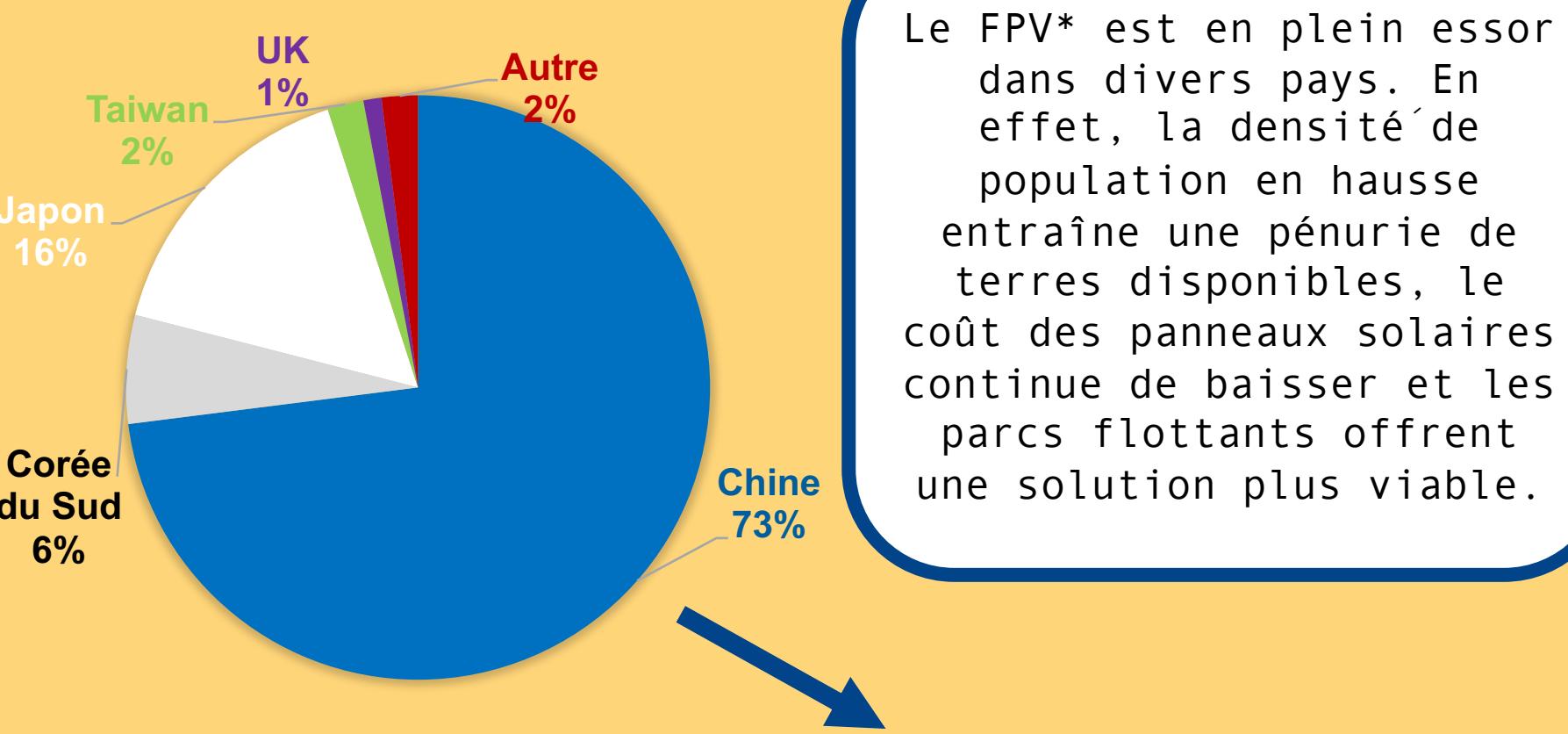


Evaluation du potentiel des plans d'eau en France pour le photovoltaïque flottant

Buthmann Guillaume, Basagac Mehmet, Goubault Augustin, Paolini Arthur, Stoll Martin

Situation actuelle

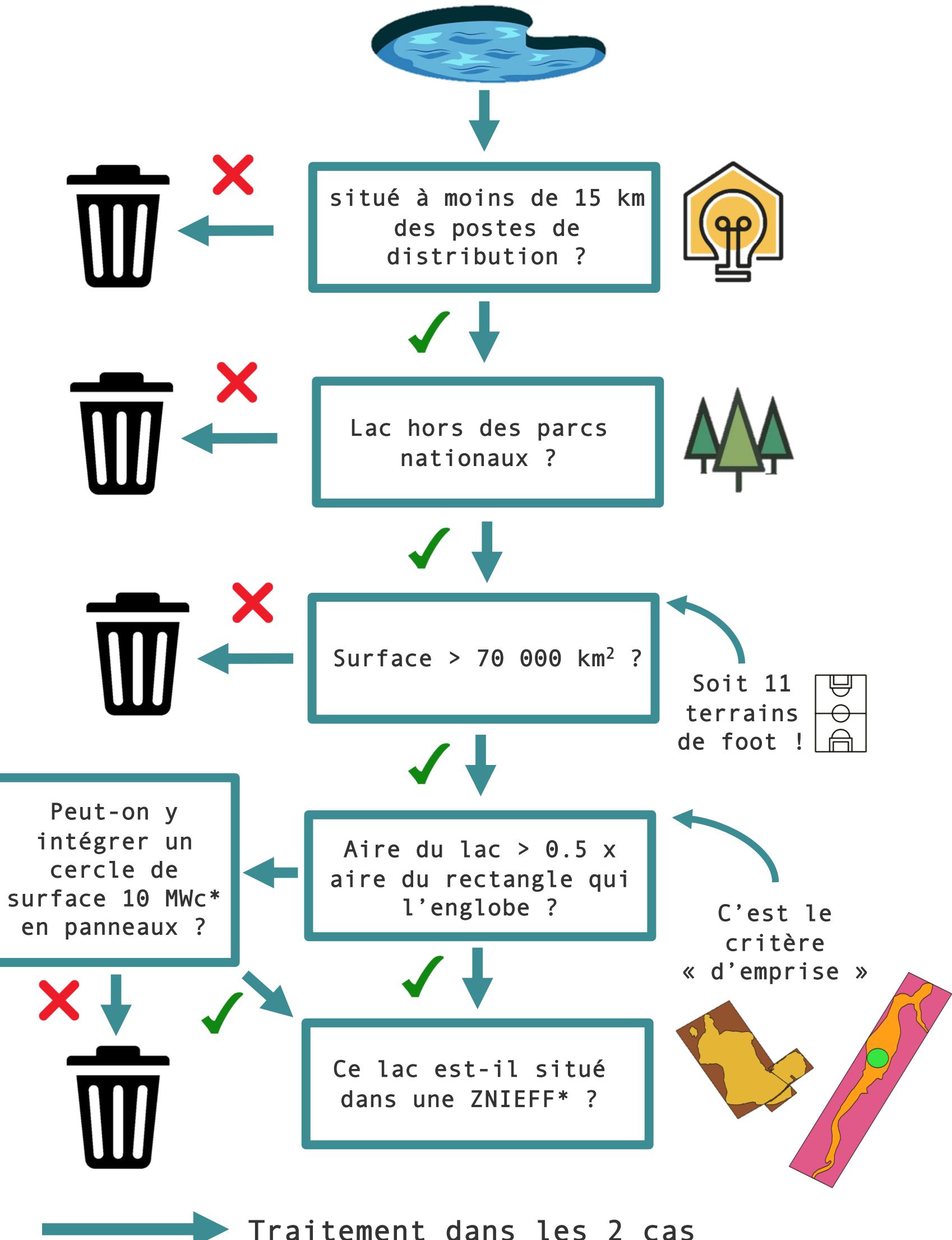


Grande marge de progression pour la France :
La France ne possède aujourd'hui qu'une seule centrale d'une capacité de 17 Mw dans le Vaucluse. Cependant, plusieurs projets sont déjà en cours de réalisation en Haute-Marne, dans les Hautes-Alpes et dans les Bouches du Rhône et pourraient porter cette capacité à plus de 120 Mw. 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 Mw* en Chine ainsi que 180 Mw au Japon. Certains pays insulaires ou ayant peu de fonciers disponibles y trouvent un réel avantage

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* ?



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 :

Cout d'installation d'un Wc de panneau solaire : 1.2 euros

Cout 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	1 304 160	0.048291	Non
Le plan d'eau	167 420.0	13 527	1 450 973	0.033213	Oui
Moyenne	789 669.8	63 805	6 843 805.3	0.0415	-

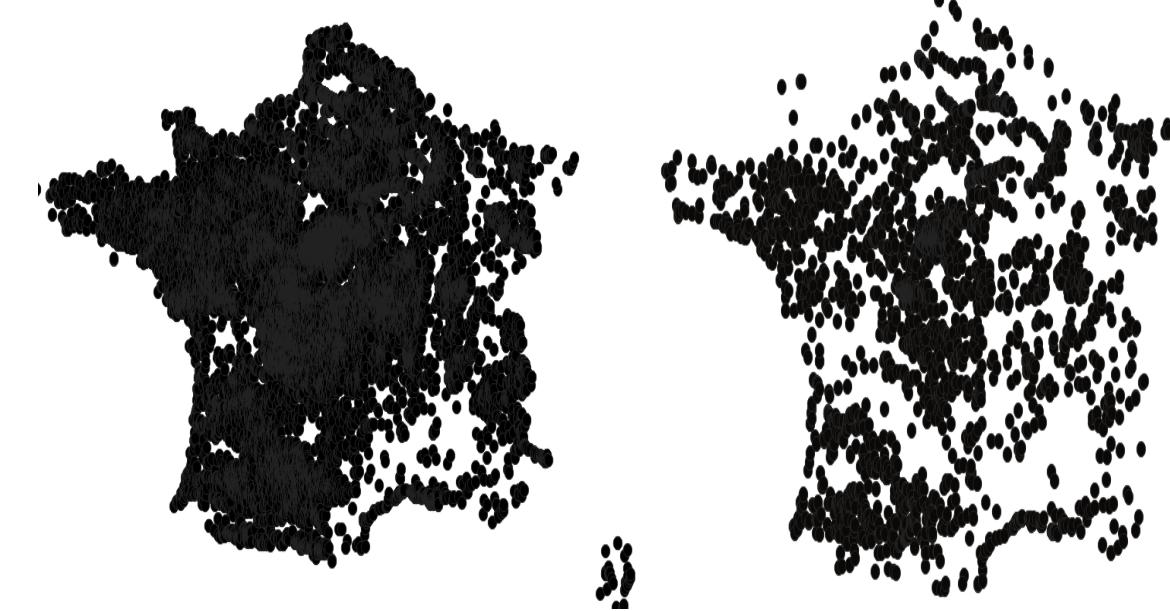
Les avantages d'un tel système

- 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 (nivellation 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 canalisation 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'enrassement lié aux algues ainsi que les flotteurs et les fixations en fonds. Ces derniers tendent à baisser avec le développement des filiales.

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 GWc

→ Soit 100 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.

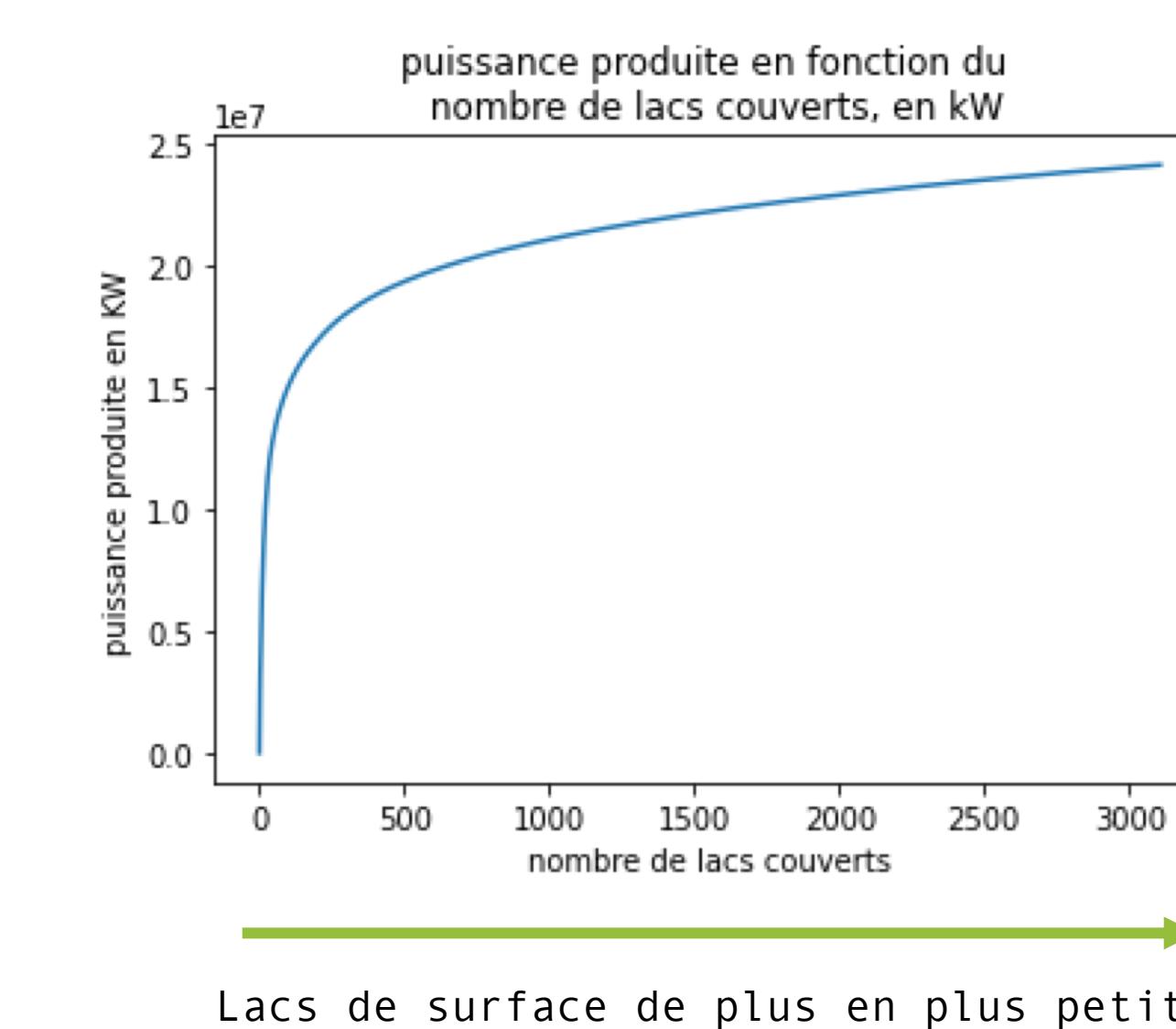
Pour passer de ces résultats à la puissance générée, Nous avons croisé les données de latitude et longitude des lacs fournies par QGIS avec la carte de l'ensoleillement en France

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

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 électrique n'ont pas été prise en compte, on les considère négligeables.

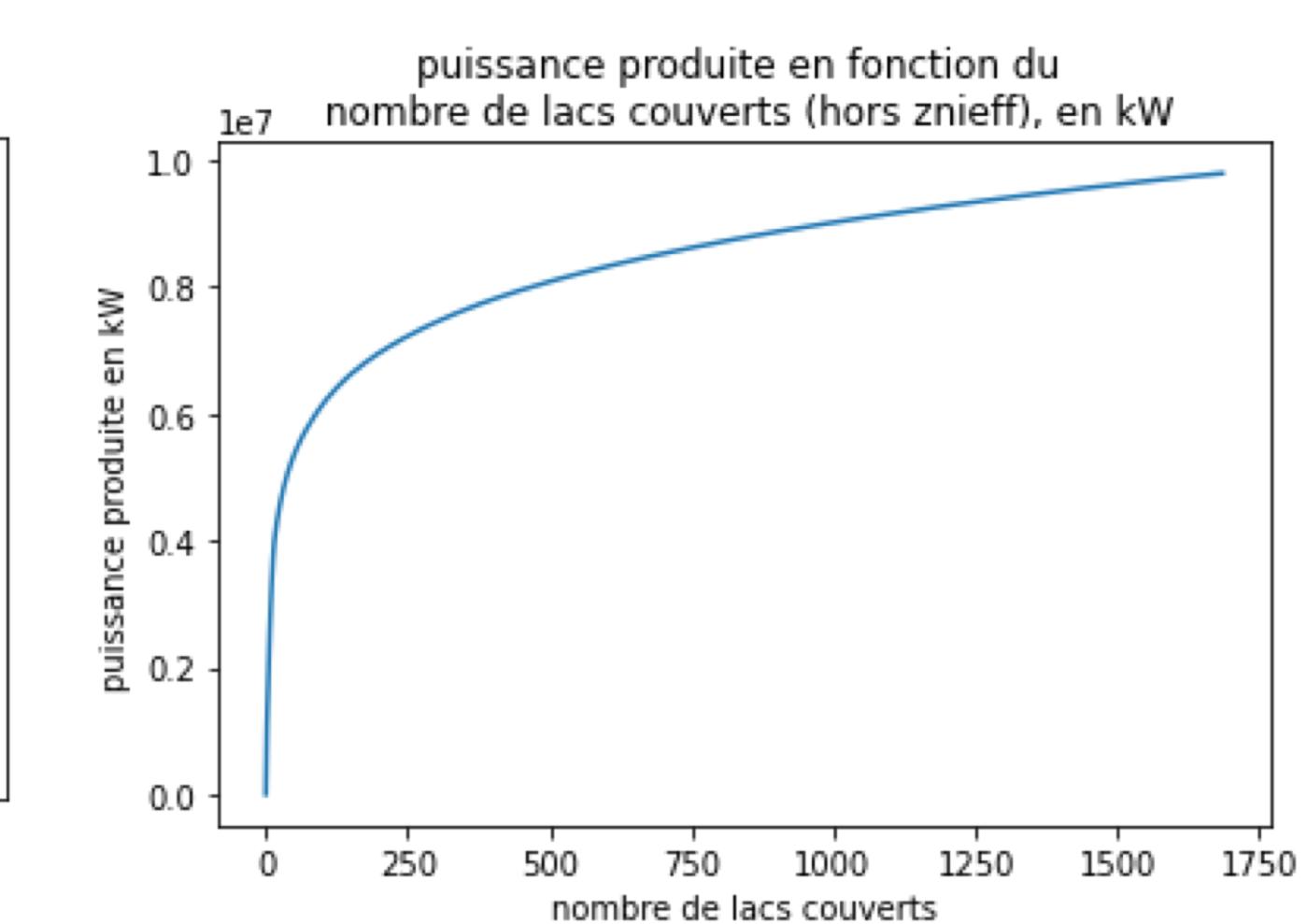
Constat intéressant

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'affaisse 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 exploitée est déjà générée, bien loin des 1700 lacs viables repérés..



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.

Mw : 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.