

Dans la revue « Takakia » un article sur la chimie industrielle m'a fait tilter sur le mot « **implantation** ». Je me suis dit ; « c'est ça, c'est le mot qu'il faut employer pour les PPV au lieu de parler d'une « **installation d'un parc photovoltaïque** ».
Installer : mettre en place, établir, loger
Implanter : introduire et établir solidement
 Le mot « implantation » correspond mieux à mon avis à l'introduction de quelque chose d'étranger (ici à un territoire) et qui y est mis de force. Ça correspond bien avec les panneaux solaires des centrales photovoltaïques !

Chapitre II – Production, pollution, composition des panneaux et recyclage

1 – Sources d'énergie

J'y vais d'une évidence : toute source d'énergie ou plutôt toute exploitation d'une source d'énergie pollue. Bois, charbon, pétrole, gaz, nucléaire, éolien, solaire, biomasse, ... chacune de ces possibilités pollue à des niveaux différents, de son extraction, sa transformation, son acheminement... à sa consommation

« Chaque source d'énergie modifie l'environnement et a des conséquences différentes sur la santé humaine. (<https://www.academie-technologies.fr/>)

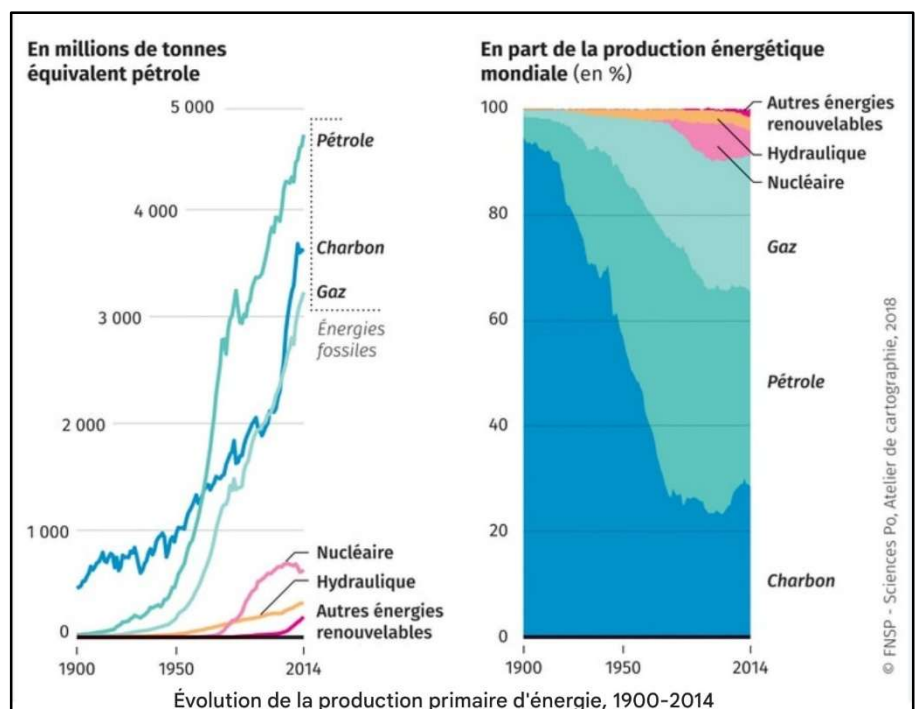
La production, le transport et l'utilisation de l'énergie produisent des déchets et des effluents en quantité et de nature très variables ». (<https://www.techniques-ingenieur.fr/>)

Voir l'interview de Jean-Baptiste Fressoz (« Sans transition. Une nouvelle histoire de l'énergie ») sur le site

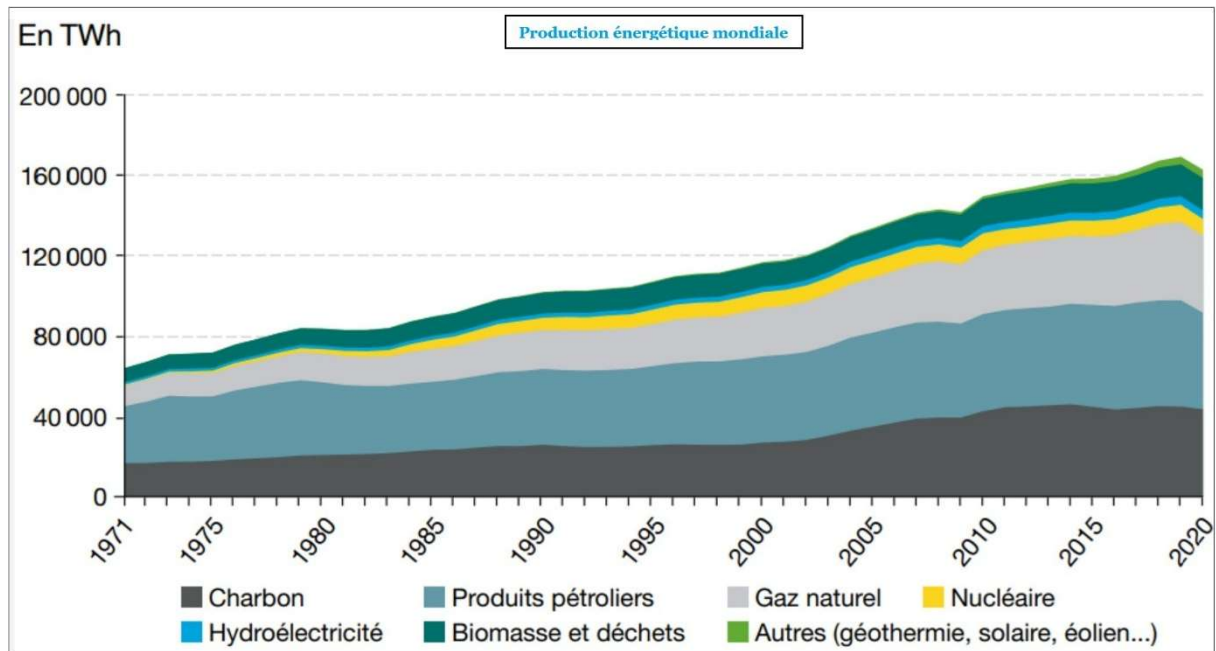
Reporterre.net
 (<https://reporterre.net/Jean-Baptiste-Fressoz-La-transition-energetique-n-a-pas-commence>)

Donc, tout le discours sur le côté « écologique » des PPV ne mentionne que rarement les nuisances de cette source d'énergie.

Le tableau ci-contre montre l'évolution énergétique mondiale de 1900 à 2014. Cela ne concerne pas uniquement les énergies utilisées pour la production d'électricité.



Le tableau ci-dessous montre bien qu'au cours des 50 dernières années, le développement de nouvelles sources d'énergie n'a jamais permis d'annuler les énergies utilisées auparavant. Bien au contraire, leur utilisation n'a fait que croître d'année en année.



2 – Origine du silicium

Quand on dit panneau photovoltaïque (PPV), on pense tout de suite au silicium.

Mais, ça vient d'où le **silicium** (Si dans le tableau périodique des éléments). On trouve un article super détaillé sur Wikipédia (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Silicium> , revu en 2026). Je cite :

« Le silicium est le deuxième élément le plus abondant dans la croûte terrestre après l'oxygène, et constitue 25,7 % de sa masse ».

Autre site plein de renseignements : photovoltaïque.info.fr ⁽¹⁾ (voir « les filières au silicium » de novembre 2024). Le silicium ne se trouve pas tel quel dans la croûte terrestre. Il faut partir du quartz (ou du quartzite), ou du sable.

Un site encore plus éclairant : <https://www.gnb.ca/fr.html> .

On part des roches, viennent ensuite le sable, la silice puis le silicium



Mais, le **quartz (ou le quartzite)**, ça vient d'où ? **Le quartz est la forme naturelle cristalline la plus abondante de la silice dans la nature !!** Il suffit donc de se servir... (voir aussi <https://gq.mines.gouv.qc.ca/portail-substances-minerales/la-silice/>).

¹ <https://www.photovoltaïque.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaïques/technologies-de-cellules-solaires-photovoltaïques/les-filières-au-silicium/>

Wikipedia précise :

« Constituant 12 % (en masse) de la lithosphère, le quartz est le minéral le plus commun de la croûte terrestre (l'oxygène et le silicium sont respectivement les premier et deuxième constituants de la lithosphère, par ordre d'importance). » ⁽²⁾

Mais le silicium n'est-il pas contenu dans le quartz ?

Le quartz est un minéral dur composé d'atomes de silicium (Si) et d'Oxygène (O) : voir <https://samasinc.com/fr/comment-extraire-le-quartz-etape-par-etape-processus-de-production-et-effets-environnementaux/>

Et le **quartzite** ? C'est simplement une roche presque entièrement constituée de quartz. ⁽³⁾

Pour extraire le quartz ou le quartzite, on trouve des exploitations à ciel ouvert ou en souterrain. Suivent ensuite les procédés de traitement pour obtenir la silice.

Le quartz est à l'origine de la majeure partie du verre de notre société (<https://commonminerals.esci.umn.edu/>). Il sert aussi à la fabrication de la céramique ou de moules de fonderie en métal. Le grès, composé principalement de quartz est une pierre très importante dans la construction. N'oublions pas aussi que de nombreuses variétés de quartz sont des pierres précieuses (améthyste, citrine, quartz fumé ou rose).



Pour parvenir à la silice, on recherche des sables siliceux : il doit contenir au moins 95 % de silice et moins de 0,6 % d'oxyde de fer. On parle alors de sable ordinaire (<https://shawresources.ca/>). On l'extrait des fonds marins et fluviaux, des déserts ou des montagnes (<https://www.zenithcrusher.com/>).

Voir aussi <https://mineralinfo.fr/fr> : memento roches et minéraux industriels ⁽⁴⁾. Je suis pour ma part interpellée par l'association de « **roches et minéraux** » avec « **industriels** ». Le site date de 1998 mais l'exploitation et le traitement des sables siliceux n'ont pas dû beaucoup changer depuis. L'exploitation se fait au moyen de « **dragues suceuses** » flottantes pour les dépôts situés sous le niveau des nappes phréatiques (et ça ne perturbe pas le fonctionnement des « nappes » ?) ou par des pelles mécaniques dans le cas de sites à sec. Sur la page 47, il y a un schéma (reproduit ci-contre) pour le traitement du sable afin de parvenir à la silice. Ça fait moins peur un schéma bien propre qu'un site en vrai...

Regardez donc aussi une petite vidéo sur une « usine de lavage de sable de silice 200 tph (tonnes par heure) pour les sables de verre en Tunisie (projets CDE) » ⁽⁵⁾

Ou encore cette autre vidéo « Usine De Traitement De Sable De Silice 50 TPH » ⁽⁶⁾ Et d'où provient toute l'énergie nécessaire au fonctionnement de ces machines ?

² [https://fr.wikipedia.org/wiki/Quartz_\(min%C3%A9ral\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Quartz_(min%C3%A9ral))

³ https://cerm.uqac.ca/trcm/wp-content/uploads/sites/4/2021/05/FI_02_Quartz_2020.pdf

⁴ https://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/documents/2021-03/silice_rr-40348-fr_1998.pdf

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=BRBp2gizHMs>

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=aiBSPJf50mY>

Sur le site

<https://www.ixscmachine.com/fr/?s=silice&trp-form-language=fr>

on peut lire : « Dans presque tous les cas, l'extraction de la silice utilise des méthodes d'exploitation à ciel ouvert ou par dragage... A l'exception de la perturbation temporaire de la zone immédiate pendant les opérations d'extraction, l'exploitation du sable et du gravier a généralement un impact limité sur l'environnement. » Ça me donne bien envie d'obliger l'auteur de ce paragraphe d'aller vivre à côté d'une carrière !

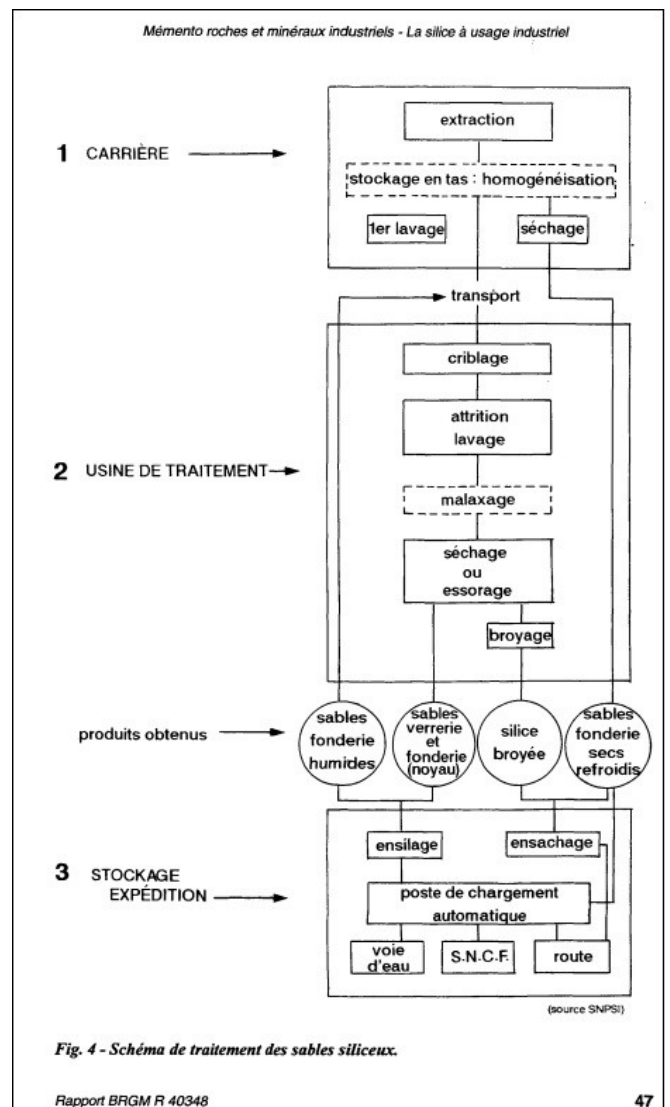
Donc, une fois qu'on a du sable siliceux, on doit passer à l'étape de purification :

« Il suffit de charger les matières dans le bac à matières premières à l'aide d'un camion, d'une excavatrice ou autre moyen. Le crible vibrant à haute fréquence permet de séparer le sable siliceux de 0 à 2 millimètres et de l'envoyer dans le laveur à attrition ». Comme ça paraît simple et sans conséquences !

Sur d'autres sites, on apprend que le sable est transformé en silicium pur par chauffage avec du coke à une très forte température (3 000°C). Il s'ensuit bien sûr une production de dioxyde de carbone (CO₂) en grande quantité. Encore un procédé particulièrement énergivore et générateur de gaz polluants.

Pour Wikipédia « Le silicium d'une pureté de 96 à 99 % est obtenu en réduisant du quartzite ou du sable avec du coke très pur. La réduction s'effectue dans un four à arc électrique, un excès de dioxyde de silicium étant utilisé pour empêcher l'accumulation de carbure de silicium » (<https://fr.wikipedia.org/wiki/Silicium>).

Quels sont les pays exportateurs de sable siliceux ? Les USA, l'Union Européenne (<https://wits.worldbank.org/>), l'Algérie avec des gisements importants (<https://uconnect.umc.edu.dz/>) et le Brésil. Ajoutons aussi la Chine qui arrive au premier rang mondial pour l'extraction de sable marin.



Mais, attention, l'utilisation du sable ne se limite pas à la silice pour les PPV. En général, il sert surtout à la construction (bâtiments, voies ferrées, autoroutes, ...) et à la poldérisation mais également dans l'industrie du verre, dans la technique de la fracturation hydraulique, ... Or le granulat (sable, graviers, charges minérales) est une ressource non renouvelable ! ⁽⁷⁾ Cf. aussi l'article du journal Le Monde du 4 septembre 2022. ⁽⁸⁾

Tout ça pour en arriver finalement à récupérer des cristaux de quartz (soit dans le sable, soit dans une mine de quartz), cristaux composés essentiellement de dioxyde de silicium (silicium + oxygène) autrement dit, de la silice. Ouf ! Après moult procédés mécaniques et chimiques, on arrive finalement à notre « cher » silicium en passant par la silice !

Et les définitions de la silice ? Pas si simple que ça pour s'y retrouver sur les différents sites !

- Wikipédia : la silice est la forme naturelle du dioxyde de silicium. Elle existe à l'état libre sous formes cristallines ou amorphes ou combinées dans les silicates.
- Capsoleil-energie.com (2024). Définition de la silice : c'est un composé chimique minéral dérivé du silicium. Elle est surtout extraite de roches sédimentaires comme le sable. C'est la silice amorphe qui est déposée sur un substrat en couches minces pour fabriquer des cellules photovoltaïques. Mais il est nécessaire d'utiliser du dioxyde de silicium hydrogéné pour obtenir des propriétés semi-conductrices. (Et hop, encore une opération certainement pas bien « verte ». J'ai dû rater l'opération qui fait passer la silice en dioxyde de silicium hydrogéné.)
- Autre site intéressant, celui du gouvernement du Nouveau Brunswick ⁽⁹⁾. Cet article site les terrains qui sont exploités et où il y a des gites de silice : le sable du crétaé ; le grès quartzueux du carbonifère tardif, ... Quelques photos de roche laissent supposer le bouleversement de ces endroits lors de l'exploitation.
- <https://mi-france.fr/> . La silice est composée exclusivement de silicium et d'oxygène. Le quartz est sa forme cristalline la plus courante. Présent dans presque toutes les roches, le quartz se présente sous forme de grains millimétriques dispersés ou soudés entre eux (quartzites). En quelques lignes, on a la composition, les gisements et les utilisations de la silice. C'est le site que j'ai trouvé le plus clair ⁽¹⁰⁾.

On arrive maintenant à l'extraction de la silice.

- Sciencedirect.com « L'extraction de la silice pure à partir de sources naturelles telles que la roche de quartzite ou le sable de quartz, nécessite généralement des méthodes conventionnelles impliquant des températures supérieures à 1 500 °C et des conditions de haute pression ». Bizarrement, ce passage est extrait d'un article intitulé « extraction de la silice à partir de la balle de riz : revue exhaustive et application ».
- D'autres sites parlent également de la silice extraite de la balle de riz.
- Je suis aussi tombée sur le site lelemantarium.fr. Il y est question d'une roche sédimentaire formée par l'accumulation de squelettes internes d'algues (les diatomées). C'est la diatomite qui contient 84 à 94 % de silice (après calcination à 1000 °C). Il y a des gisements dans le Cantal qui se sont formés à la fin du miocène entre 5 et 9 millions d'années ⁽¹¹⁾.
 - Page 3 – Sur 26 000 et quelques tonnes, il y en a 15 % exportées vers l'Espagne alors que les importations sont de presque 15 000 tonnes dont 23 % venant d'Espagne (??!!)

⁷ https://fr.wikipedia.org/wiki/Extraction_de_sable

⁸ <http://staja.fr/wp-content/uploads/2026/03/2022-09-04-le-sable-article-du-Monde.pdf>

⁹ https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/en/pdf/Minerals-Minerales/MCP_2-f.pdf

¹⁰ <https://www.mi-france.fr/mineraux/silice>

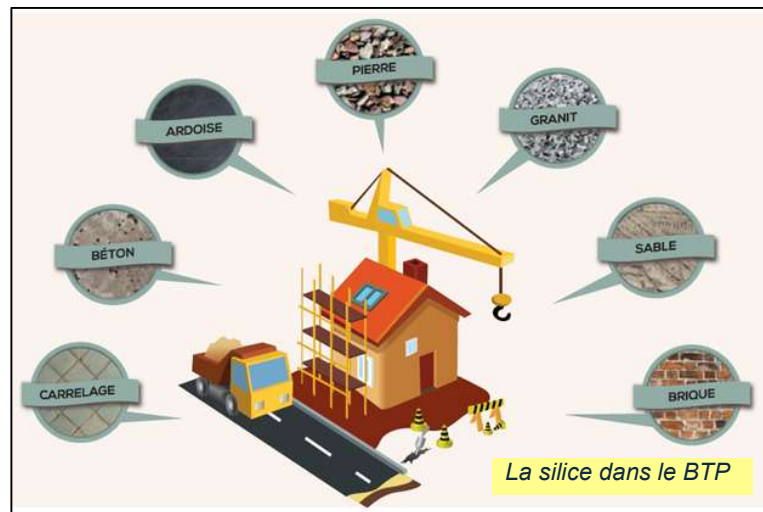
¹¹ <https://lelementarium.fr/wp-content/uploads/2018/08/Silices-naturelles-2022.pdf>

- Page 6 – Le développement de la production de gaz et de pétrole de schiste a entraîné une forte consommation de silice car les grains de silice permettent de maintenir la perméabilité de la roche fracturée !!

Et l'utilisation de la silice ?

Elle est multiple :

- produits cosmétiques, pharmaceutiques, alimentaires (anti-agglomérant)
- verre
- produits pour animaux de compagnie, ...
- 95 % sont utilisés dans la construction comme la production de béton. Sur le site alfatestlab.com ⁽¹²⁾, on lit « Environ 95 % de l'utilisation commerciale du dioxyde de silicium (sable) a lieu dans l'industrie de la construction, par exemple pour la production de béton (béton de ciment Portland). » Or, dans le sable, il n'y pas que de la silice... Va comprendre.



Et le silicium, quelles utilisations ?

Il est utilisé

- pour des alliages avec l'aluminium, avec le fer dans l'automobile ou l'aviation
- dans les matériaux de construction,
- les silicones,
- les dispositifs électroniques et les semi-conducteurs
- et donc pour les cellules photovoltaïques



Voilà encore 3 sites qui abordent l'utilisation du silicium :

- photovoltaïque.info ⁽¹³⁾
- mineralinfo.fr sur l'utilisation et la production de silicium ⁽¹⁴⁾
- et, déjà cité, lelementarium.fr ⁽¹⁵⁾

Et le prix ?



Bien difficile à le trouver précisément d'autant plus que, fréquemment, on le trouve exprimé en CNY, c'est-à-dire dans la monnaie officielle chinoise (notée d'ailleurs CNY quand elle est employée en Chine ou CNH pour l'étranger, c'est-à-dire le yuan ou renminbi) ou bien aussi en dollars US. (sources : <https://fr.tradingeconomics.com/>)

¹² <https://www.alfatestlab.com/fr/les-differentes-formes-et-applications-du-dioxyde-de-silicium-silice/>

¹³ https://www.photovoltaïque.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaïques/technologies-de-cellules-solaires-photovoltaïques/les-filieres-au-silicium/#:~:text=Le%20silicium%20est%20le%20deuxi%C3%A8me,le%20quartz%20et%20les%20fel_dspaths.

¹⁴ <https://www.mineralinfo.fr/fr/substance/silicium-metal-si>

¹⁵ <https://lelementarium.fr/element-fiche/silicium/>

Donc, en 2026, le 6 mars, la tonne de silicium valait 8625 CNY la tonne donc environ 1 080 €. Le prix le plus élevé qu'on ait trouvé était 13 650 CNY la tonne (1 700 €) et le plus bas 7 015 CNY la tonne (877 €).

Autre petit problème, de quel silicium parle-t-on exactement ? Le silicium-métal ? Sur le site revolution-energetique.com, on peut lire « La tonne de silicium-métal produite en France se vend environ 2 300 €, contre 1 500 € pour celle importée de Chine. » ⁽¹⁶⁾

Peut-être que les industriels s'y retrouvent avec tous ces prix, moi non mais ce n'est pas grave, je n'ai pas l'intention d'acheter quelques tonnes de silicium.

Quelques derniers petits points pour terminer ce paragraphe.

- Le silicone : la matière première en est le silicium pur et sa production implique l'utilisation d'hydrocarbures (dérivés du pétrole). <https://www.greenmatch.co.uk/>
- Attention aux possibles « erreurs » de traduction anglais/français :
 - Silicon (anglais) = silicium (français)
 - Silicone = silicone
 - Silica = silice

Désolée d'avoir été aussi longue dans cette énumération des origines du silicium. J'ai mis du temps à comprendre l'enchaînement quart-silice-silicium A ma décharge, la majorité des sites que j'ai pu consulter ne sont pas très clairs de prime abord. Et quand on voit tous les processus chimiques et mécaniques mis en place pour arriver au silicium, quelle que soit par ailleurs son utilisation, cela n'aide pas à une certaine simplification et compréhension.

D'autre part, ne faut-il pas être cynique ou adepte du « langage vert » ou encore manipulateur d'information ou simplement totalement désinformé pour utiliser des arguments « écolo » à propos de l'utilisation et de la fabrication des panneaux photovoltaïques,

En faisant ces recherches sur le quartz et le sable, j'ai vraiment ressenti le pillage de notre planète. L'industrie chimique, les domaines du BTP, la production de certaines énergies ont besoin de silice. Et bien, on se sert, ils se servent ! Peu importent les nuisances, la pollution, l'épuisement des ressources, ces grosses sociétés continuent ! Les bénéfiques financiers pour quelques-uns, les nuisances pour tous les autres !

¹⁶ <https://www.revolution-energetique.com/actus/du-silicium-photovoltaïque-bientôt-produit-en-france/>