



La démarche Low-tech : vers une Recherche Durable

Guillaume Guimbretiere* & Benjamin Pilot[✉]

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

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



Qui sommes nous ?

Guillaume Guimbretière

2002 - 2005 - Thèse de physique (Montpellier)

2005 – 2019 : Physico-chimie expérimentale
→ matériaux en conditions extrêmes : verres, combustible nucléaire, émissions volcaniques
→ développements instrumentaux (Bordeaux, Athènes, Orléans, La Réunion ...)



2019 →
Science de la Durabilité
Nexus Énergies / Technologies / Sociétés
→ Systèmes alimentaires durables
→ Recherche durable

2021 : AAP « Sciences frugales et innovation low-tech » de la MITI du CNRS

2022 : Bio-économie et boulangerie solaire

Benjamin Pillot



2014 : Thèse Énergétique (Univ Corse)

Électrification décentralisée
Systèmes renouvelables
Afrique subsaharienne



2014-2017 : Postdoc Brésil
2018-2020 : Postdoc Guyane



Transition Énergétique



2020 : CR IRD
UMR Espace-DEV
Science de la Durabilité



Notre système de recherche n'est pas durable (comme notre société)

↳ Il faut transiter vers une Recherche durable !

Définition d'une Recherche **Durable** ?

→ Sens d'une Recherche **non Durable** ?

(qui ne durera pas ...)

"Notre société n'est pas durable" ?

Des sociétés physiquement non-durables ...

Système fermé pour la matière



Thermodynamique

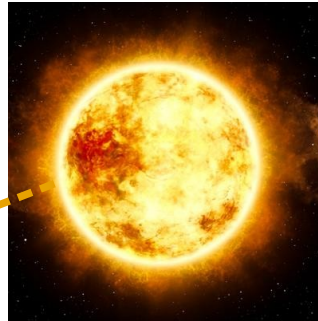


Énergie

Matière

Des pertes irréversibles ...

Système ouvert pour l'énergie (solaire)



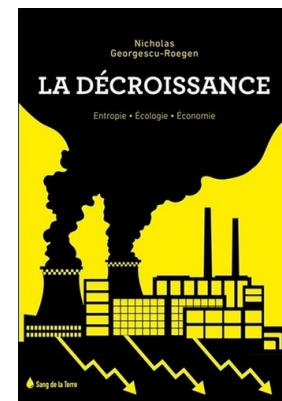
Une société bâtie sur des technologies inorganiques est non-durable

Disponibilité

Accessibilité

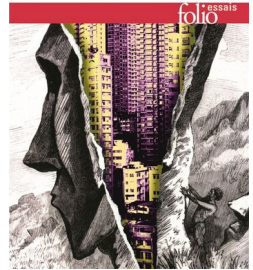


temps



N. Georgescu-Roegen (1979)

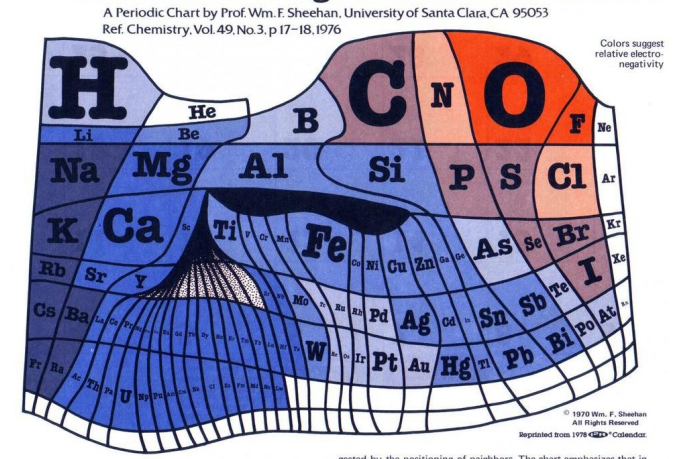
Jared Diamond
Effondrement



Quel timing ? - Les ressources matérielles :

Disponibilité ? Accessibilité ?

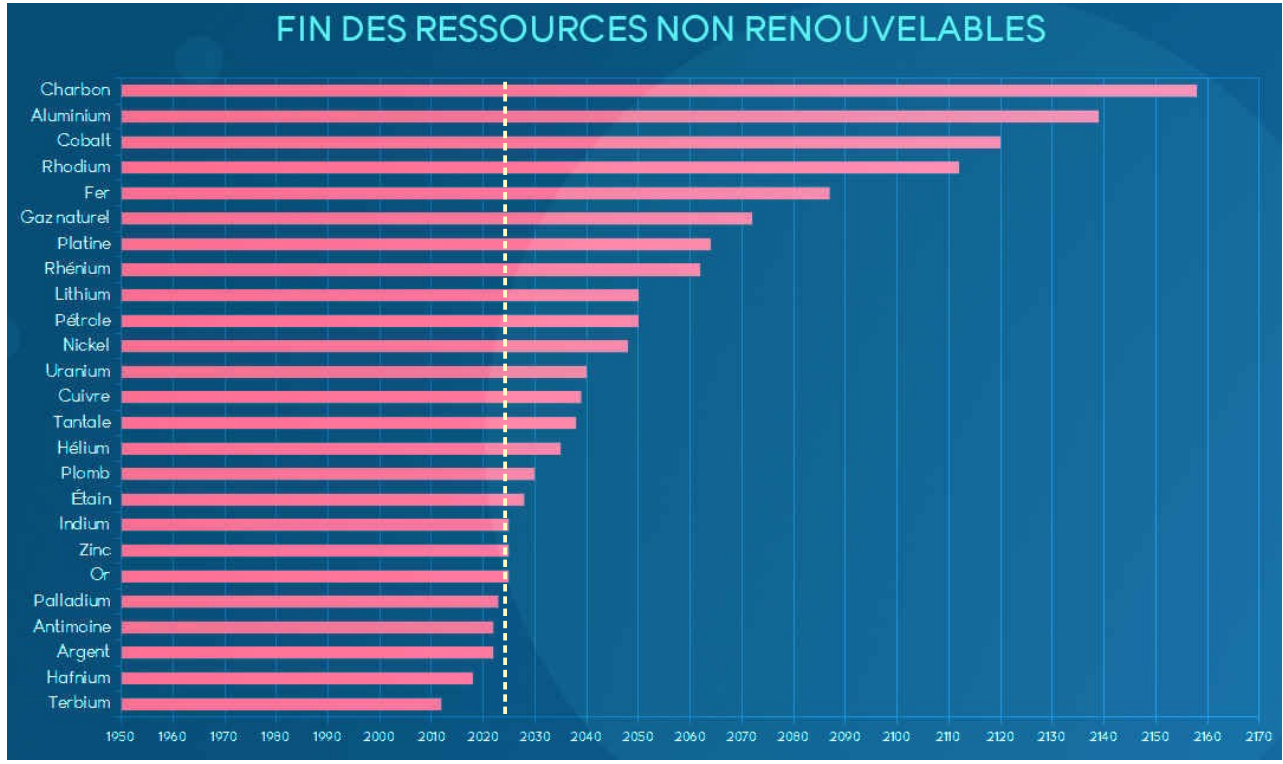
The Elements According to Relative Abundance



Roughly, the size of an element's own niche ("I almost wrote square") is proportional to its abundance on Earth's surface, and in addition, certain chemical similarities (e.g., Be and Al, or B and Si) are suggested by the positioning of neighbors. The chart emphasizes that in real life a chemist will probably meet O, Si, Al, ... and that he better do something about it. Periodic tables based upon elemental abundance would, of course, vary from planet to planet. . . W.F.S.

NOTE: TO ACCOMMODATE ALL ELEMENTS SOME DISTORTIONS WERE NECESSARY, FOR EXAMPLE SOME ELEMENTS DO NOT OCCUR NATURALLY.

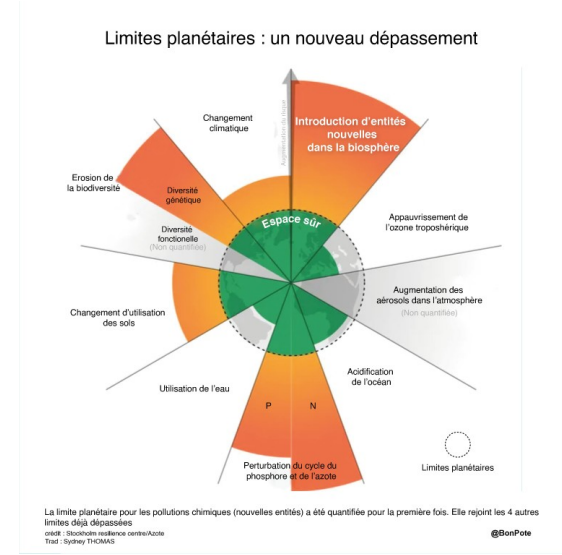
FIN DES RESSOURCES NON RENOUVELABLES



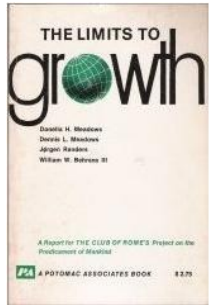
Prévision de l'US Geological Survey

➔ **Maintenant ...**

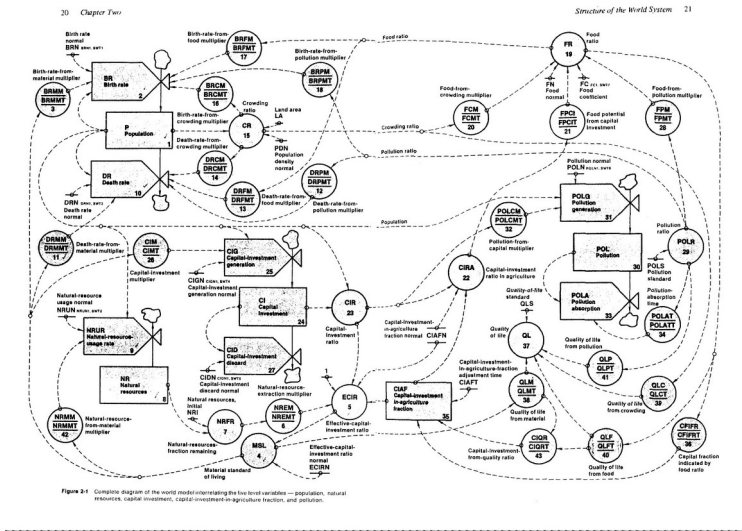
Renouvellement ?



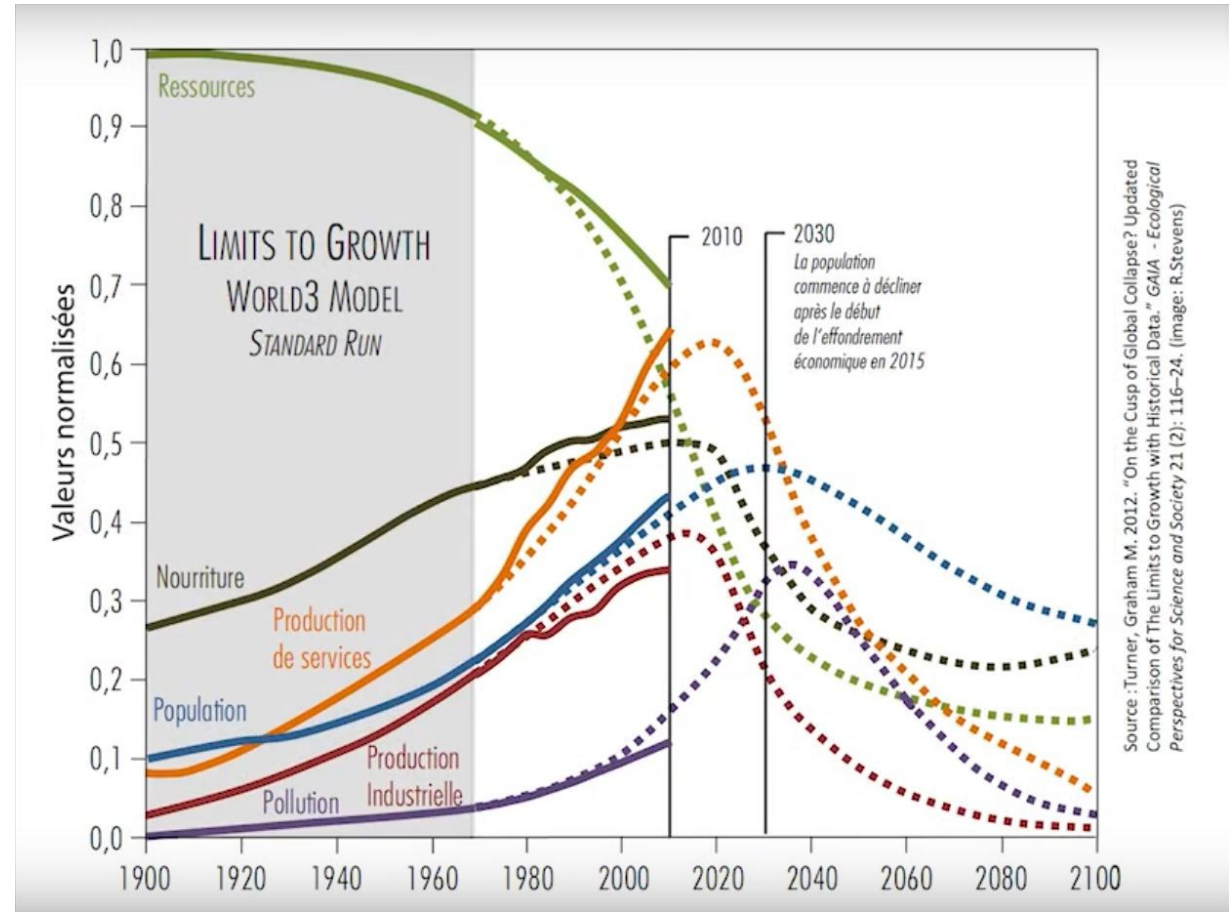
Quel timing ? - Le système :



The Limits to Growth
D.H. Meadows et al.
(1972)



*On the Cusp of Global Collapse ?
Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data
(G.M. Turner, GAIA 21/2 (2012) : 116 - 124)*



➔ **Maintenant ...**

En regardant le Taux de retour énergétique (EROI) ?

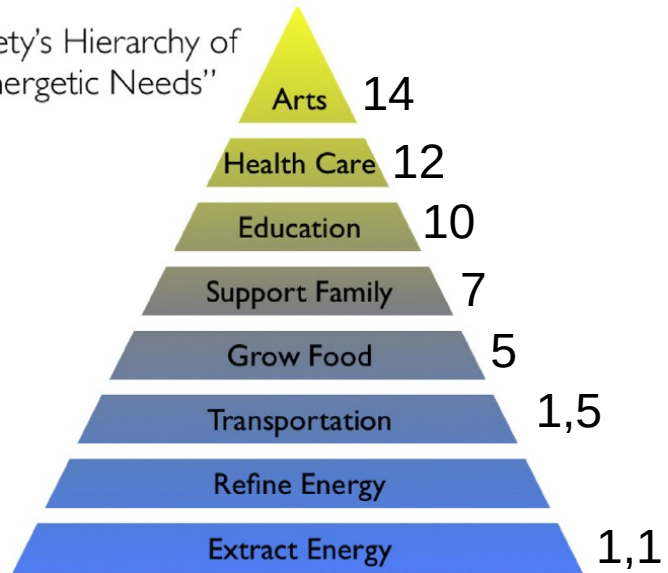
Énergie récupérée

Énergie consommée
pour la récupération

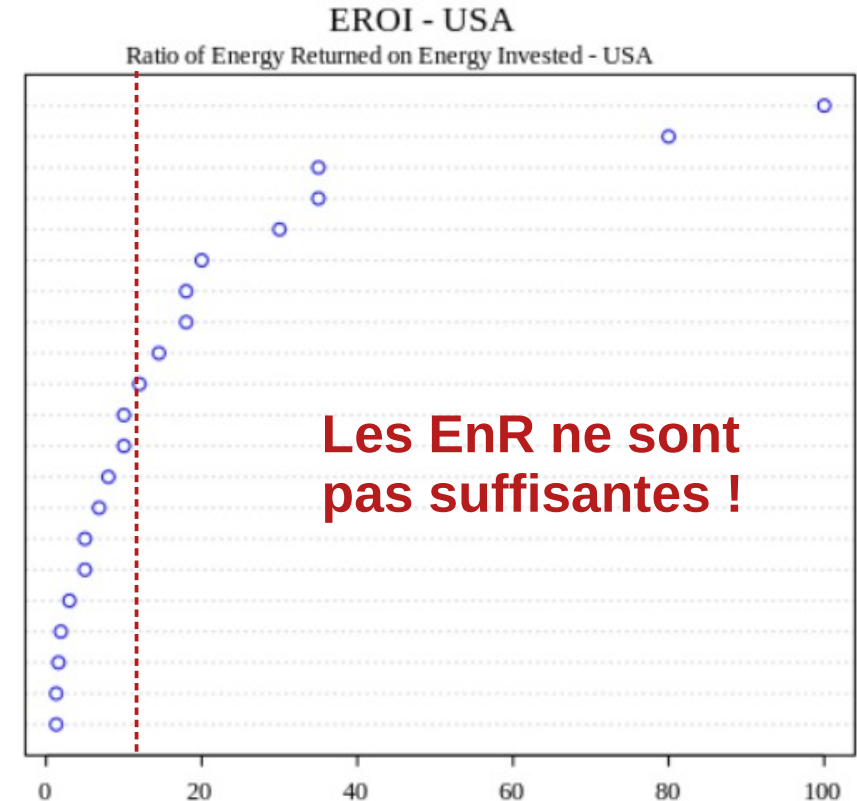
Pour récupérer et transformer de l'énergie, il faut de l'énergie et de la matière

**Pour fonctionner, notre société
à besoin d'un EROI > 15**

Society's Hierarchy of
"Energetic Needs"



Hydro
Coal
World oil production
Oil imports 1990
Oil and gas 1970
Oil production
Wind
Oil imports 2005
Oil and gas 2005
Oil imports 2007
Nuclear
Natural gas 2005
Oil discoveries
Photovoltaic
Shale oil
Ethanol sugarcane
Bitumen tar sands
Solar flat plate
Solar collector
Ethanol corn
Biodiesel



Source: Murphy & Hall (2010) Ann NY Acad Sci 1185:102-118

B. Thévard, (2013)

"Transition

vers

une Recherche durable ?"

Une Transition est en cours, mais quelle Transition ?

Une Transition énergétique ?

Une Transition écologique ?

Une Transition culturelle ?

Une Transition socio-écologique ?

→ Ne prend pas en compte le problème de la matière !

→ Globalement, les EnR ont un EROI trop faible pour soutenir le fonctionnement de notre société ...

↳ Une Transition systémique globale

La Terre avec ses occupants est un **système complexe** ...

... une **Transition** n'est pas une simple substitution, mais une **bifurcation** vers une nouvelle trajectoire ...

Annual Review of Environment and Resources

Sustainability Transitions
Research: Transforming
Science and Practice for
Societal Change

Derk Loorbach, Niki Frantzeskaki, and Flor Avelino

Dutch Research Institute for Transitions, Erasmus University Rotterdam, 3000 DR Rotterdam, The Netherlands; email: loorbach@drift.eur

→ Il n'est pas possible de faire la même chose « proprement » !

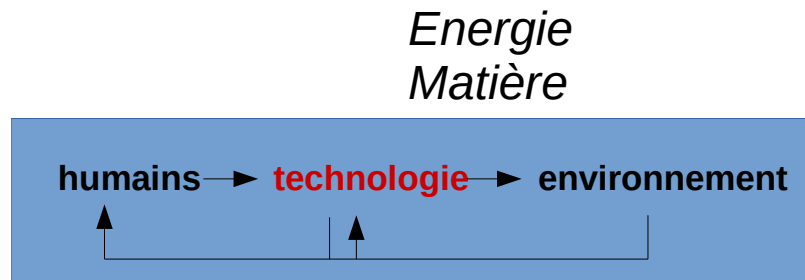
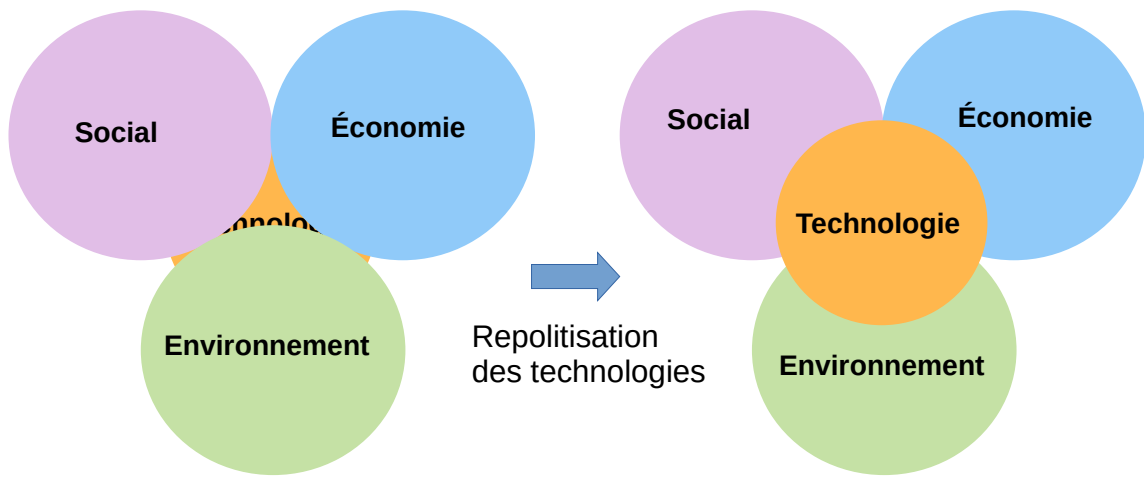
→ Pour ne pas subir ce changement de trajectoire, il faut bousculer les habitudes et les façons de faire (non durables) !

La techno-critique au cœur de la Durabilité



"Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs."
[Bruntland 1987]

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



Les technologies au coeur du défi de la durabilité

↳ Transition technologique plutôt qu'énergétique !

La place des technologies ? - La Techno-critique



Dans la lignée d'une culture Techno-critique historique ...

→ La *Critique* est une démarche constructive : elle demande de s'extraire d'une posture de déni et de regarder la réalité. Son sens philosophique est "l'art de discerner".

Trajectoire technologique résulte (aussi) de choix politiques et économiques :
Les technologies sont non-neutres : elles portent en elles un **modèle de société**

↳ Notre modèle est non durable (et ne va pas durer) !

Low-tech : objet ou démarche ?

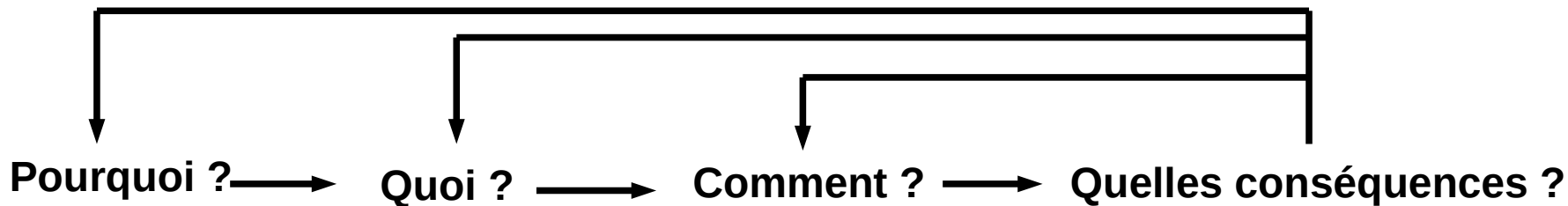
→ Low-tech lab : *Outil* Utile ; Accessible ; **Durable**

→ ADEME : c'est une *démarche*

➔ **La techno-critique est le point de départ : l'outil low-tech est la réponse**
(Celui pour qui la low-tech est un outil a d'abord eu une démarche techno-critique)

Une **low-tech** : la **réponse** la plus **sobre** et **résiliente** possible à un **besoin** déclaré.
C'est une valeur relative !

➔ Définition du **besoin en recherche** ?

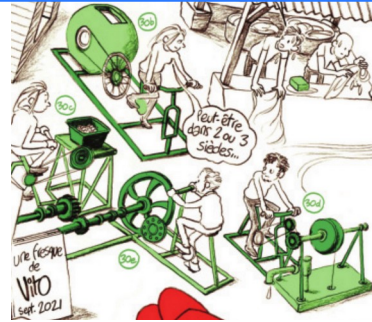


La low-tech concrètement ? Utile, Accessible, Durable

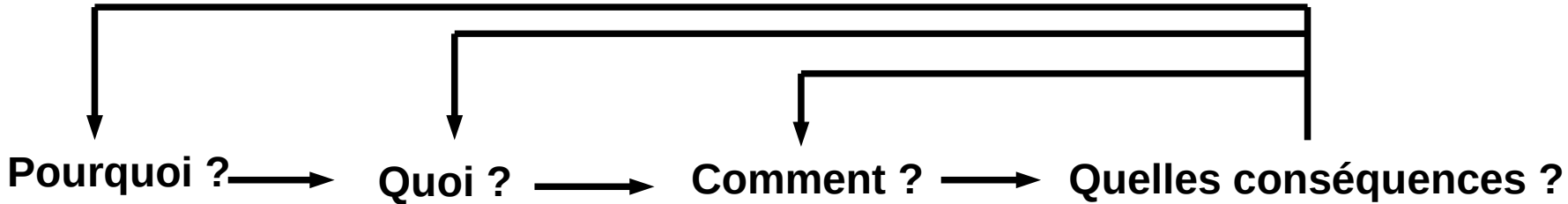
Les low-tech citoyennes faites par des bricoleurs ressemblent à du bricolage

→ mais par des designers : c'est déjà mieux ...

→ par des ingénieurs et techniciens d'élites des structures de Recherche ?



→ **Durabilité** : le problème de notre époque (les technologie de recherche déjà utiles et accessibles ?)



Des pièges

Piège 1 : La dépendance au sentier (*Path dependence*)

Définition :

Once [a country or region] has started down a track, the costs of reversal are very high.

M. Levi (1997)

Références

Jarrige & Bourg, *la pensée écologique, intro au dossier Low-Tech* (2020)

P. Pierson, *Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics* (2000)

Exemples

Le clavier QWERTY/AZERTY (1878 et fin 19^{ème})

La voiture (coche → vapeur → thermique → électrique)

En espagnol, *coche* = voiture



La Recherche as-usual : ne voir de l'innovation que dans la high-tech

Piège 2 : L'ambivalence des technologies

Définition :

Une technologie présente à la fois des aspects positifs et des aspects négatifs.

Le problème ici est dans la mise en avant systématique des effets positifs et la non prise en considération des potentiels effets négatifs.

Exemples

- **La voiture** : mobilité plus rapide (au début) ; consommation de ressources minérales et fossiles ; structuration des villes et impacts sur la santé.
- **Le réseau d'eau potable** : confort et gain de temps ; réduction des débats politiques
- **La photographie** : gain de temps et réalisme ; réduction de l'observation et du subjectif dans l'image
- **Le GPS** : réduction du sens de l'orientation, vision globale et vécu du territoire ; guide permanent ?
- **Réseau 5G ?**

- en Recherche : quel impact positif ? (ce que l'on gagne)
- en Recherche : quel impact négatif ? (ce que l'on perd)



Ambivalence



Compatibilité avec la démocratie

simplicité de maintenance, liberté logicielle, ... etc ?

Piège 3 : Les Smart Systems et le Big Data

Définition :

Les *smart-systems* sont des systèmes prédictifs et adaptatifs, incorporant une large gamme de capteurs et TIC, destinés à la collecte de données (data), afin d'optimiser la prise de décision dans une situation donnée.

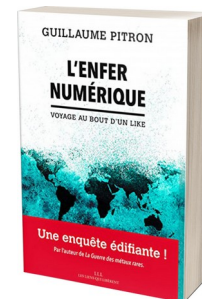
Exemple

Smart-cities : gestion optimisée des ressources, des services, des biens et des personnes

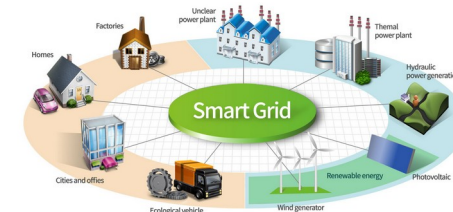
Smart-grids : optimisation des flux d'énergie dans les réseaux

Problématique du stockage/traitement des (big) data

Référence



Automatisation



Machine Learning



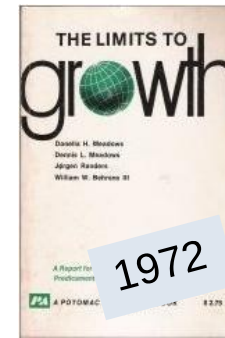
Le monde, 25/11/2022

Piège 4 : Effets de seuils et limites

Definition :

Les systèmes complexes que sont les socio-écosystème ne répond pas à des règles linéaires de proportionnalité : leurs dynamiques présentent des seuils et des limites ...

Applications



Limites



Effet de taille



Seuils

- Quelques satellites ok, mais une « constellation » ... ?
- Énergies *renouvelables* = le rythme de consommation n'excède pas le rythme de renouvellement
 - L'énergie du soleil n'est pas de nature « *renouvelable* » mais un flux constant intermittent. Qu'en est-il de la technologie permettant de mobiliser cette énergie ?
 - Les gisements de pétroles et de charbon se renouvellent à un rythme géologique
- De la durabilité de l'électricité comme vecteur énergétique ?
 - faibles sources présentes dans la nature (energy harvesting)
 - Fortes puissances utiles artificielles et polluantes
- La voiture : au début mobilité améliorée - maintenant des seuils sont dépassées et la mobilité est réduite

Piège 5 : La confusion low-tech ↔ low-cost

Definition :

La low-tech est une *démarche* (durable), le low-cost est un *attribut* (économique). La low-tech peut aboutir à des outputs low-cost, mais un output low-cost n'est pas nécessairement low-tech.

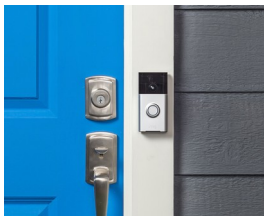
Exemple



Une sonnette low-tech



Un matériau low-tech
(et low-cost)



Une sonnette low-cost



Un matériau low-cost
(mais pas low-tech)

Références

Bert de Vries, *Sustainability Science* (2013)

ADEME, *le grand défi low-tech* (2022)



Un transport low-tech



Un transport low-cost

Repenser la notion de coût → *low-cost* économique ne tient pas compte des autres dimensions de la *durabilité*

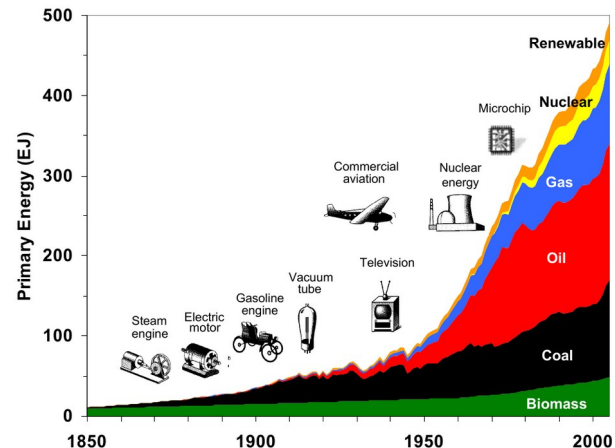
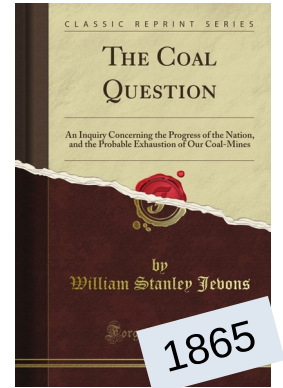
Piège 6 : L'effet rebond

Definition :

Utilisation automatique des ressources économisées dans de nouvelles fonctionnalités

Exemples

- ➔ De plus en plus d'options dans des voitures à la consommation constante ...
- ➔ Des capteurs environnementaux moins chers et un réseau plus denses à budget constant
- ➔ Une histoire additive des sources d'énergies
→ il n'y a jamais eu de transition énergétique !



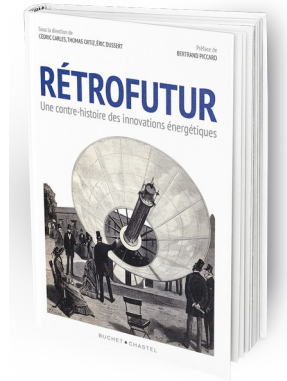
Des clefs (?)

Clef 1 : La rétro-innovation

Définition :

Comme les choix technologiques ne sont pas techniques mais souvent plus politiques et économiques, il existe des technologies au potentiel inexprimé. D'autres ne pouvaient exprimer ce potentiel sans un élément technique qui est apparu après l'abandon de cette option technologique.

La rétro-innovation consiste à explorer les technologies du passé présentant un potentiel intéressant ...



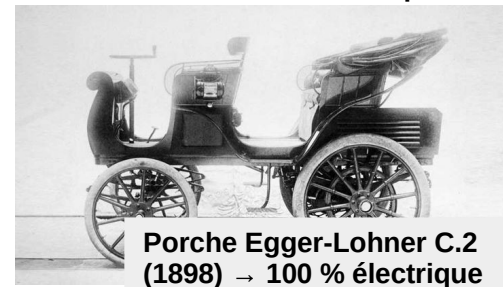
Exemples

- Les systèmes de chauffe solaire (cuisson, métallurgie, artisanat ...)
- La traction animale, les moulins à eau et à vent avec des roulement à billes et de l'assistance électrique ?

→ Marine marchande à voile



→ La voiture électrique ?



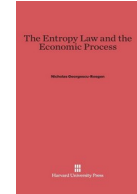
Porche Egger-Lohner C.2 (1898) → 100 % électrique

Clef 2 : Penser de nouvelles ressources (durables)

Définition :

Des ressources dont l'exploitation n'excède pas les limites planétaires (parce que renouvelables, recyclables, réparables, etc.)

Références



N. Georgescu-Roegen, *The Entropy Law and the Economic Process* (1971)

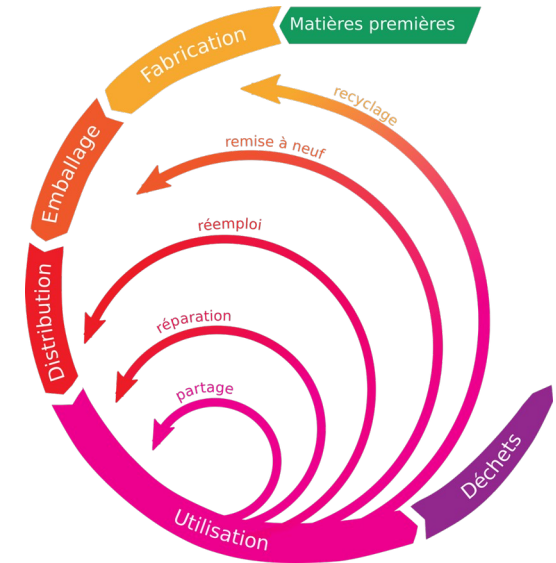
Allen V. Kneese, *The Economics of Natural Resources* (1988)

Exemple

Revoir la place du bois



Les déchets sont des ressources : Principe de la permaculture et de l'économie circulaire



↳ Penser la ressource comme une contrainte

Clef 3 : Penser la non-mesure

Definition :

Nous parlons ici de dimensionner et planifier une expérience d'accès à de la connaissance en acceptant des zones inexplorées. L'homme met trop de pression sur l'environnement et l'existence de zones d'ombre doivent être acceptées. Leur existence devient un défi pour la Science du futur. (Cette clef ne doit pas être confondue avec le travail sur les mesures manquantes ou à venir !)

Exemple

- Zones inexplorées et non-mesures ?
- Inversion des dynamiques de maillage des réseaux d'observation : contraction plutôt qu'expansion
→ Quelles conséquences pour l'instrumentation du futur ?
- Développer une culture de gestion de l'incertain et de la prise de décision avec de l'information manquante ?
(cf systèmes chaotiques déterministes mais non prévisibles)



Clef 4 : La collaboration avec le vivant

Définition :

Le vivant fait partie intégrante du milieu, au même titre que la ressource. C'est une contrainte que la recherche peut prendre en compte dans la conception et l'utilisation de dispositifs expérimentaux.

Exemple

Sondes non invasives pour animaux

Transport de charges

Sève des arbres et micro-courants

Bioindicateurs

Penser l'ingénierie instrumentale au-delà des dispositifs inorganiques

Références



1934



Clef 5 : La synergie High-tech / Low-tech

Definition :

Adopter une démarche low-tech ne signifie pas un rejet aveugle de la high-tech. Mais alors quelle est sa place ?
Celle-ci, mobilisée lorsque nécessaire et avec parcimonie doit trouver sa place.

Exemple

➔ Identification, à partir d'une photo, d'un état physico-chimique relatif par colorimétrie calibrée

1 – Construction d'une base de donnée reliant la couleur vraie à l'état physico-chimique :
Utilisation en laboratoire d'une instrumentation d'analyse physico-chimique high-tech

2 - Application sur le terrain : prise d'image avec un appareil photo standard

3 – Lecture physico-chimique grâce à la base de données référence

Capitalisation de connaissance
(high-knowledge)
→ mobilisation intensive de ressources



Déploiement extensif de
l'instrumentation
→ faible impact



The Caliphoto Method
F. Foucher et al.
Inventions 2019, 4, 67
[doi:10.3390/inventions4040067](https://doi.org/10.3390/inventions4040067)

➔ Réseau de proxy ?

Clef 6 : La vision systémique (de la Sustainability Science)

Définition :

La science de la durabilité est transdisciplinaire, *problem-driven* et a pour objectif principal la compréhension et la gestion des socio-écosystèmes complexes. Elle requiert donc une vision **holistique** des problèmes que l'on cherche à résoudre, et des solutions envisagées.

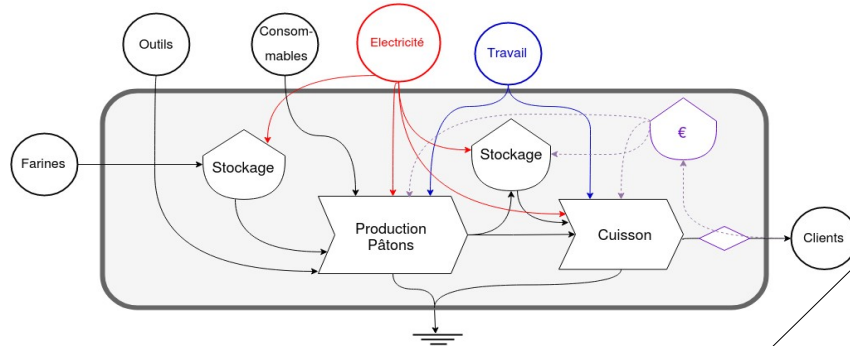
Références

Howard T. Odum, *Environment, Power, and Society* (1971)



Analyse de flux énergétiques, ressources matérielles, humaines et monétaires

De l'électricité ...

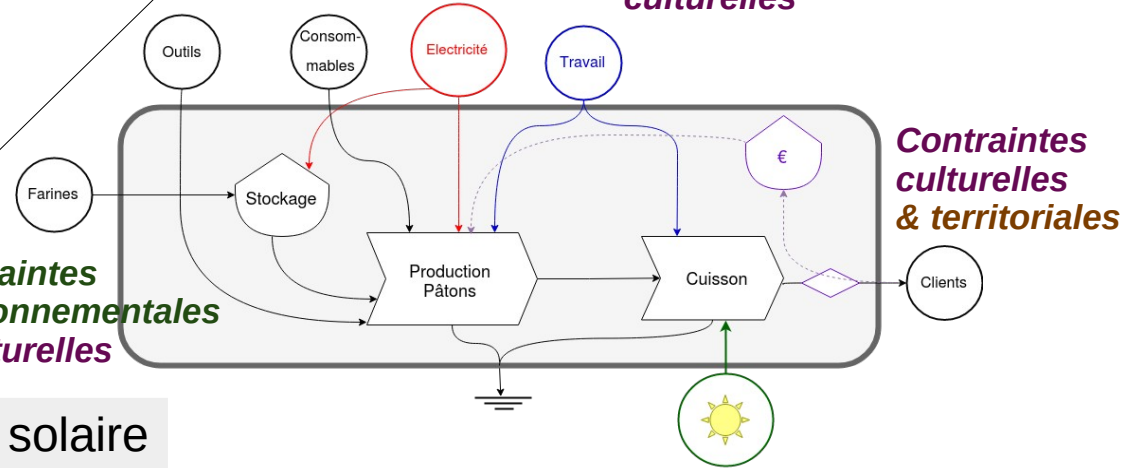


Contraintes environnementales & culturelles

... vers le solaire

Contraintes environnementales

Contraintes culturelles



Contraintes culturelles & territoriales

Contraintes techniques & environnementales & territoriales

**Quelle méthodologie
pour une techno-critique
opérationnelle ?**

Quelle instrumentation low-tech pour une activité de recherche durable ?

1. Une *démarche* et pas une finalité

- Prendre le train plutôt que l'avion → ⊕ low-tech (GES)
- Fret fluvial plutôt que le train → ⊕ low-tech (utiliser l'existant, impact environnemental)

2. Un défi intellectuel et une question scientifique légitime (et pas une « sous-science »)

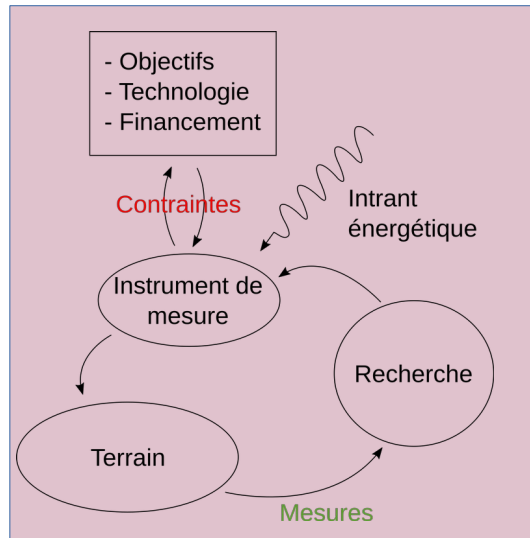
- Science de la durabilité → transcender les silos disciplinaires
- Concept H2MIRS → Méta-recherche

3. Repenser la temporalité → Low-tech et Slow Science

- Penser la non-mesure
- Smart automatique vs. Smart heuristique

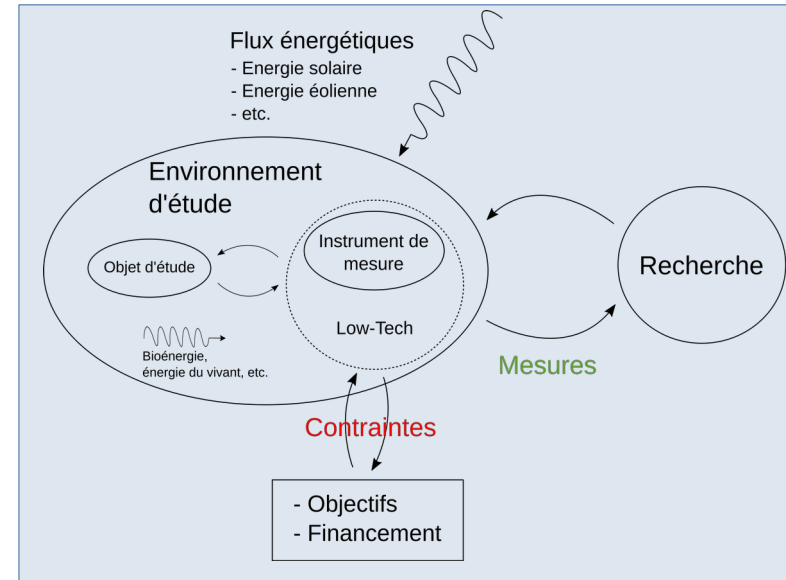
2020 - Quelle instrumentation low-tech pour une activité de recherche durable ?

Approche classique



Contraintes technico-économiques

Approche systémique durable réaliste



Contextualisation de l'instrumentation → + contraintes environnementales internes au système

Faire ce que l'on veut au mieux ➔ **Faire ce que l'on peut au mieux avec l'existant**

- Quel régime technologique pour une Recherche durable ?
- Quelle méthodologie pour répondre à cette question ?



Sens d'une Recherche **non Durable** ?

Construire une recherche durable : une aventure collective



2 points de vue contradictoires sur l'aviation du futur

L'innovation à venir

« sur le long terme, c'est le transport aérien qui sera le système le moins émetteur de CO₂ [...] l'infrastructure de l'avion, c'est l'air » et si « vous analysez la quantité de CO₂ émise pour faire des voies de chemin de fer, vous savez que sur le long terme, le transport aérien est extrêmement vertueux »

Augustin de Romanet (PDG d'Aéroports de Paris) -
19/09/2022

<https://www.ouest-france.fr/economie/transports/avion/le-pdg-d-aeroports-de-paris-appelle-a-avoir-un-usage-raisonnable-de-l-avion-6f52bf22-38b2-11ed-bf0e-79042fcc07f9>

Les possibles du présent



Un rapport du Réseau action climat et une étude de Greenpeace montrent qu'il est possible de remplacer l'avion par le train sur les lignes internes à la France continentale, et qu'il y a des possibilités aussi au niveau européen, à condition de mettre en œuvre une volonté politique forte.



L'innovation à venir

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:

“G. Guimbretière, B. Pillot.

La démarche Low-tech : ver une recherche durable -

Wébinaire TerraForma - 28 avril 2023

”

© **Guillaume Guimbretière - CNRS UMR8105** [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

