

Limites planétaires et risques d'effondrement: quelles implications pour l'informatique?

Dominique Py

LIUM – Université du Maine

Séminaire LIUM

7 septembre 2018

1) Les limites de la planète

Un nombre croissant de publications alerte sur le dépassement des limites planétaires (climat, biodiversité) [Barnosky 2012]

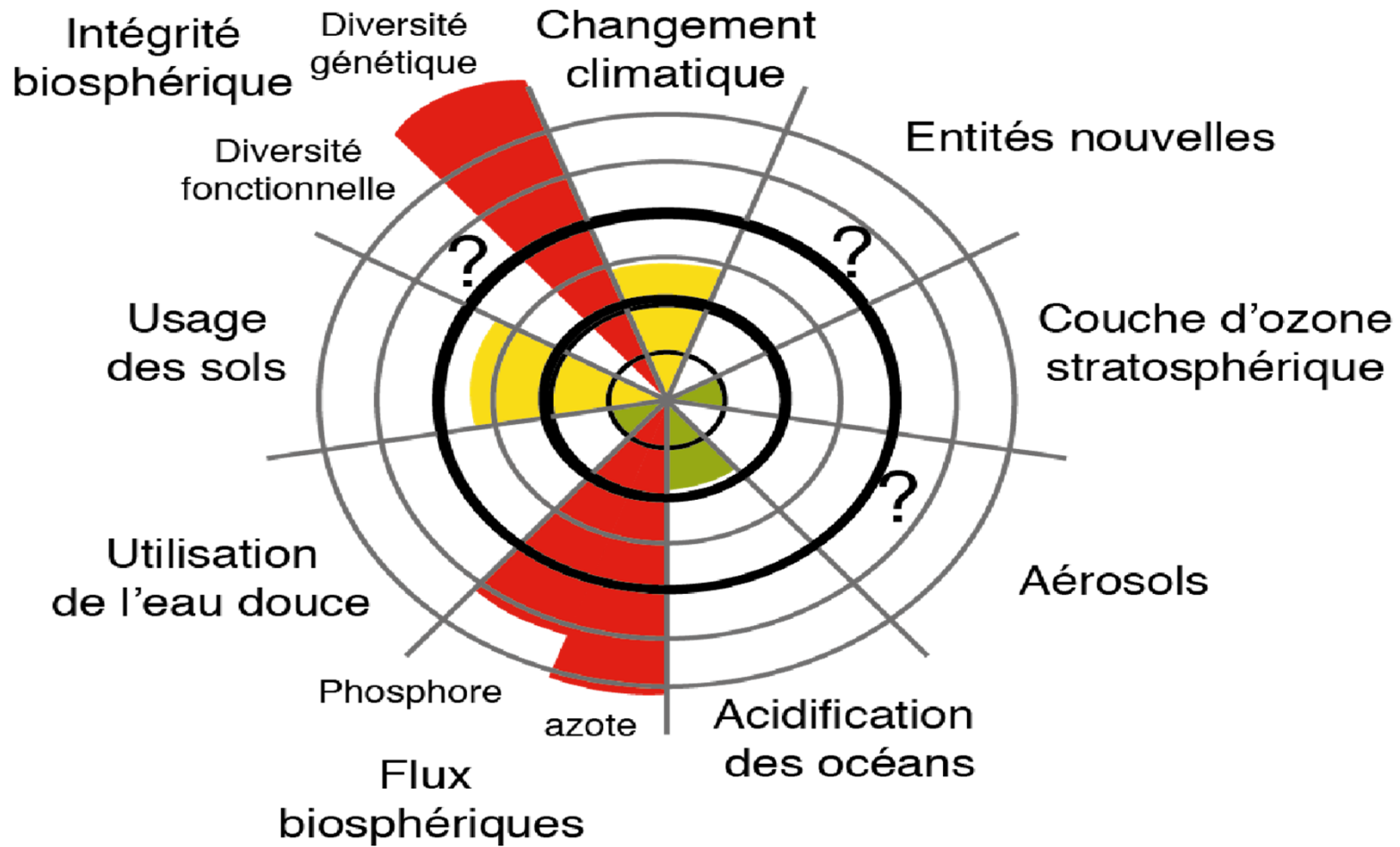
☞ risques de bouleversements rapides et irréversibles (effets de seuil)



Les ressources non renouvelables (énergies fossiles, métaux) passent un pic de production avant de décliner [Sverdrup 2013]

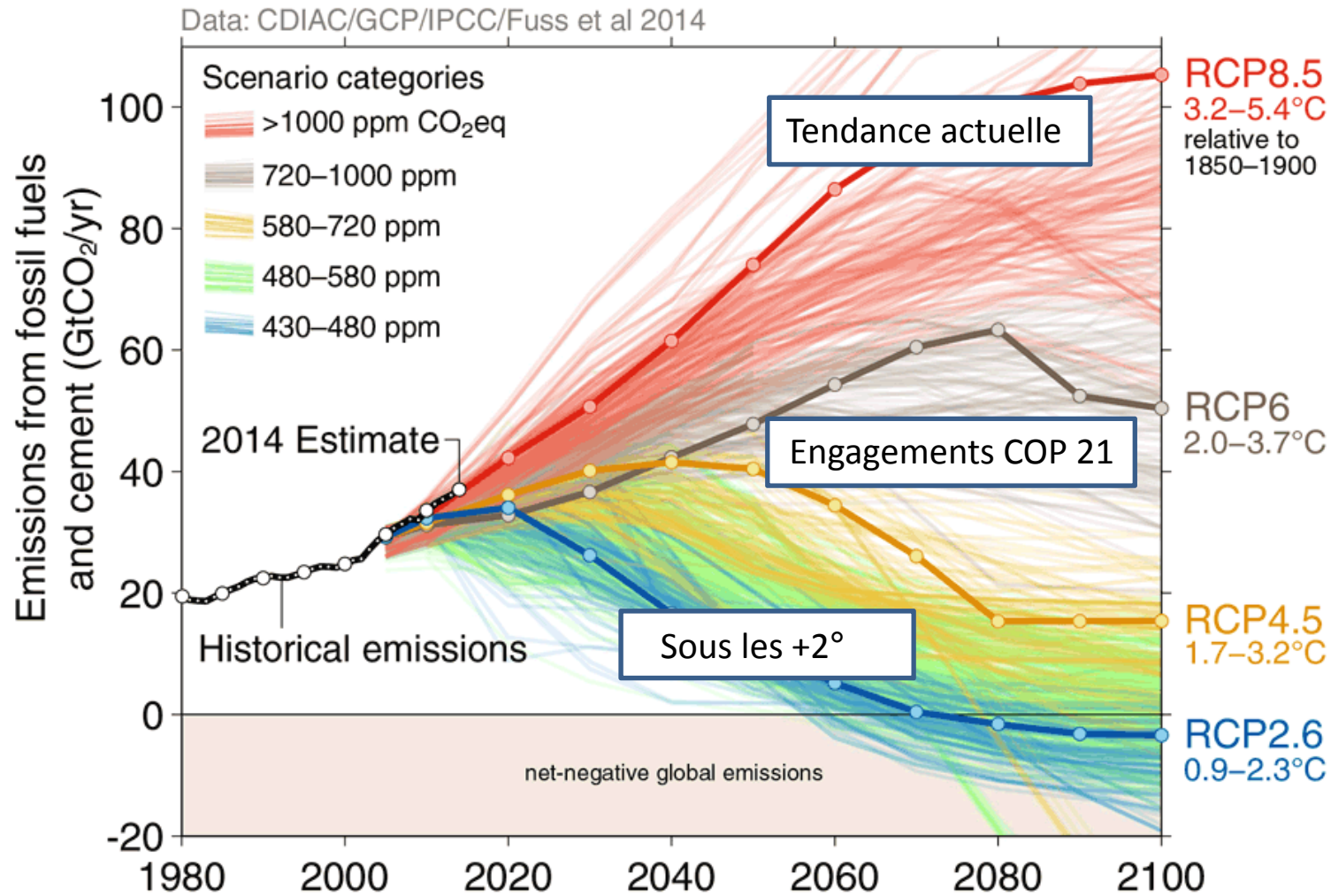
☞ risques de pénuries, d'intermittence, de ruptures d'approvisionnement

Les limites de la planète

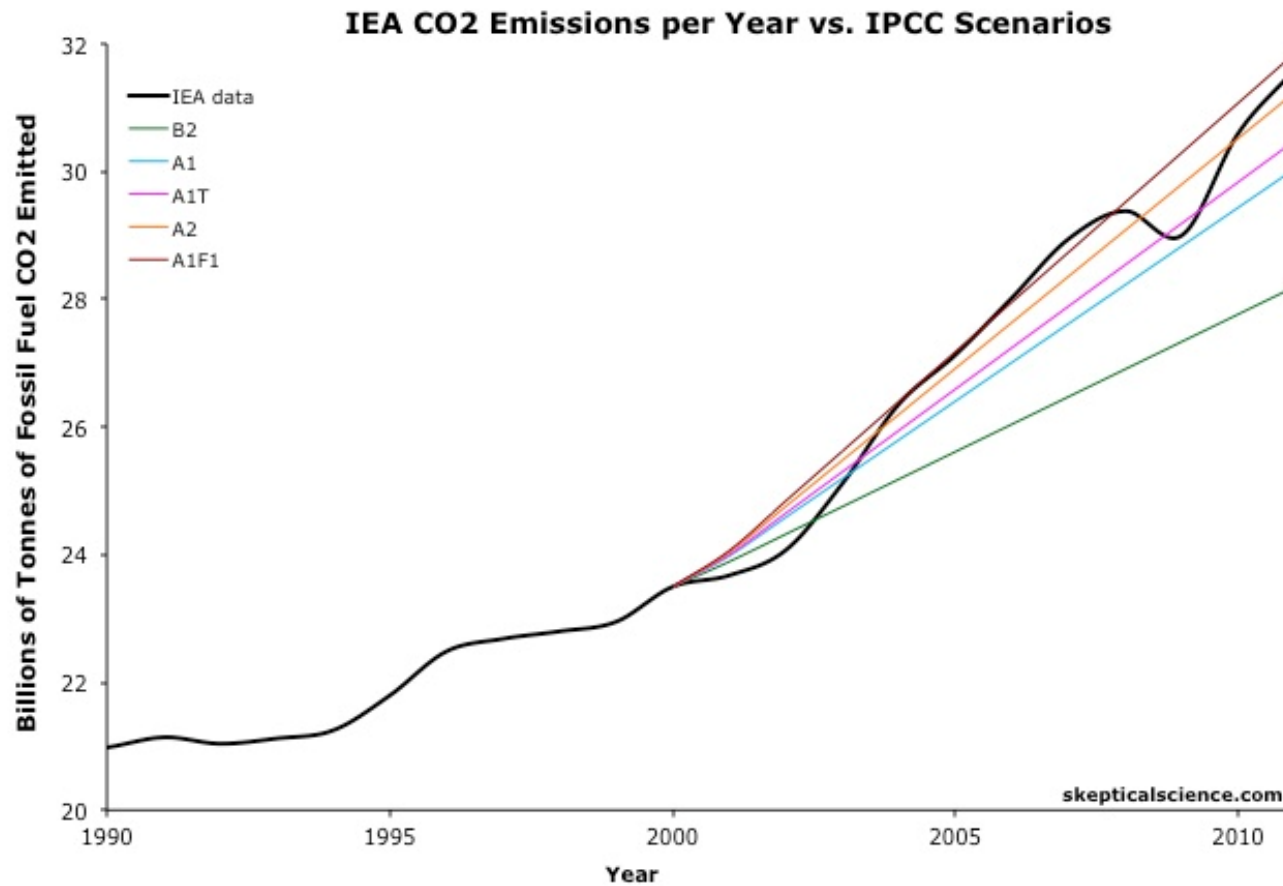


[Steffen et al. 2015]

Scénarios climatiques

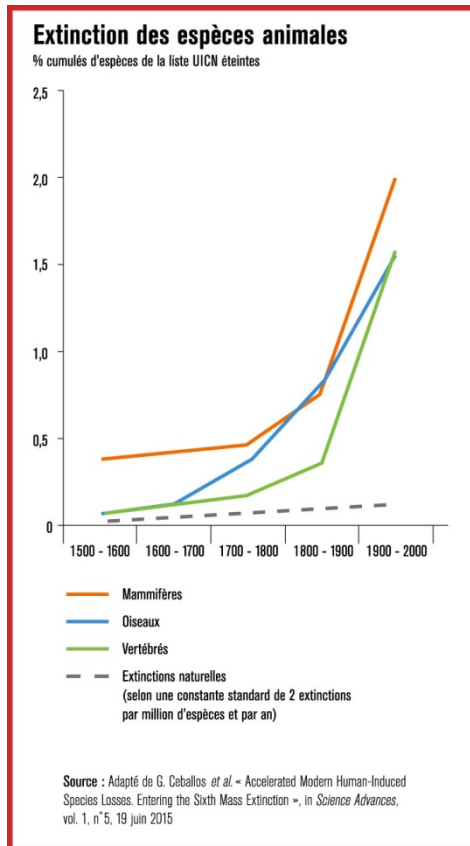


Les émissions réelles = pire scénario



Au rythme actuel: +2° en 2040

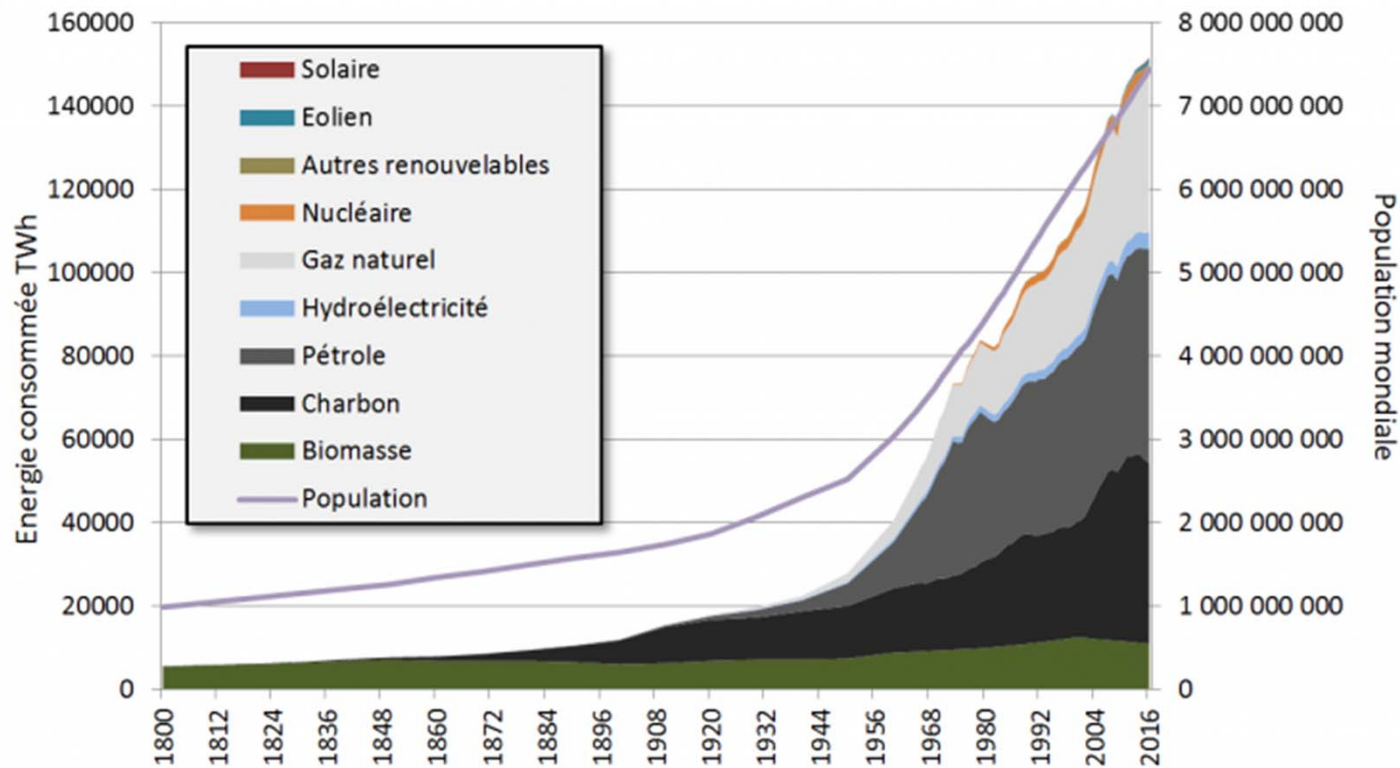
La sixième extinction massive



- Le rythme actuel d'extinction est **100 à 1000 fois** supérieur au rythme naturel (UICN)
- Les populations de vertébrés ont chuté de 58 % entre 1970 et 2012 (rapport WWF 2016)
- Les insectes volants ont diminué de 80% dans les espaces protégés en Allemagne depuis 30 ans [Hallman 2017]
- Au rythme actuel de la pêche, les océans seront vides en 2050 [Worm 2006]

Nous restons dépendants des énergies fossiles

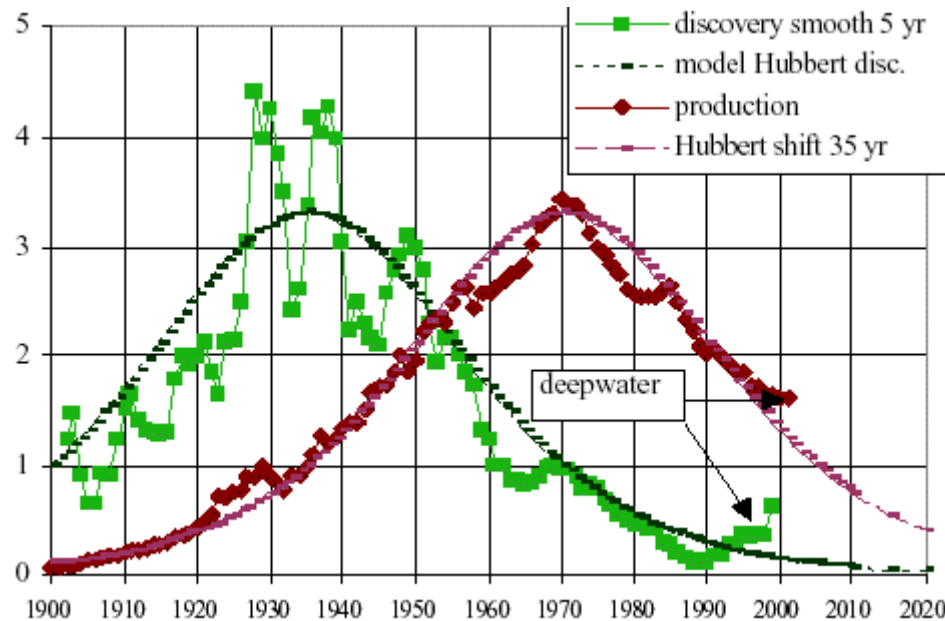
Consommation mondiale d'énergie et population 1800-2016



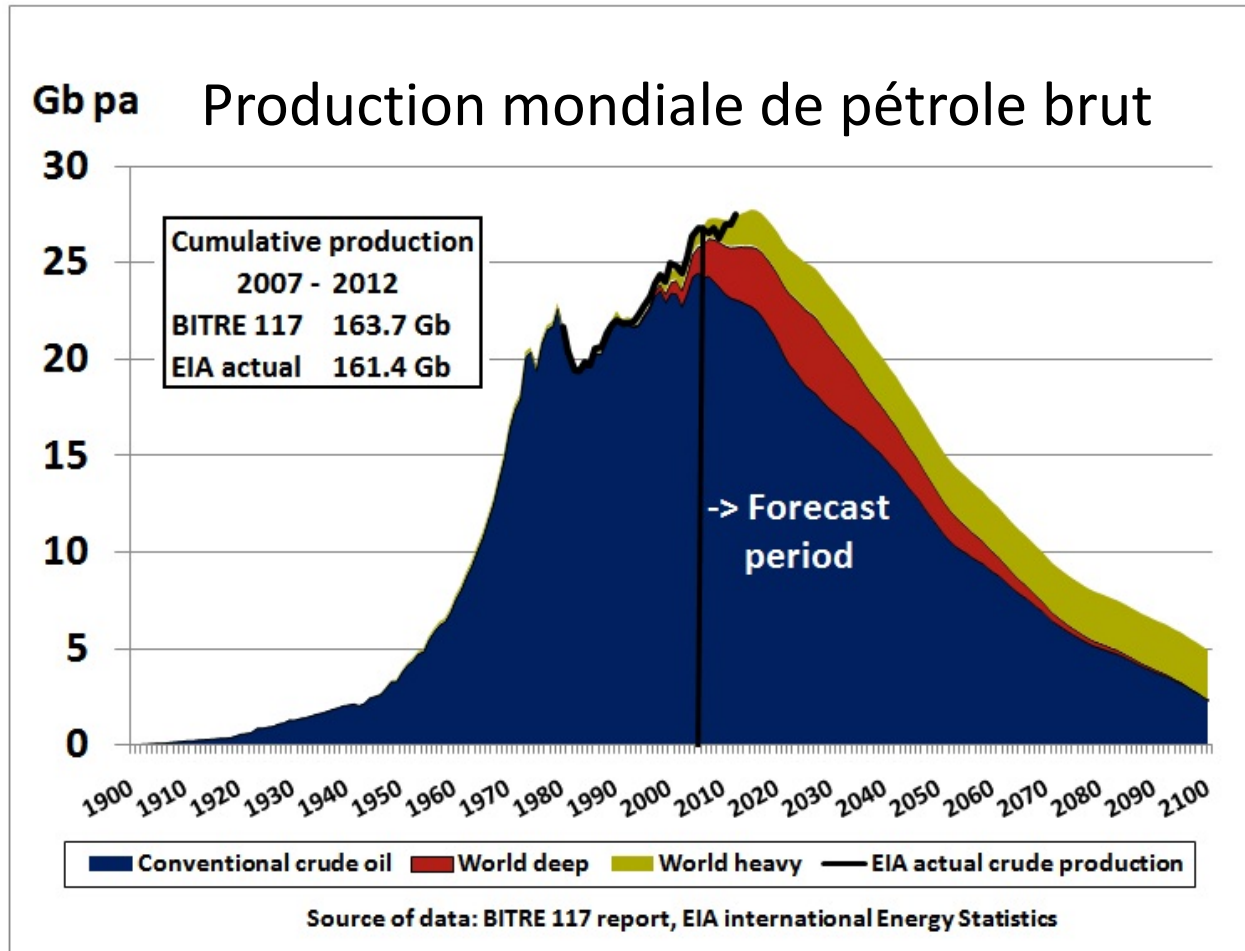
(BP's Statistical Review of Global Energy, 2017)

Le pic pétrolier (*peak oil*)

En 1956, le géologue M. K. Hubbert prédit que la production de pétrole aux USA atteindra un maximum puis déclinera après 1970.



Après le pic : la déplétion







(crudeoilpeak.info)

Un gisement parvenu à son pic décline de 4% - 5% par an

Quelques métaux nécessaires aux « énergies nouvelles »

Groupe →
↓ Période

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
7			**															
	*Lanthanides (Terres rares)			57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd		62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
	**Actinides			90 Th			92 U											

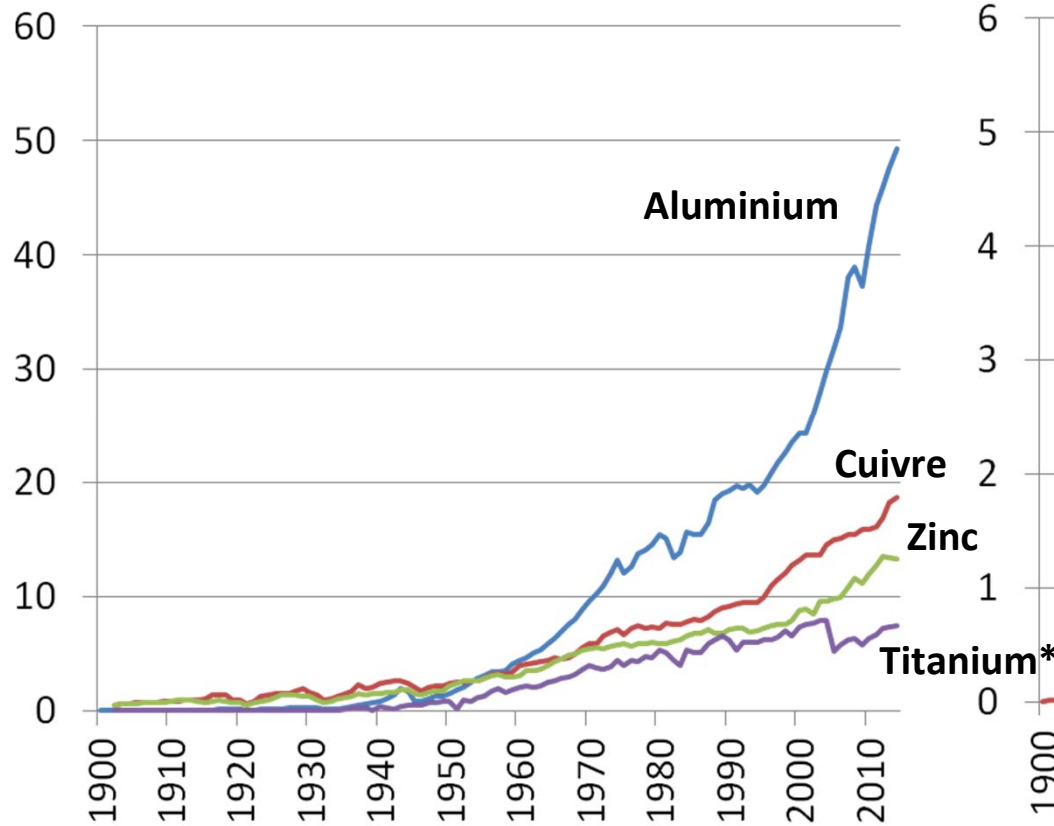





(Diapo Ph. Bihouix)

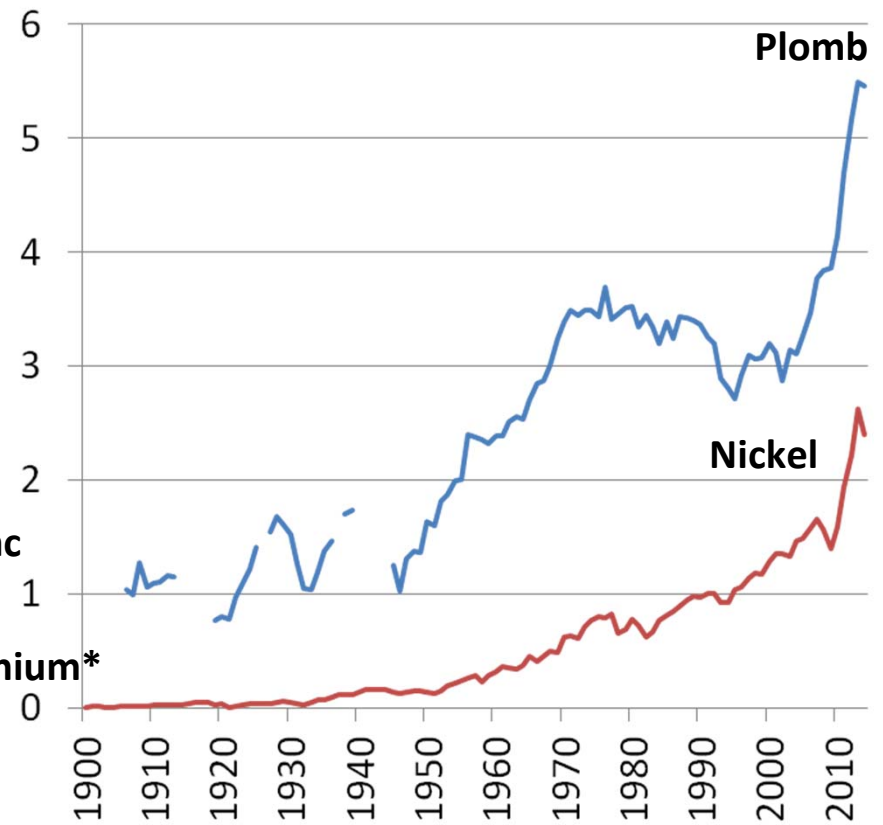
Consommation mondiale : métaux industriels

Production mondiale 1900 – 2014

Millions de tonnes



Millions de tonnes



Sources : United States Geological Survey
(*): Titane concentrates (ilménite / ruménite)

(Diapo Ph. Bihouix)

Interaction entre l'énergie et les métaux



**Énergie de moins
en moins
accessible**



**Production d'énergie
nécessitant de plus en
plus de métaux**

**Extraction des métaux
nécessitant de plus en plus
d'énergie
(8-10% de l'énergie primaire)**



**Minéraux de moins en
moins concentrés**

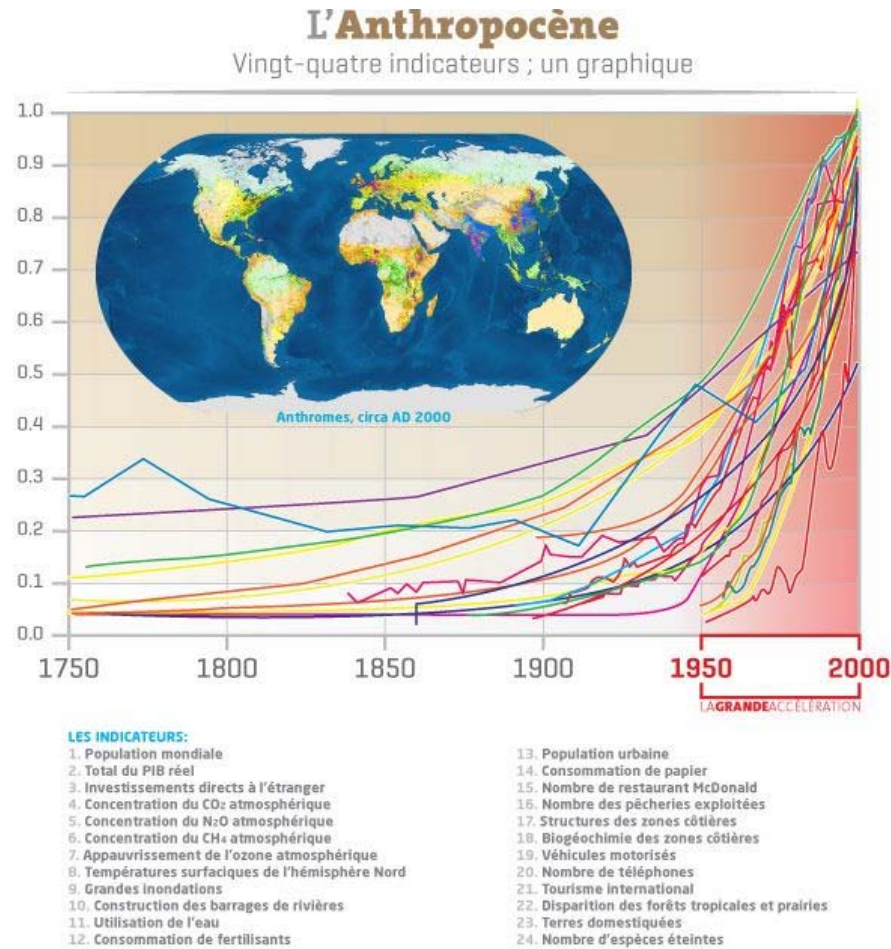


(Diapo Ph. Bihouix)

Le « pic de tout » (*peak all*)

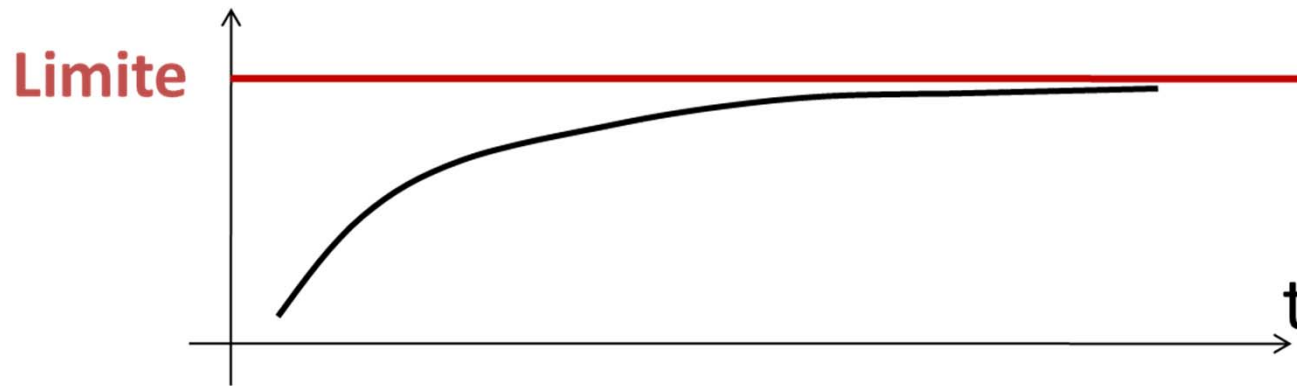
- Pour la majorité des métaux, les réserves se situent entre 30 et 60 ans
- Il n'existe pas de substituts acceptables pour certains usages (cuivre pour applications électrique, nickel et chrome pour aciers inox, argent pour électronique...)
- La concentration moyenne est en baisse, nécessitant de plus en plus d'énergie... dont la production nécessite de plus en plus de métaux!
- Pic du pétrole + pic des métaux = « pic de tout »

En résumé... la grande accélération



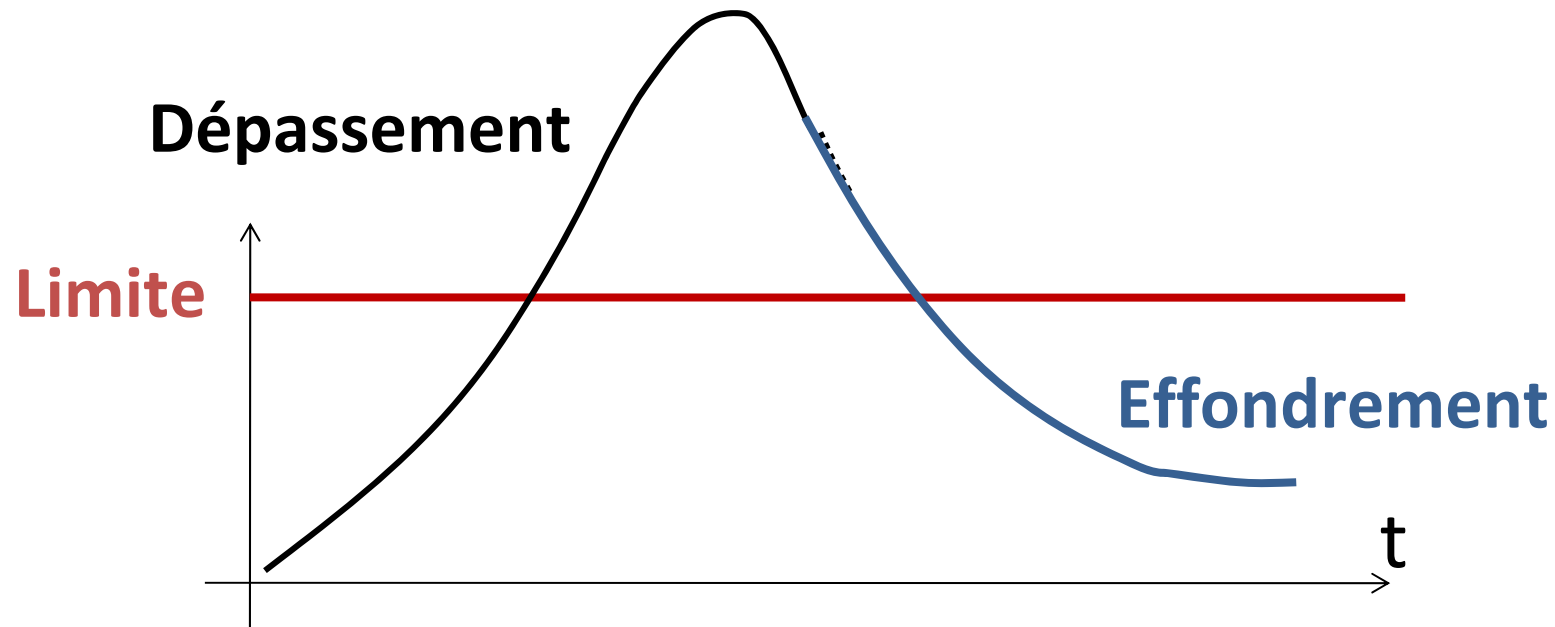
2) Croissance et limites

Que se passe-t-il quand un système en croissance est confronté à une limite de ressources?



1) La croissance ralentit et le système atteint un niveau stationnaire durable

Croissance et limites



2) La limite est franchie (dépassement) puis le système décroît rapidement (effondrement)

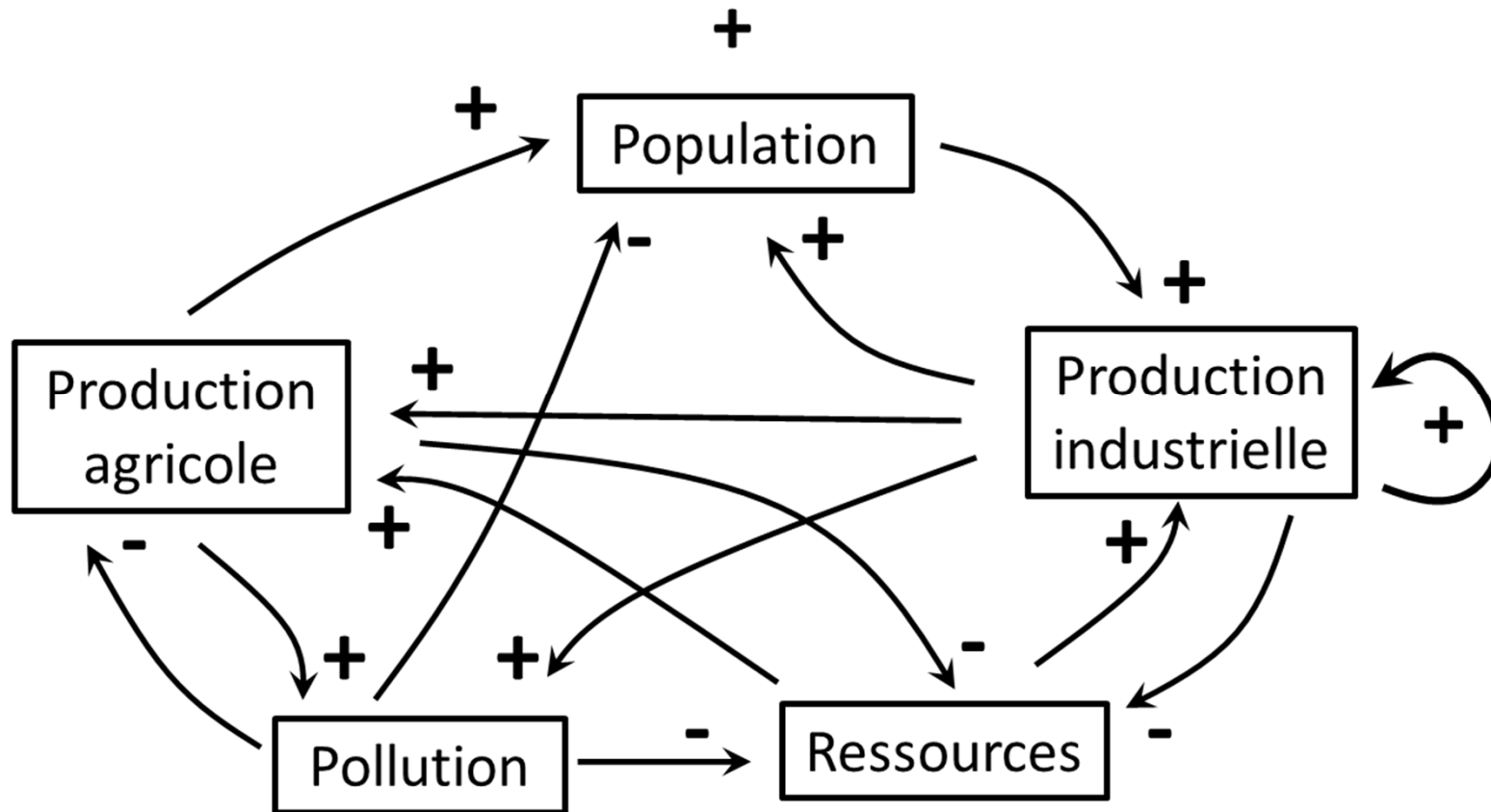
« Limits to growth »: le rapport du Club de Rome

- Le Club de Rome: groupe de réflexion international fondé en 1968 (<http://www.clubofrome.org/>)
- En 1970, il commande un rapport à une équipe du MIT (Dennis et Donella Meadows, Jorgen Randers)
- Publié en 1972, « Limits to growth » (traduit en français par « Halte à la croissance? ») s'appuie sur le modèle informatique World 3 pour examiner différents scénarios à l'horizon 2100

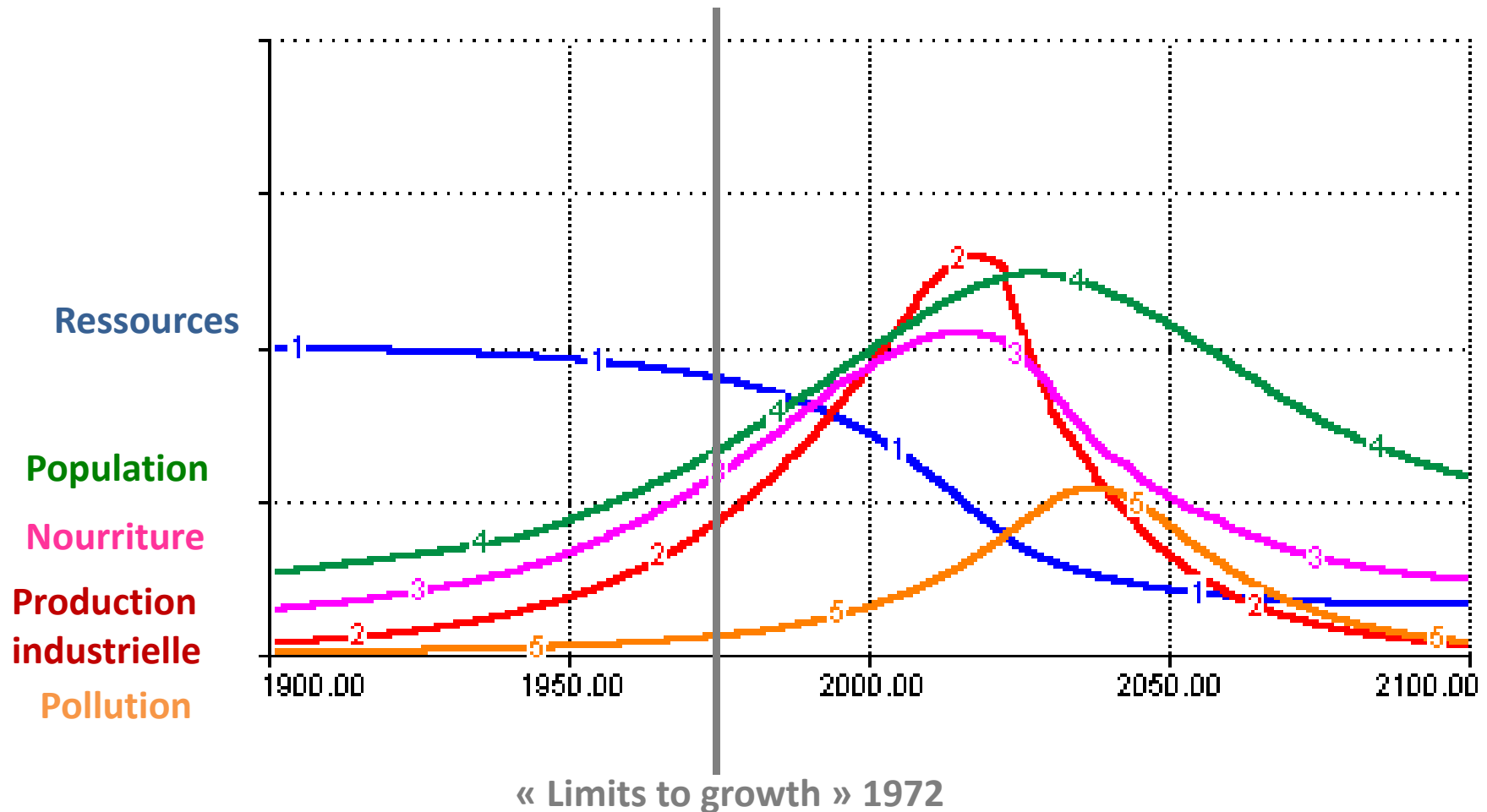


Les modèles World (1, 2, 3)

Modèles intégrés économie-environnement

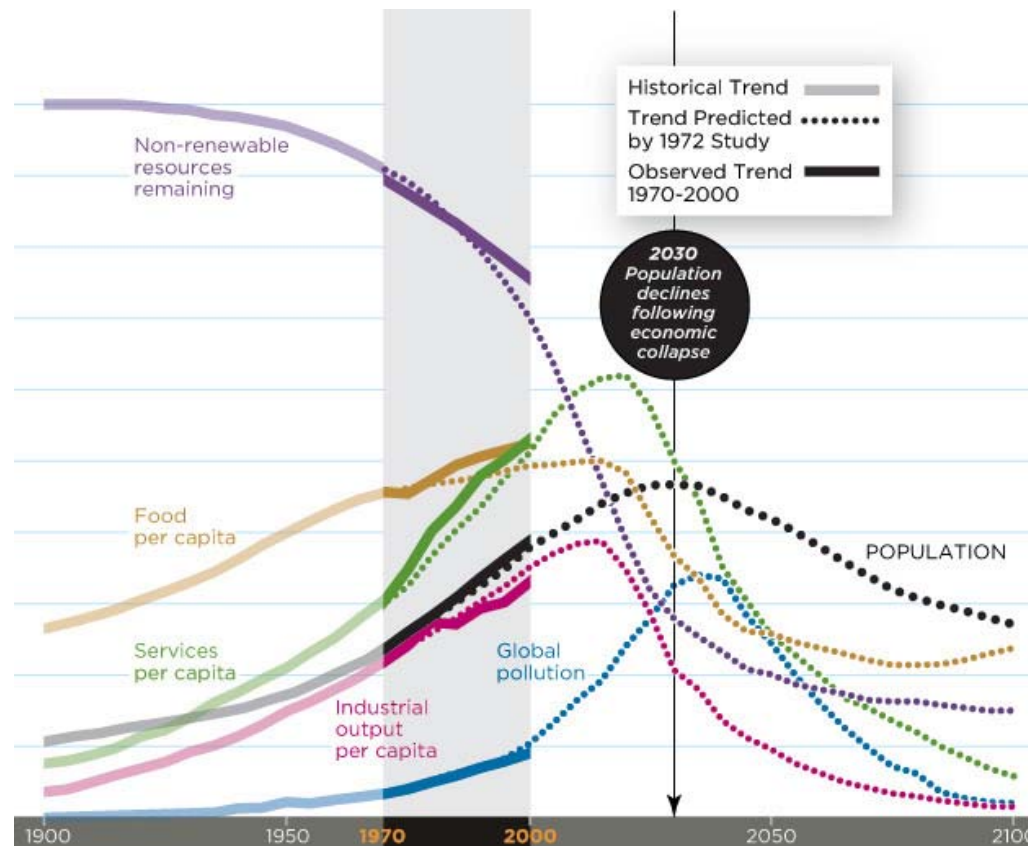


Scénario de référence « standard run »



Quarante ans plus tard...

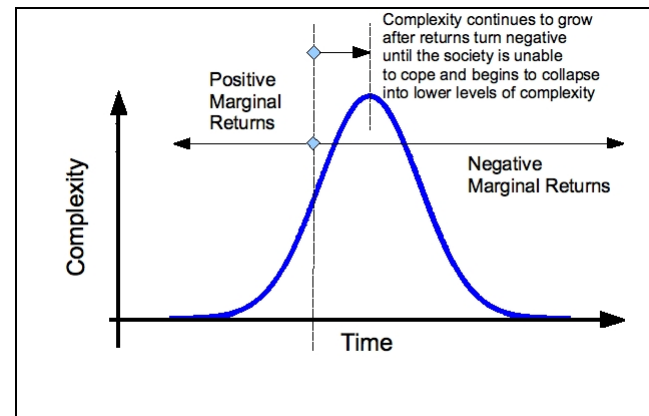
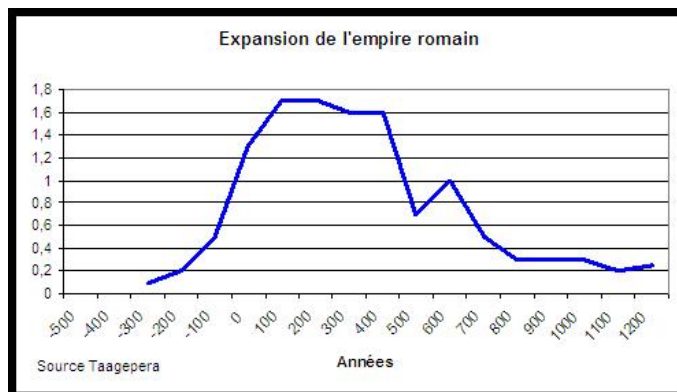
En 2008 puis en 2012, G. Turner compare les prévisions du scénario standard avec les données réelles



L'effondrement des sociétés complexes

L'anthropologue J. Tainter le définit comme :

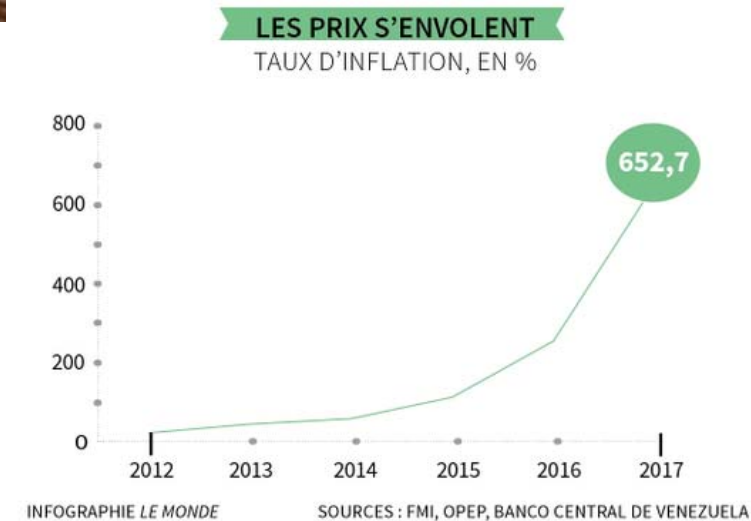
- une perte rapide et importante d'un niveau établi de complexité sociale, technique et politique, étalée sur plusieurs décennies
- une réponse rationnelle et adaptée qui permet de revenir à un faible niveau de complexité [Tainter 90]



La science-fiction



La réalité (Venezuela, Grèce...)



Les conséquences à court terme au niveau mondial



- Émergence d'une géopolitique de la pénurie alimentaire
- Flot grandissant des réfugiés environnementaux
- Tensions croissantes, états défailants

(diapo E. Prados 2016)

Limites + Croissance + Inertie

Paradoxe: plus les informations alarmantes s'accumulent, plus le grand public les ignore

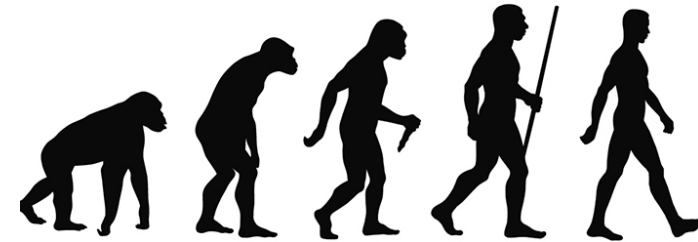
Des barrières psychologiques [Stoknes 2014] :

- Distance
- Désastre
- Dissonance cognitive
- Dénier



Mythes et croyances collectives

On n'arrête pas le progrès



Il faut plus de croissance pour protéger l'environnement



La science trouvera des solutions



On va remplacer les énergies fossiles par les renouvelables



Il suffit que tout le monde fasse un effort

L'éducation est la clé



Les dirigeants s'occupent du problème

3) Informatique et limites

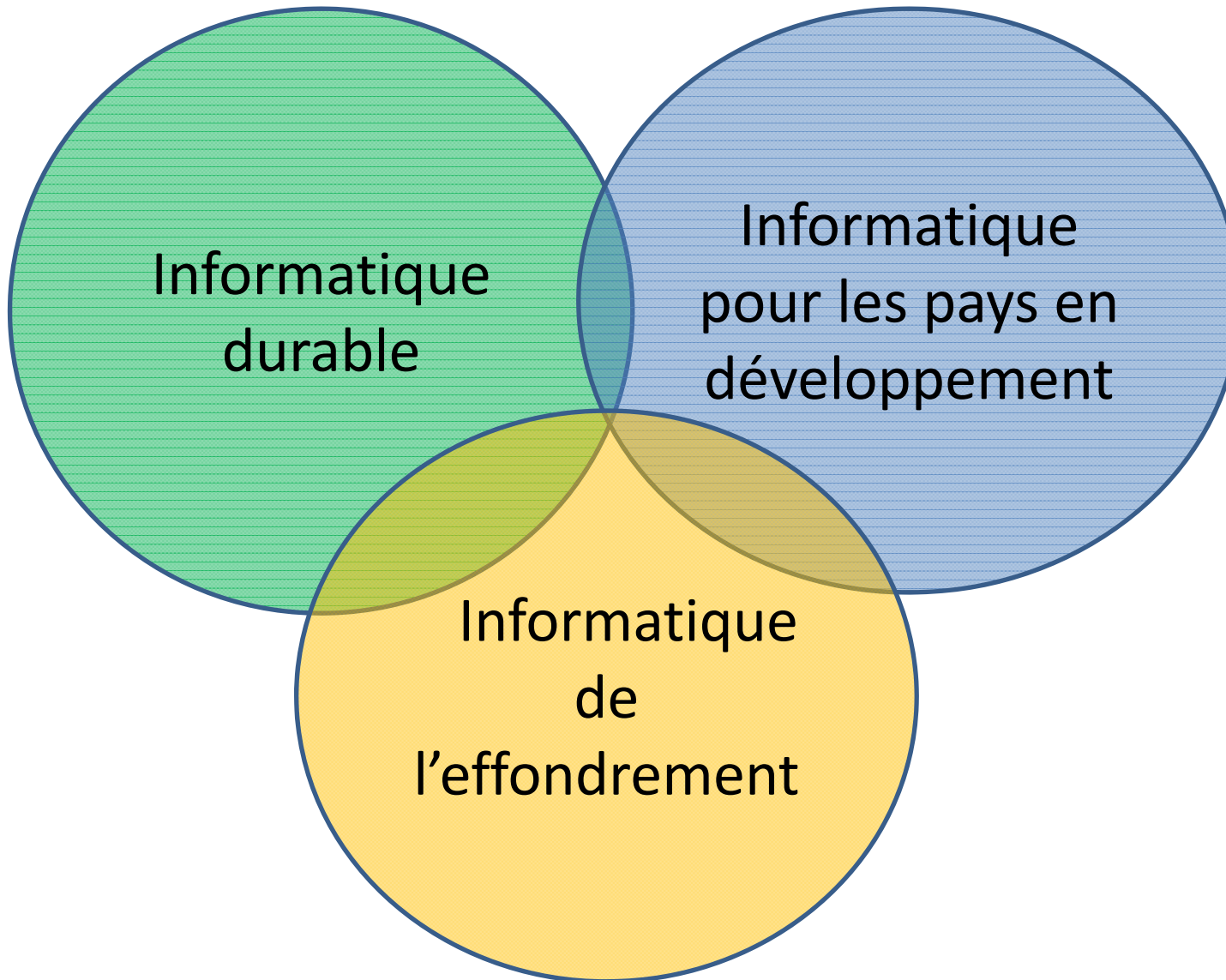
La thématique *computing within limits* apparaît dans la communauté IHM (années 2010)

Impact des limites écologiques, énergétiques et sociales sur l'informatique

Émergence de la thématique *collapse computing* [Tomlinson 2012]

« étude, conception et développement de systèmes socio-techniques dans un présent d'abondance en vue d'une utilisation dans un future de rareté ».

Positionnement



Informatique de l'effondrement

Objectifs

- Réduire la **vulnérabilité** et accroître les **capacités d'adaptation** des systèmes
 - Développer des systèmes *collapse-compliant*
 1. facilement accessibles
 2. utiles à des besoins essentiels
 3. robustes, i.e. réparables et adaptables
- et les évaluer dans des conditions contraintes

Publications

- Workshop annuel « Computing within limits » depuis 2015

computingwithinlimits.org/2018/

- Deux thèmes principaux
 - comment maintenir un réseau internet minimal, robuste et résilient? [Qadur 2016]
 - quelle évolution des pratiques de conception logicielle? [Penzenstadler 2015]

Quels EIAH pour préparer aux changements ?

Concevoir des EIAH pour des domaines peu traités [Py 2017]

- Limites planétaires et effondrement
 - ↳ étudier les obstacles épistémologiques et psychologiques en vue de les surmonter
 - ↳ concevoir des dispositifs et des scénarios appropriés
- Savoirs et savoirs-faire nécessaires dans une société post-industrielle (alimentation, habitat, santé...)
 - ↳ identifier et recueillir ces savoirs
 - ↳ concevoir des dispositifs et des scénarios appropriés

Cours en ligne à l'université de Californie depuis 2015 [Tomlinson 2016]

Adapter les systèmes informatiques à un contexte de rareté

Le courant des low-tech : produire des outils simples, utiles, économes, robustes, réparables [Bihouix 2014]

Quels critères pour un logiciel low-tech?

- **utilité**: répondre à un besoin essentiels
- **sobriété**: économe en mémoire et ressources
- **robustesse**: tolérant aux pannes, au faible débit
- **autonomie**: simple, intuitif, sans aide extérieure
- **adaptabilité**: modifiable et paramétrable
- **portabilité**

☞ comment définir un guide de conception, une grille d'analyse, des « stress tests » spécifiques ?

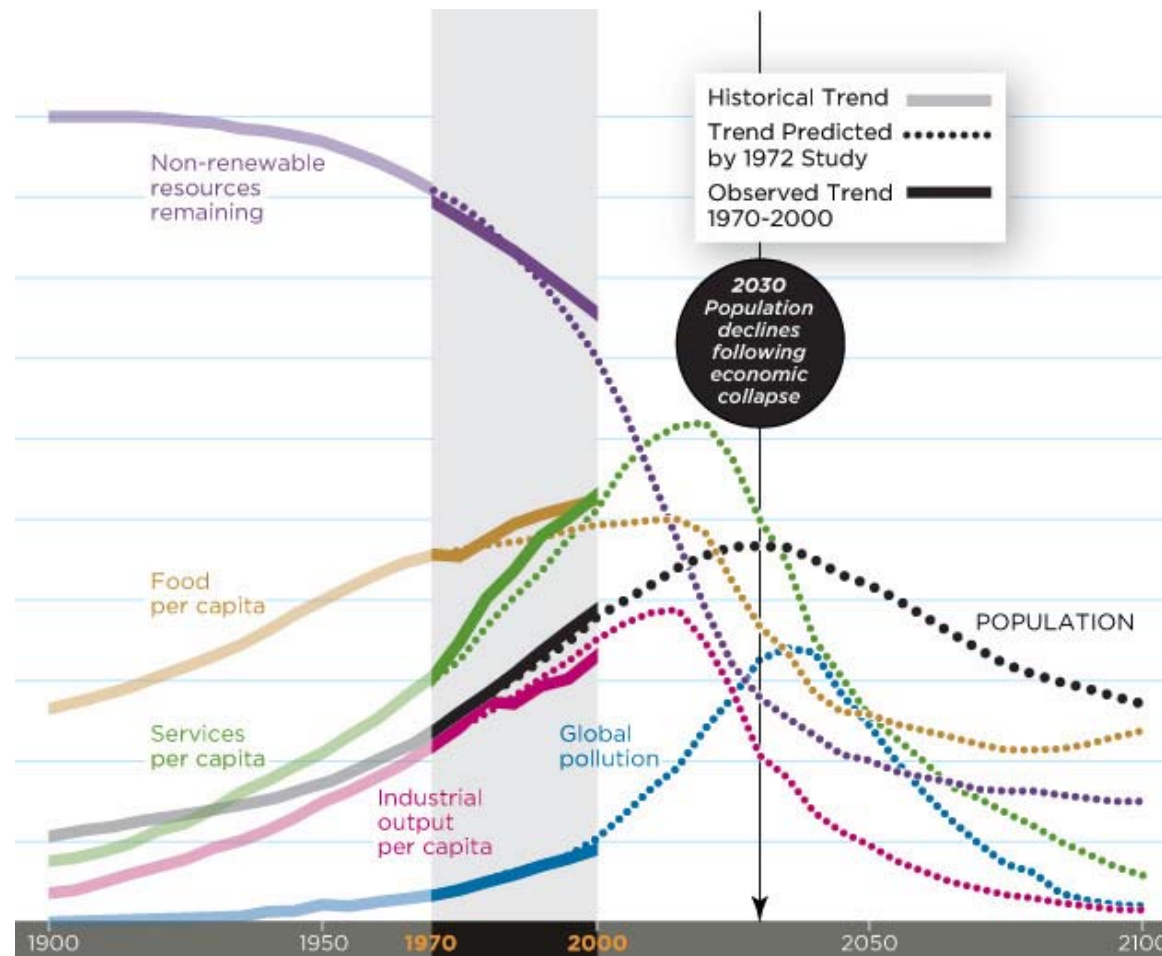
Conclusion

- La croissance économique pourrait laisser la place à un effondrement de la société industrielle : vers un monde de pénurie et de défaillance des infrastructures techniques et sociales
- Prendre en compte ce scénario amène des nouvelles questions de recherche (au plan théorique, méthodologique et pratique)
- Difficultés:
 - l'imaginaire du progrès infini prédomine
 - la course à la complexité technologique demeure la norme
- La thématique émerge dans le monde académique nord-américain et en Europe (computingwithinlimits.org/2018)

Principales références

- Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D.: Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, vol. 486, n° 7401 (2012) 52-58
- Bihouix, Ph.: L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable, Seuil (2014)
- Sverdrup, H.U., Koca, D., Ragnarsdóttir, K.V.: Peak Metals, Minerals, Energy, Wealth, Food and Population: Urgent Policy Considerations for a Sustainable Society. *Journal of Environmental Science and Engineering*, vol. B 2, n° 4B (2013)
- Tainter, J.A.: *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge University Press (1990)
- Tomlinson, B., Silberman, M.S., Patterson, D.J., Pan, Y., Blevis, E.: Collapse informatics: Augmenting the sustainability & ICT4D discourse in HCI. *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM (2012) 655–664
- Tomlinson, B., Patterson, D.J., Nardi, B.: A Report from an Online Course on Global Disruption and Information Technology. *Proc. Limits'16*, Irvine, CA, USA (2016)

Le modèle de Meadows actualisé



La grande accélération

