatialisation

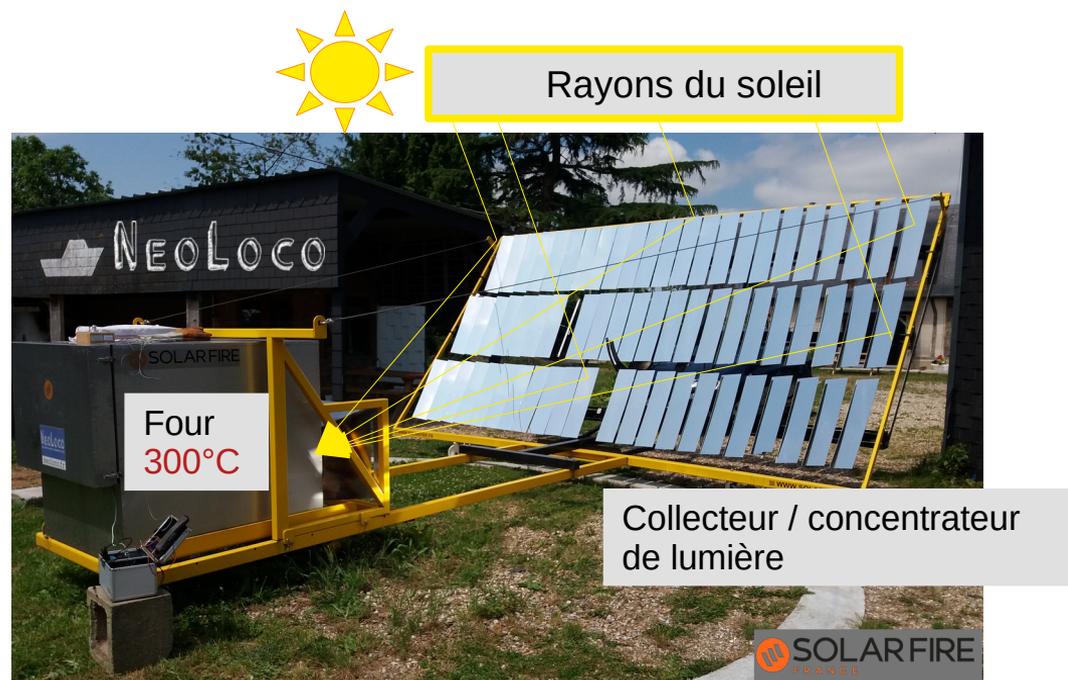
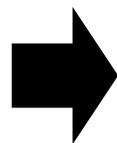
Où faire du pain solaire à la Réunion ?

Projection de la sortie du modèle socio-technique sur le territoire réunionnais

La cuisson solaire thermique à concentration directe



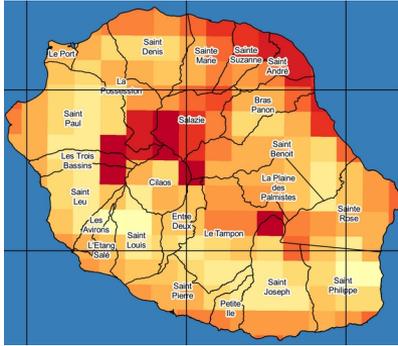
[Données du Copernicus Atmosphere Monitoring Service - ECMWF]



Pas de combustible ni d'électricité :
Zéro émission directe ou indirecte de CO₂, particules, GES
Low-tech : entretien, prise en main facile
Énergie gratuite

Fonctionne aux rythmes du soleil et de l'artisan ...

Données d'entrée



Séries spatio-temporelles
Direct Normal Irradiation (DNI)
2017, 2018, 2019
Résolution = 1h

Énergie

Énergie solaire brute
DNI

$DNI > 700 \text{ W/m}^2$ Filtre énergétique outil

Énergie utile

Cuisson du pain avec le four solaire Lytefire 5

Avec ce modèle de four, toute l'énergie solaire n'est pas utile :
Sous le seuil, l'énergie *inutile* est considérée comme perdue ...

Les temps du pain : le temps artisan

Le Temps de production

Cuisson du pain avec le four solaire Lytefire 5

↳ Motif énergéico-temporel minimal

2h de pré-chauffe → 300°C

1h de cuisson

(au dessus du seuil de 700 W/m²)

Énergie

Énergie solaire brute
DNI

DNI > 700 W/m² Filtre énergétique outil

Énergie utile

Temps

3h continues Filtre temps artisan

Nombre de jours utiles

Les temps du pain : le temps social

Le pain
↓
Temps de conservation

Les pratiques alimentaires
↓
Temps de consommation

↳ Quel rythme de production ?

Des pains de garde au levain
Se conserve et peuvent être consommés pendant 1 semaine

Énergie

Énergie solaire brute
DNI

DNI > 700 W/m² Filtre *énergétique outil*

Énergie utile

Temps

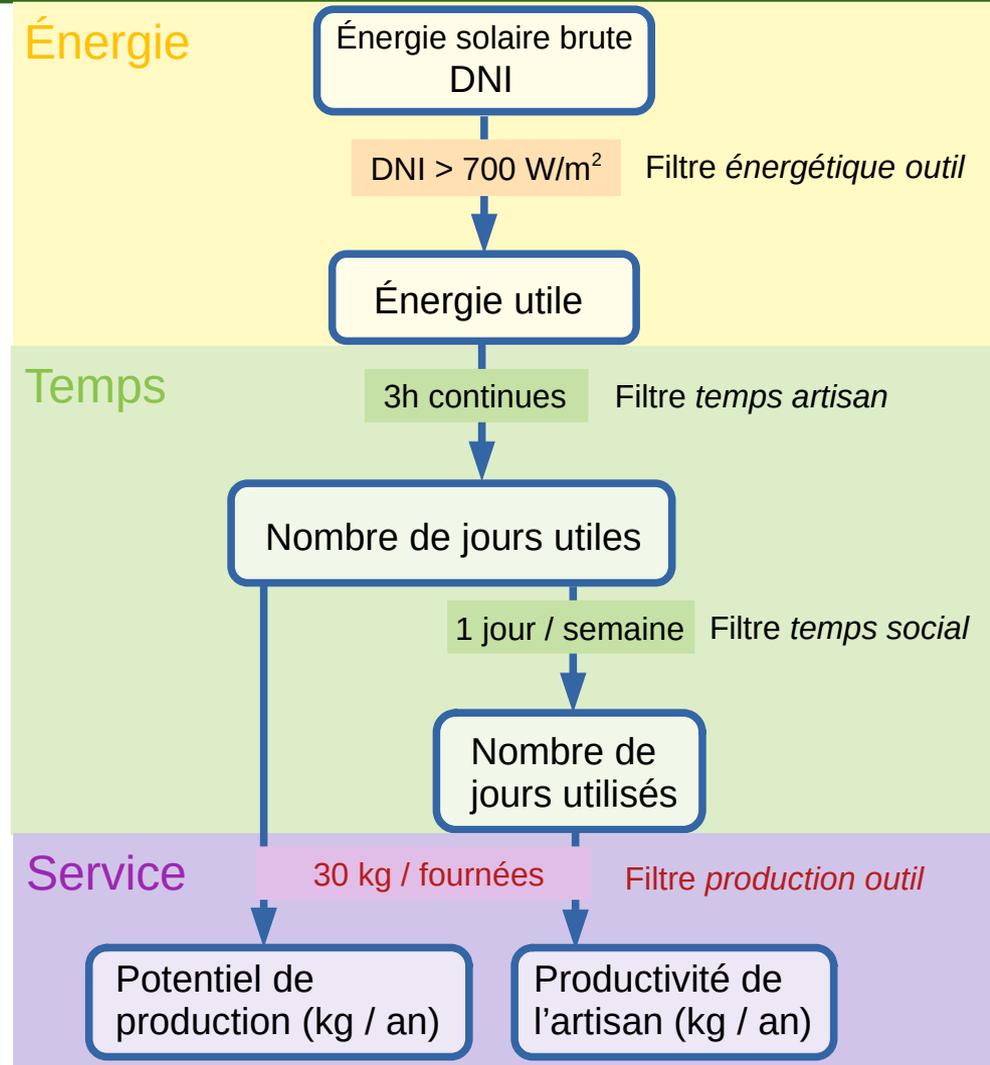
3h continues Filtre *temps artisan*

Nombre de jours utiles

1 jour / semaine Filtre *temps social*

Nombre de jours utilisés

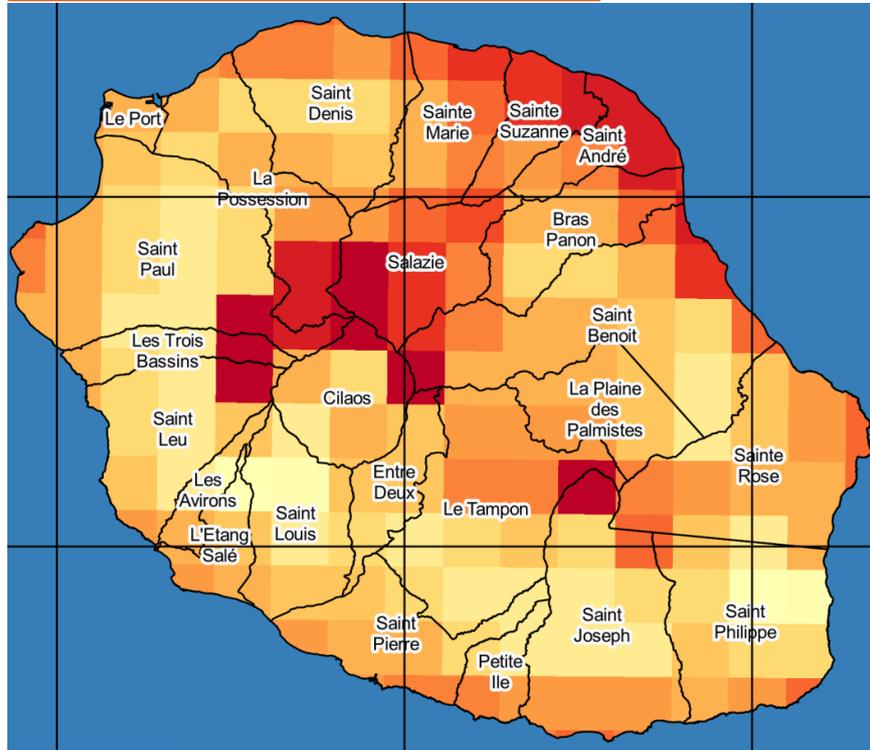
Le service énergétique



Cuisson du pain avec le four solaire Lytefire 5

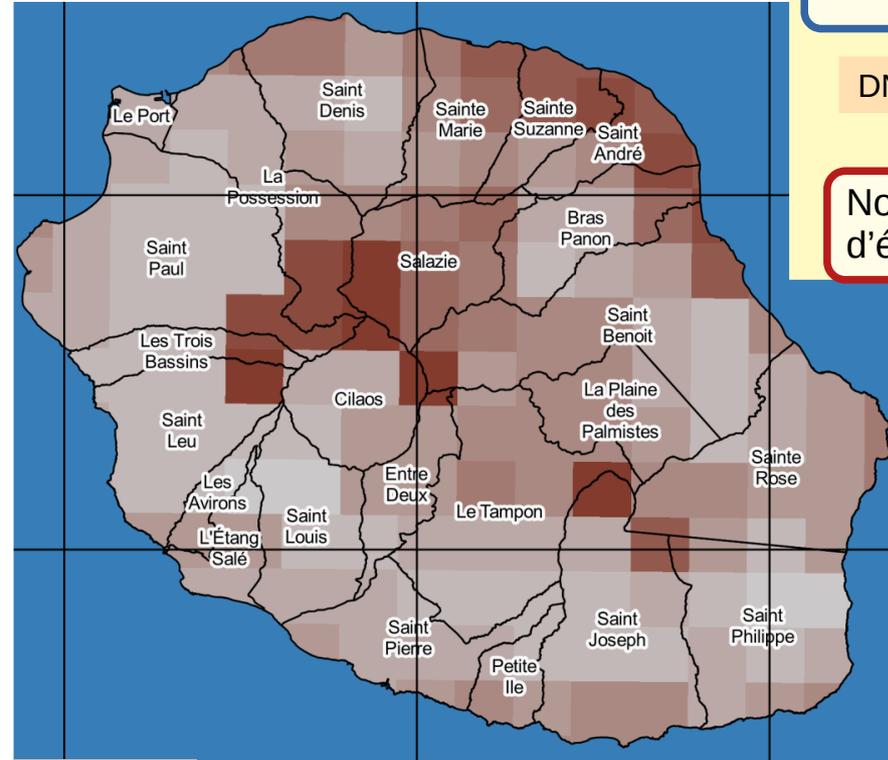
↳ Capacité de production du four

Energie solaire (DNI cumulé) kWh/m²

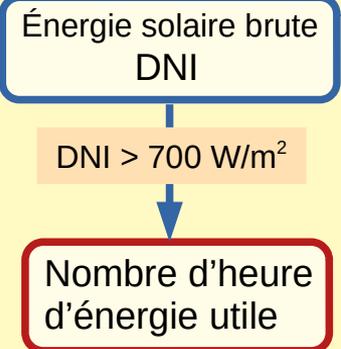


≤ 70 $\xrightarrow{\times 2,7}$ > 190

Nombre d'heures de cuisson

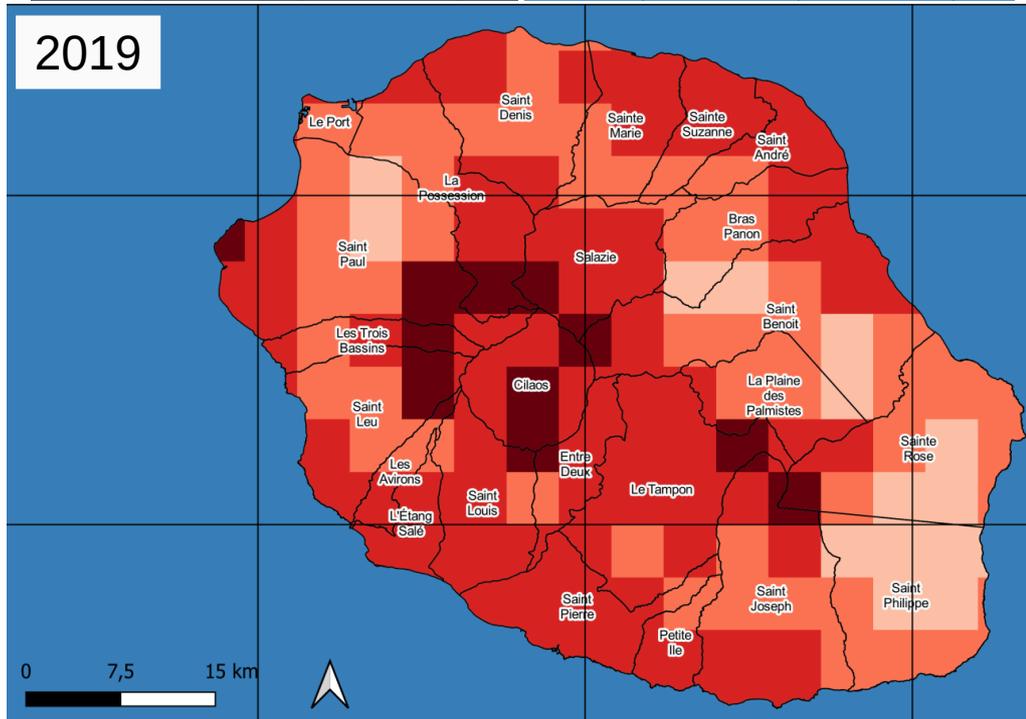
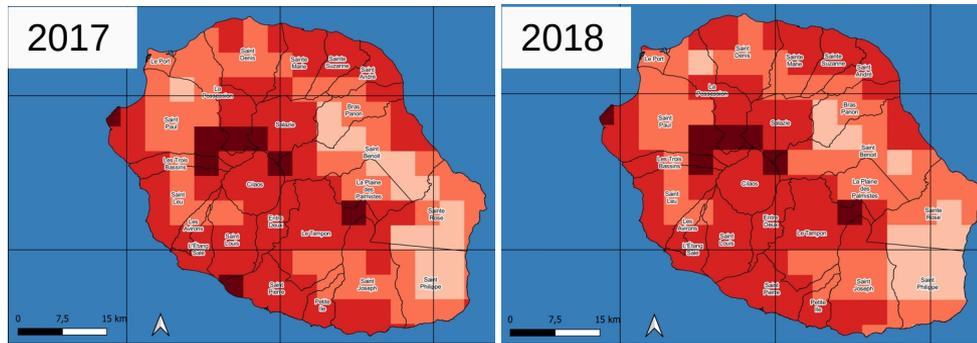
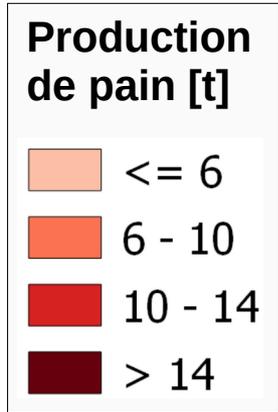


≤ 10 $\xrightarrow{\times 9}$ > 90



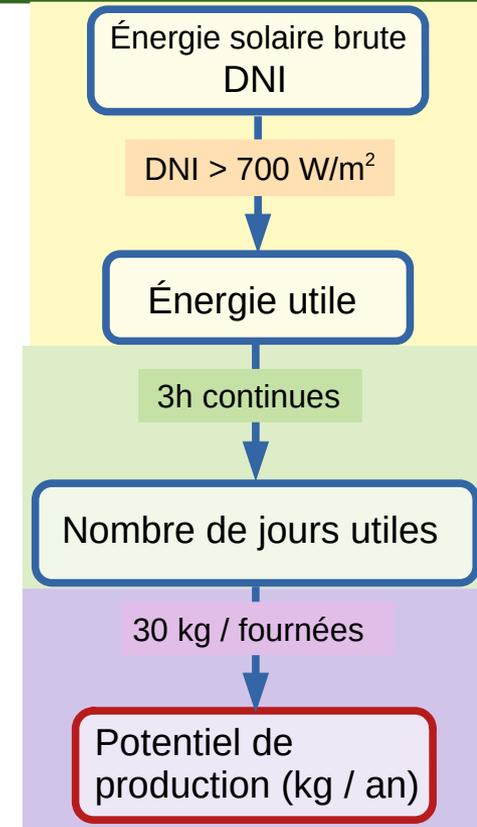
Potential of solar breadmaking : more complex than simple access to solar energy

Potentiel annuel de production boulangère solaire



Les cirques
Les bas

La région du volcan
Les hauts
Le Port



Variation saisonnière du potentiel de production

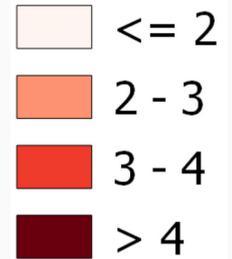
[janvier → mars]

[avril → juin]

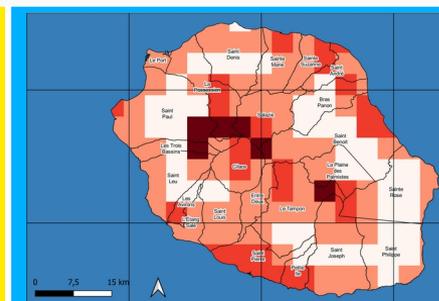
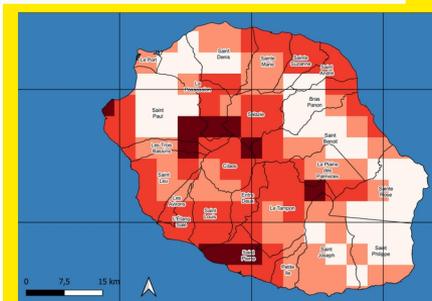
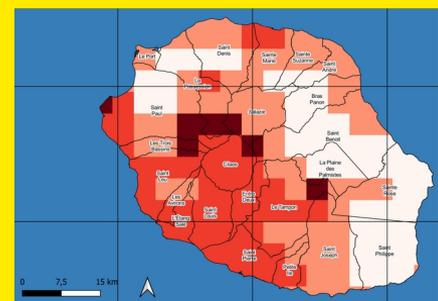
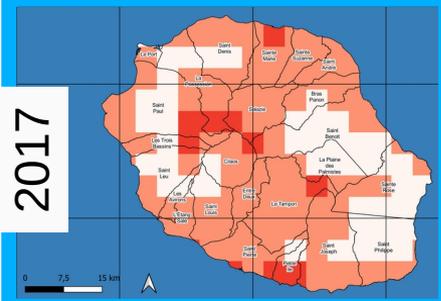
[juillet → septembre]

[octobre → Décembre]

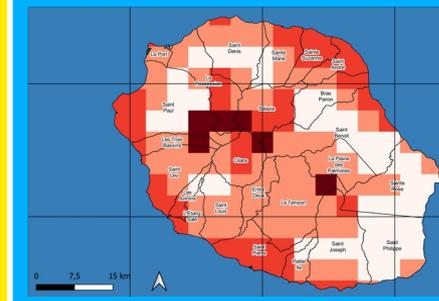
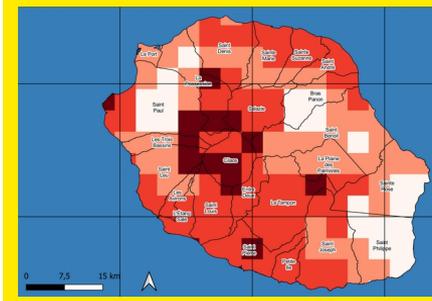
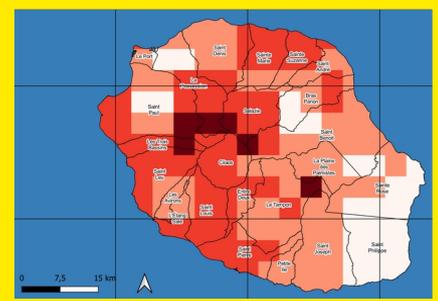
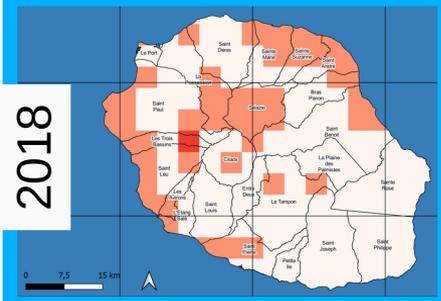
Production de pain [t]



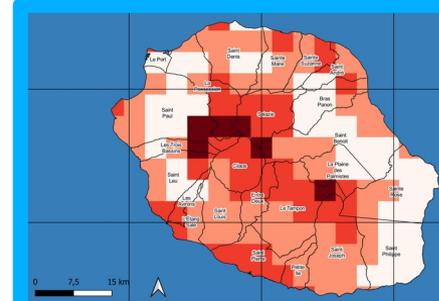
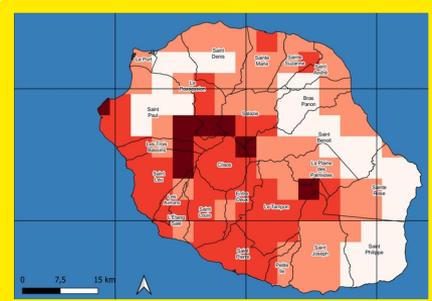
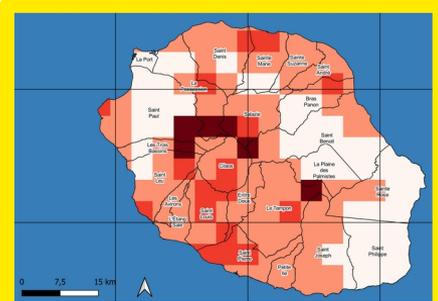
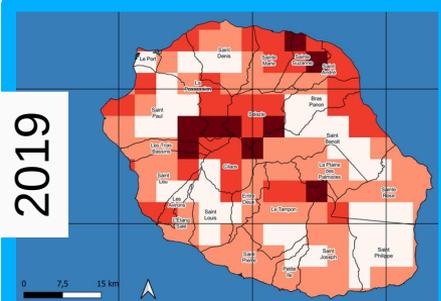
2017



2018



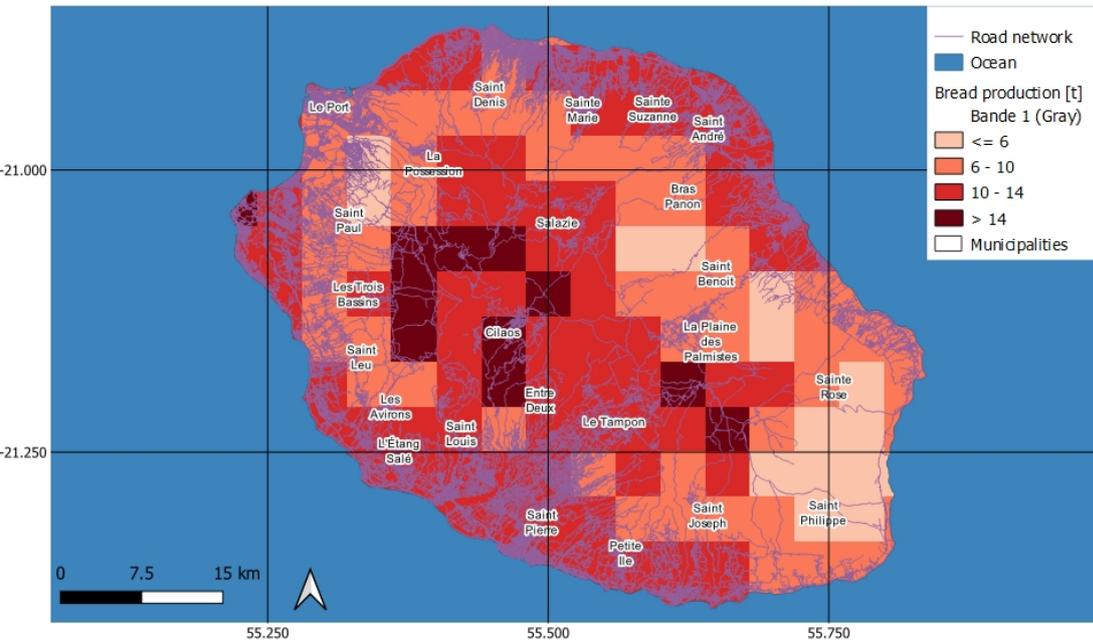
2019



Saison humide

Saison sèche

Déconnecté du réseau mais connecté à la population !



Accessibilité à la production de pain solaire ?

Absence de recouvrement entre les zones de fort potentiel et le réseau routier !

Sources :

Densité de pop : <https://data.humdata.org/dataset/worldpop-population-density-for-reunion?>

Road network: https://data.humdata.org/dataset/hotosm_reu_roads

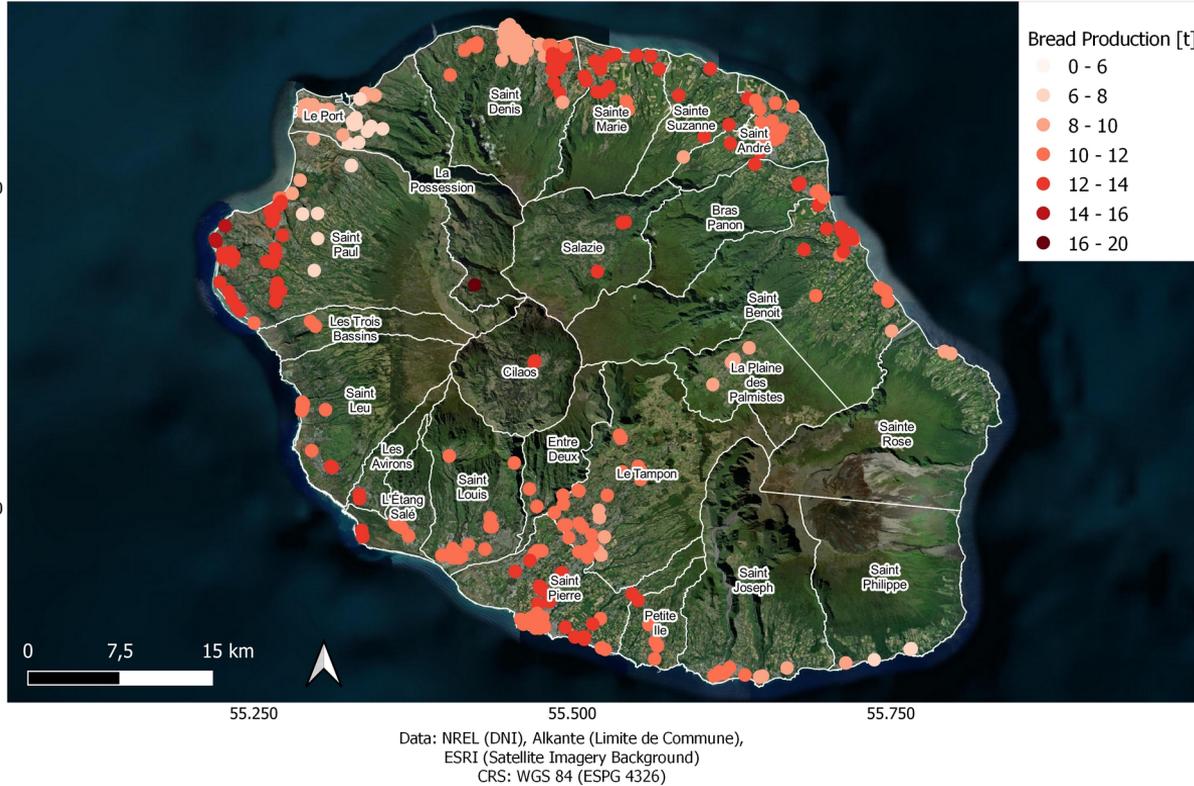
Scénario de quelques unités de production sur les sites à fort potentiel :

- Cuisson gratuite à impact nul
- Coûts du transport des pains ou consommateurs ?

➔ Quel équilibre ?

Où installer le 1^{er} artisan boulanger solaire ?

Potential Solar Bread Production 2019
at Current Bakery Locations



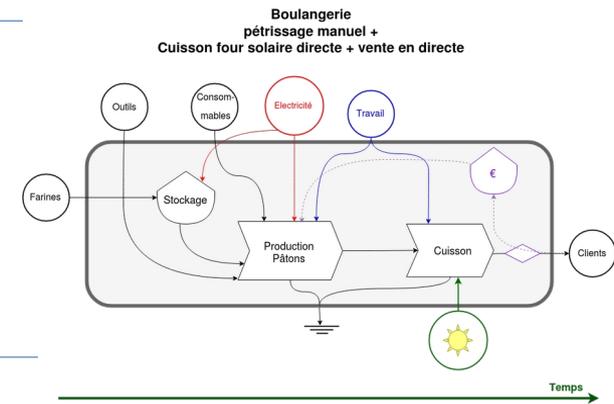
Dans un cirque !

Mafate est à la fois
déconnecté du
réseau et le meilleur
site de l'île pour faire
du pain solaire ...

Conclusion & perspectives

- ➔ Sur le plan de la durabilité, la cuisson solaire n'est pas « mieux » qu'une autre technologie : elle est parfaite ! → zéro impact et gratuite
- ➔ Bon exemple d'analyse socio-technique d'introduction d'une technologie de rupture dans la société
- ➔ Le temps de cuisson solaire : non prit en compte dans un calcul de mixe énergétique !

- ➔ Poursuivre le travail sur l'accessibilité du pain solaire
- ➔ Travail sur l'organisation de l'écosystème boulanger



- ➔ Encourager l'installation de boulangeries solaires dans les cirques !
- ➔ Cadastre solaire
→ le potentiel de cuisson solaire en plus du photovoltaïque et du thermique sanitaire ?

Merci pour votre attention !

This work is licensed under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Please cite as:

“Où doit-on cuire le pain ? Planification SIG de l’introduction de boulangeries solaires thermiques à la Réunion. *Corrie Mathiak, Benjamin Pillot, Christophe Révillion, Romain Authier, [Guillaume Guimbretière](#). Rencontres Géomatiques de la Réunion, 27 septembre 2022 (Saint-Denis - France)*

”

