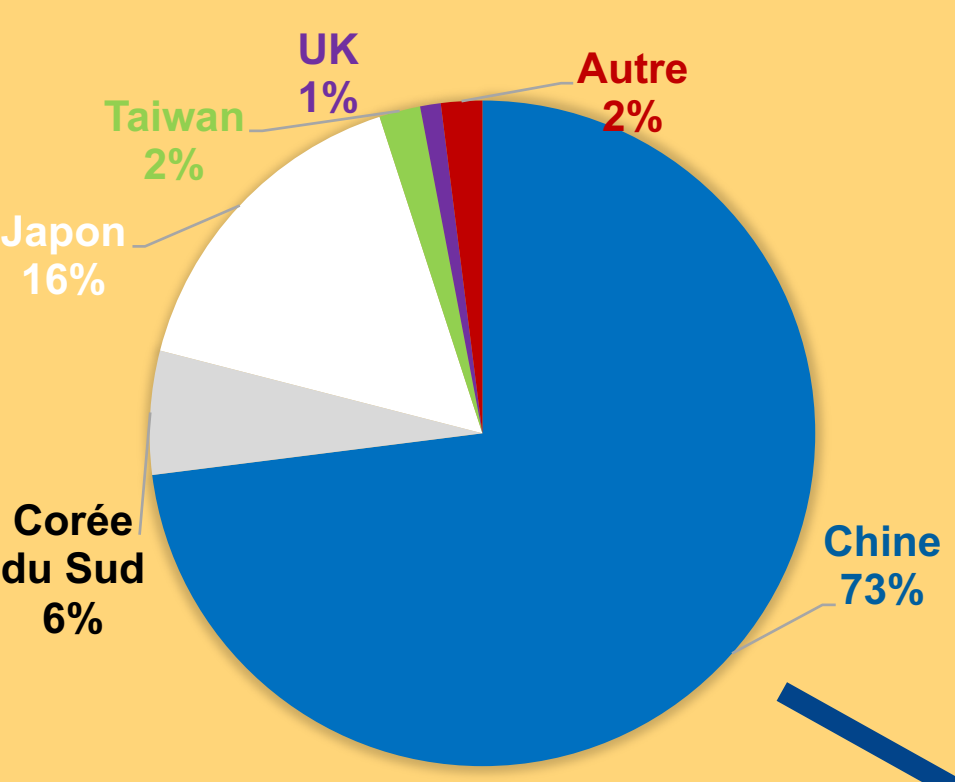


Situation actuelle



Le FPV* est en plein essor dans divers pays. En effet, la densité de population en hausse entraîne une pénurie de terres disponibles. Le coût des panneaux solaires continue de baisser et les parcs flottants offrent une solution plus viable.

Grande marge de progression pour la France : la France ne possède aujourd'hui qu'une seule centrale d'une capacité de 17 MWC dans le Vaucluse. Cependant, plusieurs projets sont déjà en cours de réalisation en Haute-Marne, dans les Hautes-Alpes et dans les Bouches du Rhône et pourraient porter cette capacité à plus de 120 MWC. La France, ayant du mal à libérer du foncier pour le PV* terrestre, pourrait tirer profit du développement du secteur.

Leadership asiatique : Depuis 2016, les pays asiatiques investissent massivement dans le FPV*. La capacité totale installée dépasse les 950 MWC* en Chine ainsi que 180 MWC au Japon. Certains pays insulaires ou ayant peu de fonciers disponibles y trouvent un réel avantage

Les avantages d'un tel système

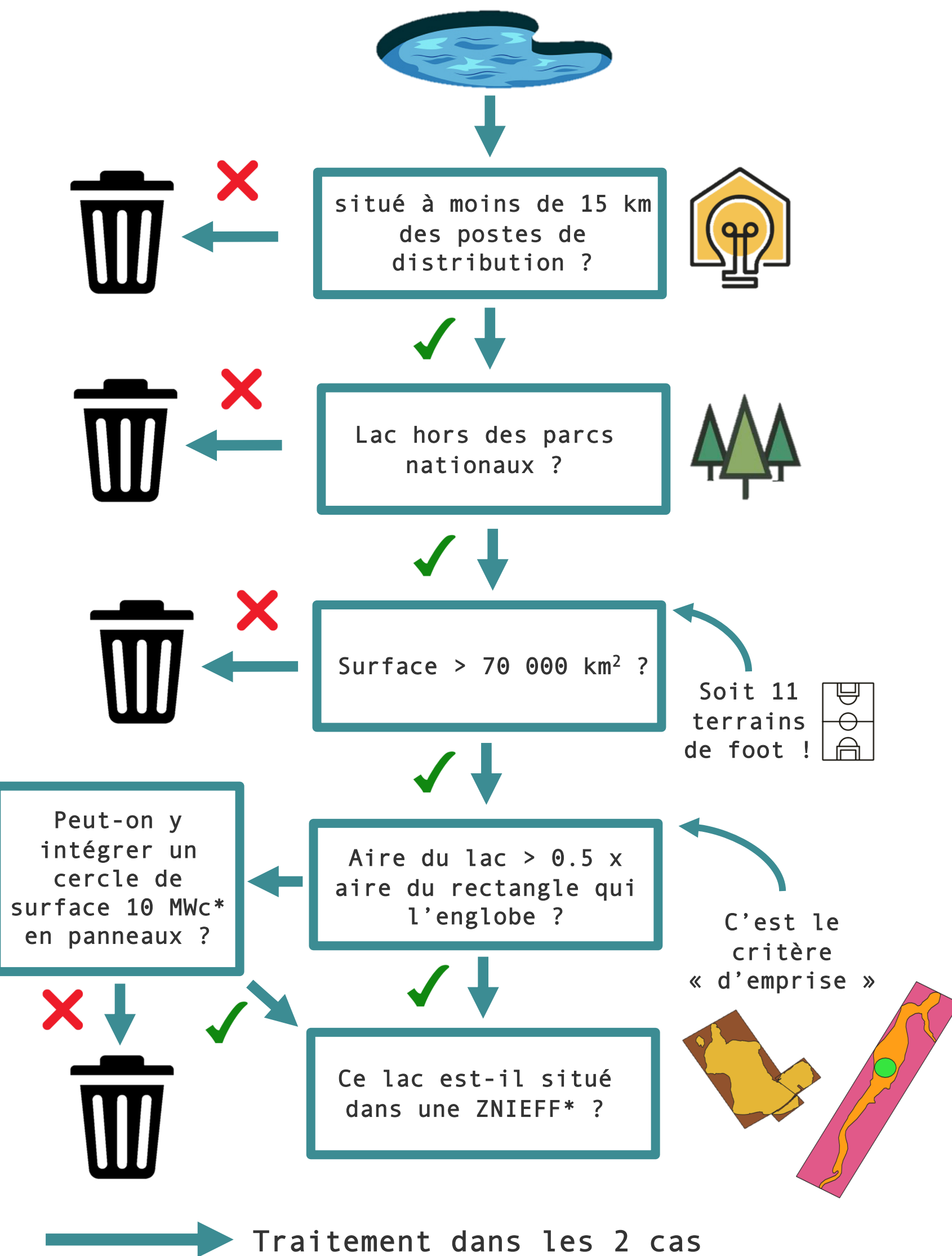
- Possibilité de couplage avec des systèmes hydroélectriques déjà existants en s'installant sur les lacs de barrage réduisant leur évaporation permettant un exploitation flexible.
- Pas de compétition avec les terres. Aussi une solution pour les régions insulaires de part l'installation possible sur mer quand celle-ci y est propice.
- Moins de préparation nécessaire au site (nivellement notamment)
- Moins de poussières à gérer
- Un rendement supérieur au PV terrestre

Quels sont alors les principaux freins ?

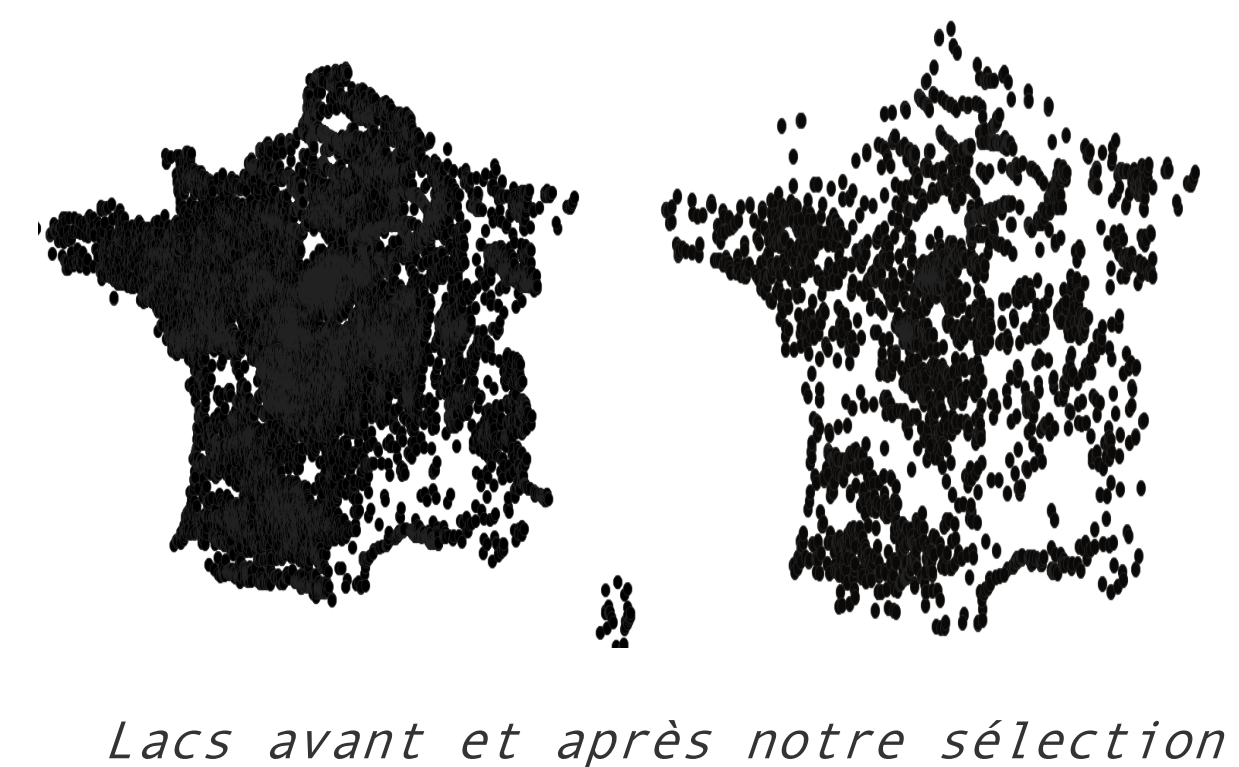
- La législation reste encore le plus gros frein au développement du FPV en raison du manque de précision quant à l'exploitation énergétique des lacs et des côtes.
- Le polyéthylène utilisé pour les panneaux solaires n'est pas nocif, il est même utilisé dans nos canalisations d'eau douce.
- Le manque de recul concernant les conséquences sur la faune et la flore est certain. De très nombreux espaces aquatiques sont protégés en France. Il faudra en tenir compte dans notre étude.
- En terme de coups supplémentaires, il faut prendre en compte l'encrassement lié aux algues ainsi que les flotteurs et les fixations en fonds. Ces derniers tendent à baisser le développement des filiales.

Nous chercherons à étudier le potentiel des plans d'eau en France pour le FPV* à l'aide du logiciel de traitement d'images satellites QGIS ainsi qu'à estimer la faisabilité économique de telles installations.

Comment choisit-on si un lac est viable ou non pour le FPV* ?



Voici nos résultats :



Concernant le potentiel en exploitant ou non les ZNIEFFS

En exploitant les ZNIEFFS

Surface occupée maximale : 2455 km²
 Nombres de lacs concernés : 3108 lacs
 Puissance installée : 245 GW
 → Soit 100 fois la surface de PV* installée en France en 2019

En n'exploitant pas les ZNIEFFS

Surface occupée maximale : 1546 km²
 Nombres de lacs concernés : 1686 lacs
 Puissance installée : 155 GW
 → Soit 60 fois la surface de PV* installée en France en 2019

A retenir : le facteur X1.5 entre les deux situations

Quid de la puissance générée ?

Il convient de rappeler que ces données en Wc ne correspondent qu'à des surfaces. La puissance réellement fournie nous intéresse tout autant.

Pour passer de ces résultats à la puissance générée, nous avons croisé les données de latitude et longitude des lacs fournies par QGIS avec la carte de l'ensoleillement en France

Il vient ainsi : $Puissance\ produite\ par\ un\ lac\ (W) = ensoleillement\ au\ centre\ du\ lac\ (W.m^{-2}) * surface\ du\ lac\ (m^2) * rendement * taux\ de\ couverture.$

Nous avons fixé le rendement d'un panneau solaire à 20 % et la couverture des lacs à 50 %. Il faut noter que le potentiel français en puissance générée est directement proportionnel à ce taux de couverture. Les pertes dues à la conduction électriques n'ont pas été prise en compte, on les considère négligeables.

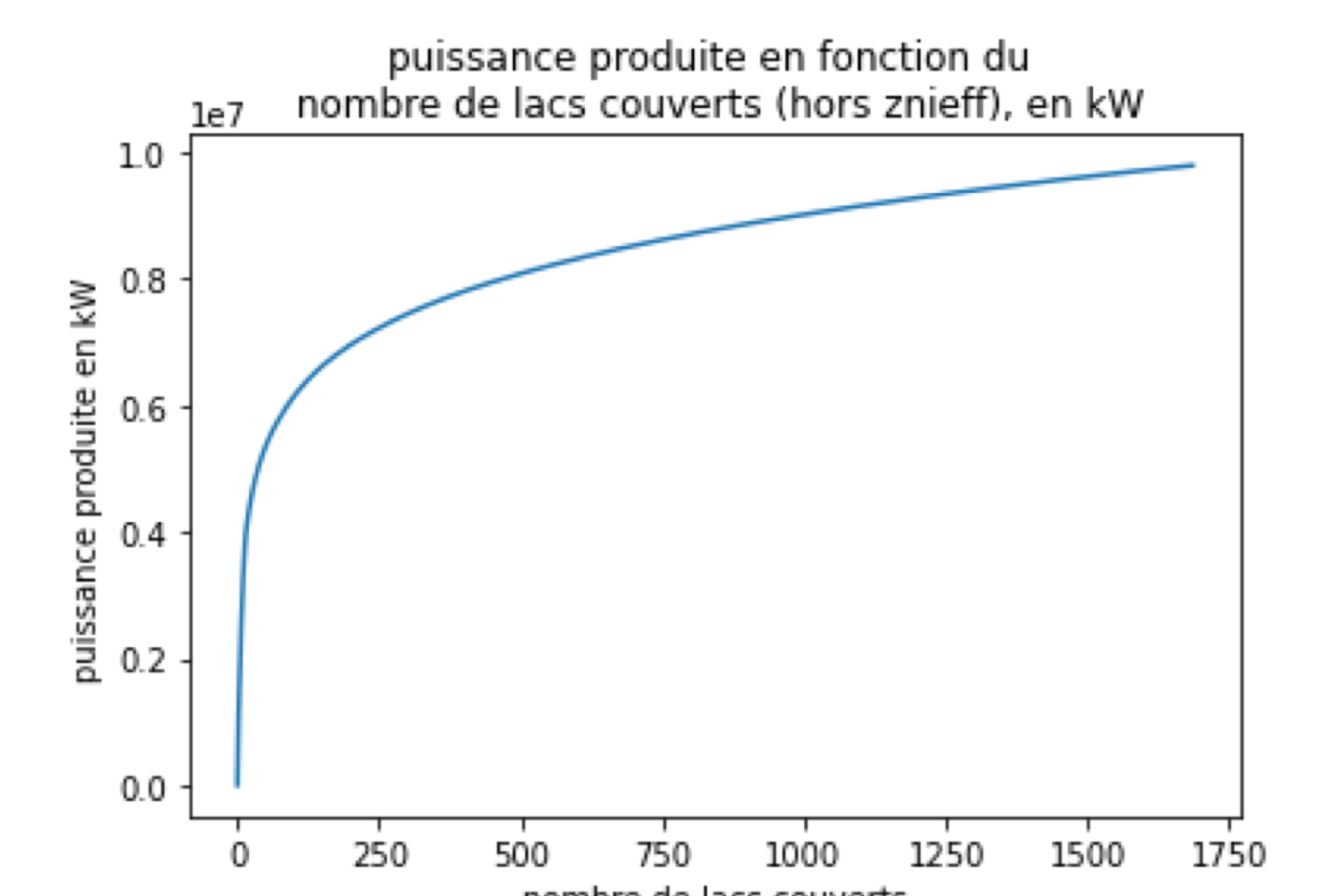
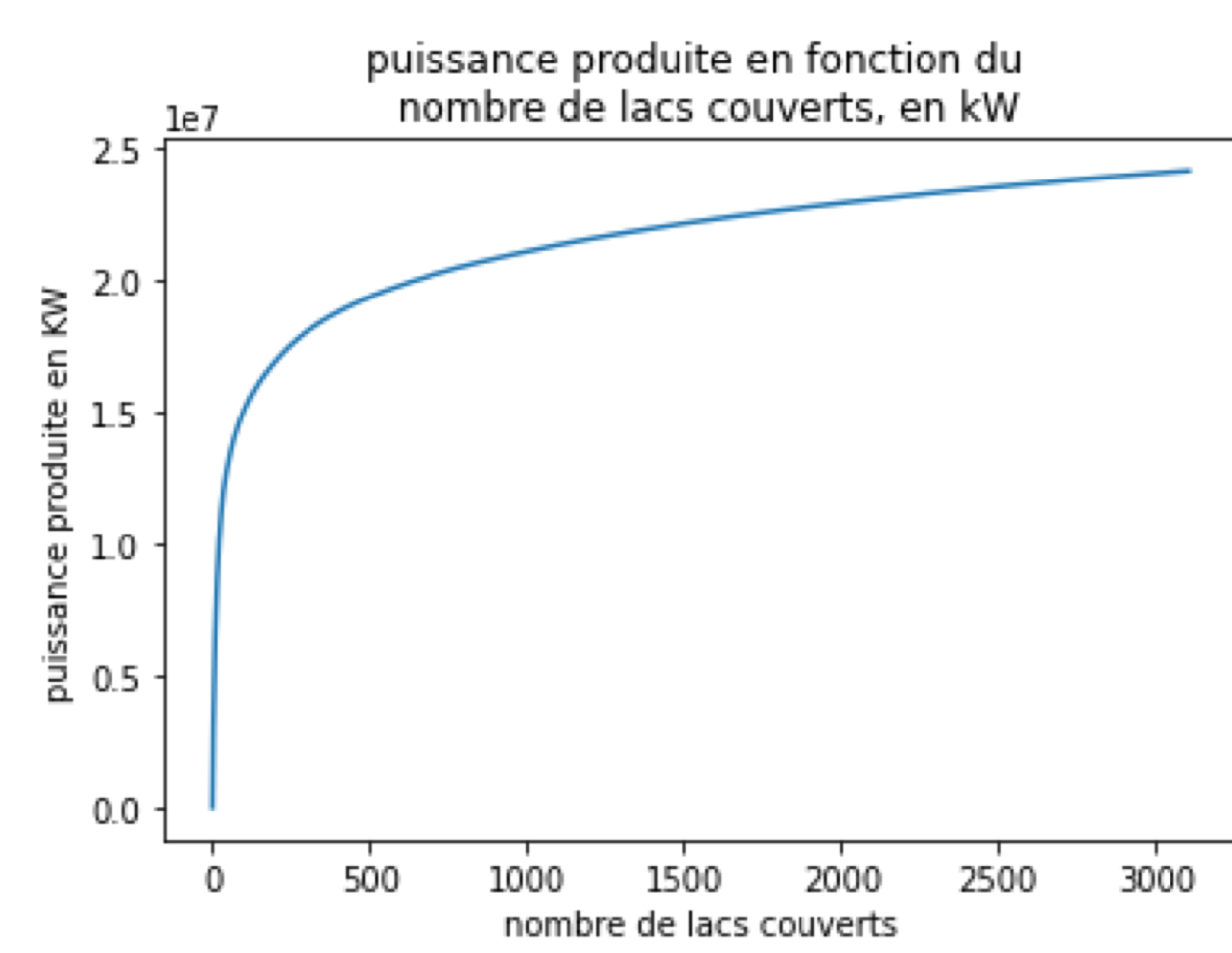


Constat intéressant

Aménager de nombreuses petites surfaces de plans d'eau peut se révéler à la fois très coûteux en installation et en logistique. Il nous a donc paru intéressant de tracer la puissance générée par nos panneaux FPV en fonction du nombre de lacs aménagés, lacs étant comptés dans l'ordre décroissant de leur surface.

On remarque une courbe dont la croissance s'affaïsse au-delà de 500 lacs couverts, en prenant en compte ou non les ZNIEFFS.

Si on considère le cas où les ZNIEFFS ne sont pas exploitées, à 500 lacs couverts, 80 % de la puissance exploitable est déjà générée, bien loin des 1700 lacs viables repérés..



Lacs de surface de plus en plus petite

Parlons un peu argent

Afin de vérifier la faisabilité économique des projets de photovoltaïque flottant, nous avons calculé le prix minimal de revente de l'électricité afin d'être rentable sur 20 ans, durée que nous avons choisie car c'est l'ordre de grandeur de la durée de vie d'un tel panneau. Pour calculer ce prix minimal de revente, nous avons utilisé les données suivantes :

- Coût d'installation d'un Wc de panneau solaire : 1.2 euros
- Coût d'entretien d'un panneau solaire : 0.13c par Wc sur 20 ans
- Taux d'emprunt : 1%

Le coup de l'énergie est calculé de la façon suivante :

$$\text{Coût} = (\text{OPEX} + \text{CAPEX}) / \text{énergie produite}$$

L'OPEX correspond aux dépenses d'exploitation (calculé sur 20 ans), le CAPEX au coût de l'installation.

Bien sûr, ce coût varie d'un lac à l'autre, ci-dessous quelques exemples :

Nom du plan d'eau	Surface (en m ²)	CAPEX (en euros)	OPEX (en euros, sur 20 ans)	Prix au kWh produit (en euros)	Présent dans une ZNIEFF ?
étang du grand Salvert	150 480.0	12 158 784.0	1 304 160	0.048291	Non
Le plan d'eau	167 420.0	13 527 536.0	1 450 973	0.033213	Oui
Moyenne	789 669.8	63 805 323.3	6 843 805.3	0.0415	-

Avec les ZNIEFFS : 30 GW produits
 Sans les ZNIEFFS : 16 GW produits

Soit un équivalent de 15 à 30 réacteurs nucléaires de taille moyenne.

Remarque : en 2019, la puissance installée sur tout le territoire français était de 135 GW



On obtient donc en moyenne un prix de revente avoisinant 4 centimes par kWh. Ce résultat a été confronté au calcul réalisé par un logiciel automatisant le processus (SAM) qui fournit un prix de revente de l'ordre de 5 cents soit près de 4,5 centimes le kWh. Nous pouvons donc être satisfait de nos résultats. Ci-dessous les résultats de SAM pour le réservoir de Naussac d'une surface de 260 000 m².

Metric	Value
Annual energy (year 1)	86,951,648 kWh
Capacity factor (year 1)	19.9%
Energy yield (year 1)	1,739 kWh/kW
Performance ratio (year 1)	0.83
Levelized cost of energy	5.63 ¢/kWh

Production énergétique annuelle

Rendement de 20 %

Prix de production en cents/kWh

En conclusion

Notre approche s'est bien voulue pertinente de part ces résultats qui respectent bien des ordres de grandeurs pertinents ainsi qu'un coût final de revient de l'électricité cohérent avec les prix actuels. La France possède bien un réel potentiel en photovoltaïque flottant. D'autre part il faut remarquer que notre étude se concentre sur les lacs français, la piste des installations côtières reste encore à explorer.

Lexique *

FPV : Photovoltaïque flottant.

PV : Photovoltaïque.

MWC : 1 kWc correspond ici à 5 m² (surface nécessaire de panneaux pour produire 1 kW lorsqu'ils sont éclairés perpendiculairement à 1000 W/m²).

ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique.