

Etude de l'effondrement des civilisations au moyen des sciences de la complexité

Michel Bloch et Georges Lepicard Groupe Emergence

Merci à Alexandre Makarovitch et Thibault Lambert pour leurs remarques

Merci au Groupe Emergence pour la discussion très intéressante

« Nous autres, **civilisations**,
savons maintenant que nous
sommes **mortelles** » Paul Valéry



Taking insights from complexity theory, **Robert Jevis** observes that “ we live in a world where things are interconnected, where **unintended** (non intentionnelles) **consequences** of our actions are unavoidable and unpredictable. ”



Plan

Préface à la version 2	p. 3
I. Objectifs de l'étude	p. 4
II. Lois d'évolution des civilisations	p. 6
III. Causes d'effondrement rapide des civilisations	p. 19
IV. Exemples historiques d'évolution de civilisations	p. 27
V. Notre civilisation peut-elle s'effondrer ?	p. 36
VI. Conclusions	p. 44
Annexes	p. 48

- **Sujet difficile et thèses contradictoires**
- **Systèmes complexes : incertitudes des causes**

Préface à la version 2 suite à la discussion du 26/01/09

Dans cette Version 2, nous tenons compte de cinq des remarques du Groupe Emergence :

1. « L'importance des **Idéologies, religions, cultures** pas assez mises en évidence »
⇒ déjà présentes dans 1 page sur 2, leur importance a été mieux mise en évidence
2. « Espoir provoqué par la **volonté des peuples** pour résoudre les problèmes »
⇒ sera intégré dans les conclusions
3. « Tous les exemples portent sur de **petites civilisations** qui de plus sont **des sociétés** plutôt que des civilisations »
⇒ L'URSS est ajoutée dans cette version
⇒ La classification des civilisations de Toynbee jointe justifie le fait que Diamond et Tainter traitent de civilisations de taille et de situation très diverses
4. « Ne pas oublier les travaux de **Toynbee !** »
⇒ Sans lire les douze volumes, la classification et un résumé (Wikipedia) est ajouté
5. « La vision présentée est **un peu simpliste** Vs la complexité des situations réelles »
⇒ Il s'agissait de rechercher les mécanismes fondamentaux

I. Objectifs de l'étude

1. Comprendre l'effondrement des civilisations en répondant à cinq questions :

i. Y a-t-il des lois d'évolution des civilisations ?

⇒ Quelques lois générales

ii. Des mécanismes simples sont-ils utiles ?

⇒ Permettent de comparer des situations différentes

iii. Sciences de la complexité éclairent-elles significativement ce sujet ?

⇒ clairage intéressant

iv. Quel a été le processus le + fréquent d'effondrement de civilisations passées ?

⇒ **Abus de l'environnement + refus de changer le système de valeur**

v. Comment les civilisations peuvent-elles éviter l'effondrement ?

⇒ Prendre des **décisions** courageuses lorsque les conditions changent

vi. **Notre civilisation pourrait-elle s'effondrer et disparaître ?**

⇒ De toutes façons, oui. Les questions : comment ? quand ? quelle suite ?

2. Livres ayant servi a préparer la présentation

1. Jared Diamond

« **Collapse** »

2. Joseph A. Tainter

« **Collapse of Complex Societies** »

3. Wikipedia

Diverses définitions et Diverses visions

4. Huntington

« Le choc des civilisations »

5. Fernand Braudel

« Grammaire des civilisations »

7. Emmanuel Todd / Youssef Courbage

« **Le rendez-vous des civilisations** »

« La chute finale »

8. Jacques Attali

« Une brève histoire d'avenir »

9. Laurent Palou-Lacoste

« Le choc des civilisations, Fantasmies ou réalité ? »

10. James Lovelock

« Gaia / Earth's Climate - Crisis & the Fate of Humanity »

11. Taline Ter Minassian et Jean Robert Raviot

« La civilisation soviétique »

Conseillé par Thibault Lambert

12. Arnold Toynbee

« Histoire » (notion de prolétariat intérieur et extérieur »

13. Oswald Spengler

« Le déclin de l'Occident »

14. Gibbon

« Le déclin de l'Empire romain occidental et oriental »

II. Lois d'évolution des civilisations

1. Définitions

- **Civilisation** : Ensemble des traits caractérisant l'état d'évolution d'une société sur les plans technique, intellectuel, politique et moral (sans jugement de valeur)
 - La plus vaste base pratique d'affiliation culturelle humaine après la conscience d'appartenance à l'espèce humaine (Huntington)
 - Son **environnement** est la nature, le climat, les autres civilisations
 - Appartient à un **espace** et à une **époque**
- ⇒ **Chez J Diamond / J Tainter : Civilisations de 1000 à + 10⁹ individus**
- ⇒ **De nos jours les petites sont absorbées par les grandes**
- **Culture** :
 - S'applique à une société, une diaspora, un groupe social ou un individu
 - Territoire moins défini (diaspora) et plus pérenne qu'une civilisation
- ⇒ **Frontière sémantique floue entre culture et civilisation**

Voir aussi annexe 1

2. Classification des civilisations selon Toynbee

1. *Civilisations indépendantes*

- Sans relations ; exemple : [Amérique centrale](#) ; [Andins](#)
 - Exemples du § IV : **Tikopia, Papous, Pâques**
- Non « affiliées » : [Chinois](#) ; [Égyptiens](#)
 - Exemples du § IV : **URSS**

2. « [Affiliées](#) » à d'autres civilisations

- [Africains](#) : Égyptiens puis Islamiques puis Occidentaux
 - Exemples du § IV : **Haïti, République dominicaine**
Norsk

3. *Civilisations satellites*

- [Coréens](#), [Japonais](#) et [Vietnamiens](#) : satellite de la civilisation chinoise
 - Exemples du § IV : **Inuit du Groenland**

4. *Civilisations avortée, éclipsées par une autre*

- les Occidentaux [Chrétienté de l'Extrême-Occident](#) ; [Scandinaves](#)



Voir aussi annexe 11

4. Les idées de Toynbee

- Civilisations identifiées sur **critères culturels** plutôt que nationaux.
Exemple : "civilisation occidentale » = toutes les nations qui ont existé en Europe occidentale depuis la chute de l'Empire romain
- Toynbee présente **l'histoire comme l'essor et la chute des civilisations** plutôt que comme l'histoire des État-nations ou de groupes ethniques.
- L'action de la minorité dominante est basée sur **la force et la répression** grâce à un appareil d'état. En conséquence une civilisation forme deux prolétariats dont la séparation est amplifiée par **la religion** :
 - un **prolétariat intérieur** constitué des sujets de la minorité dominante
 - il trouve un échappatoire dans une **religion supérieure** ou Église universelle
 - un **prolétariat extérieur** constitué des peuples primitifs sur lesquels la civilisation exerce un attrait.
 - il manifeste son **nationalisme** par l'intermédiaire de religions dérivées ou d'hérésie et répond par la violence

3. Lois générales

- Selon Toynbee, les civilisations surgissent en **réponse à certains défis d'une extrême difficulté** lorsque les "minorités créatrices" conçoivent des solutions pour réorienter la société entière.
 - Défis et réponses peuvent être
 - Physiques ([Sumériens](#) exploitant des marais insalubres par irrigation)
 - Sociaux (Eglise catholique résolvant le chaos de l'Europe post-romaine par une communauté religieuse unique)
 - Quand une civilisation arrive à **relever des défis**,
 - elle croît,
 - sinon elle décline. "Les civilisations meurent par suicide, non par meurtre. »
- Elles assurent leur cohésion au moyen de **valeurs partagées** :
 - religions, idéologies, civisme, patriotisme ou philosophie.
 - les minorités dominantes s'appuient sur ces valeurs pour imposer leur autorité

Lois générales (suite)

- Elles cherchent à **accroître leurs territoires**, connaissent **guerres** et **révoltes**
- Elles sont animées par le désir de **libération progressive** de l'individu des contraintes collectives J. Attali
- Elles progressent
 - selon un **cycle** (émergence, croissance, maturité, effondrement)
 - en remplaçant des services par des produits industriels et des travailleurs forcés par des salariés J. Attali
 - en **accroissant leur « complexité »** c'est-à-dire en augmentant :
 - le nombre de couches et de liaisons
 - la spécialisation
 - le poids de la population non directement productive
 - Bureaucratie pour gérer
 - Police pour imposer les valeurs
 - Armée pour défendre les frontières...

Les systèmes complexes auto-adaptatifs sont capables d'auto organisation avec les propriétés suivantes :

- i. Systèmes complexes **constitués d'agents** autonomes avec des interactions **bouclées** qui engendrent des **phénomènes émergents**
- ii. **Relations non linéaires** entre agents et avec l'environnement $\Rightarrow$ imprédictibilité
- iii. $\Rightarrow$ **les nombreuses méthodes** mises au point pour les systèmes auto-adaptatifs sont donc disponibles

- Les civilisations sont des système complexes constitués d'**agents** autonomes **interagissant** entre eux et avec l'environnement
 - Engendrant des **phénomènes émergents** Voir aussi annexe 12
 - **Valeurs partagées** : religieuse, patriotique, civique, idéologique... culture, tabous
 - Répartition des richesses et des privilèges
 - Organisation, structures familiales, régime politique
 - Emeutes, guerres, modes, engouements
 - L'émergence principale est l'**auto-organisation**
- Animés par des **boucles** de rétroaction (feedback) multiples
 - **Positives** : amplification jusqu'à rupture (propagation de messages et engouement)
 - **Négatives** : régulation (croissance démographique/famine)

II. Lois d'évolution des civilisations

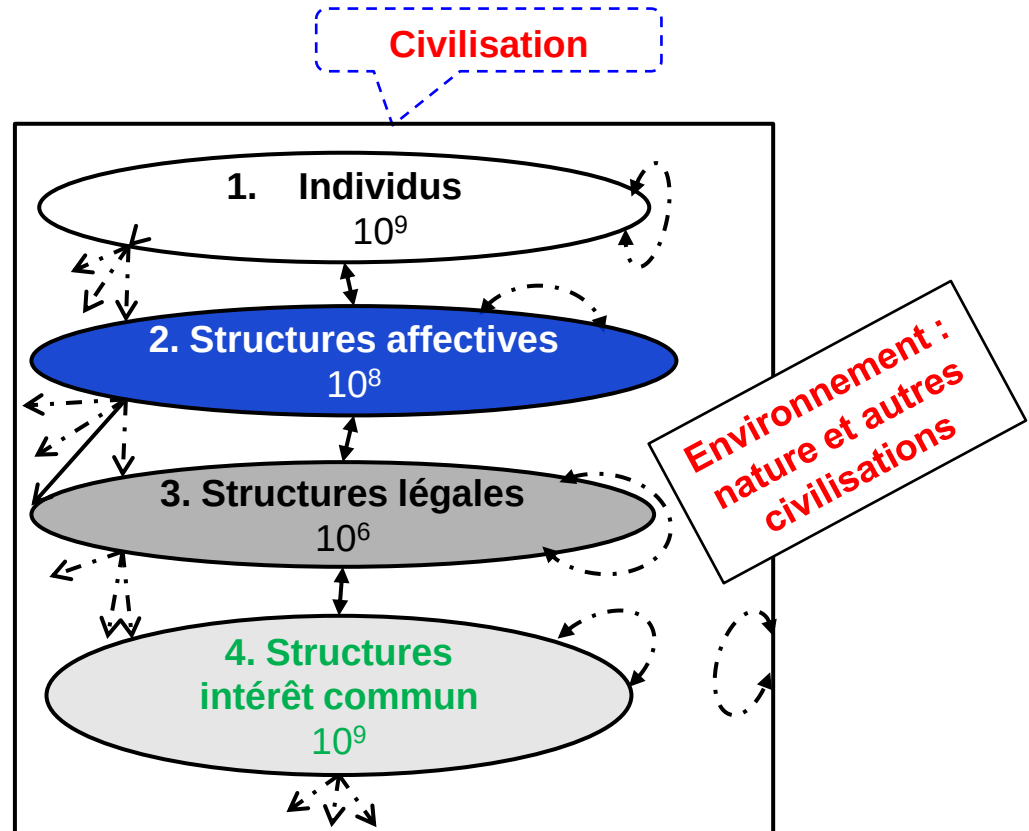
- Constituées d'individus et d'organisations à divers niveaux

Nombres énormes d'interactions et de types d'agents

2. Famille, ethnie, tribu, culture, religion, ONG, réseaux Internet

3. Hameau, (chefferie) village, quartier, ville, état, fédération, empire, union

4. Amis, collègues, églises, partis politiques, entreprises, structures éducatives, syndicats, clubs, associations, mafias

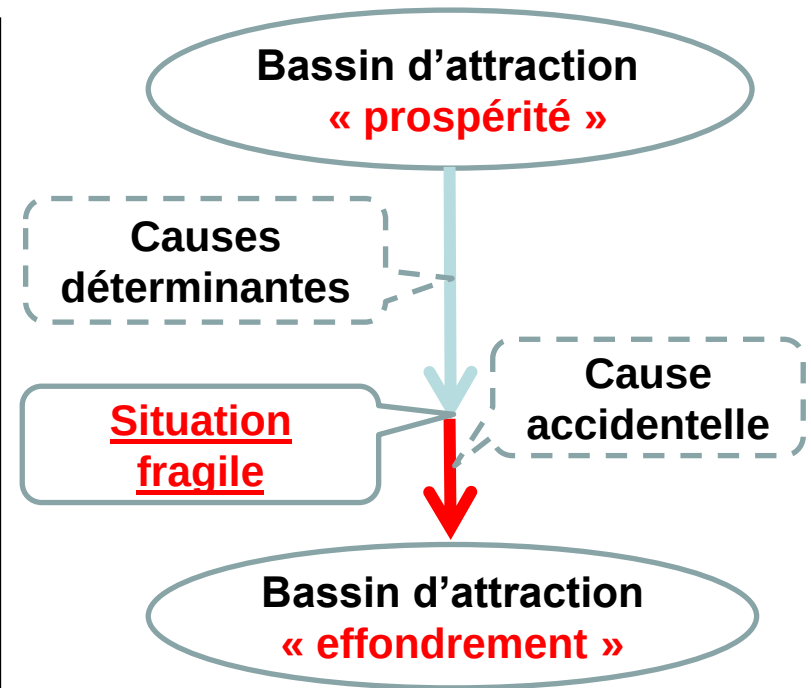


⇒ **Structure gigogne**

⇒ **Un même agent est membre de nombreuses entités à différents niveaux**

Pourquoi ?

- Difficulté de distinction entre :
 - **Causes antérieures déterminantes** qui placent une civilisation au bord de l'effondrement
 - **Cause accidentelle** qui déclenche l'effondrement d'une civilisation
- **Exemple** : polémique sur les causes de l'effondrement de la **civilisation Maya**
 - Causes déterminantes :
 - Surpopulation
 - Déboisement, épuisement des sols
 - Guerres féodales
 - Cause accidentelle : Sècheresse



⇒ **Bifurcation : passage d'un bassin d'attraction à un autre**

Voir aussi annexe 2

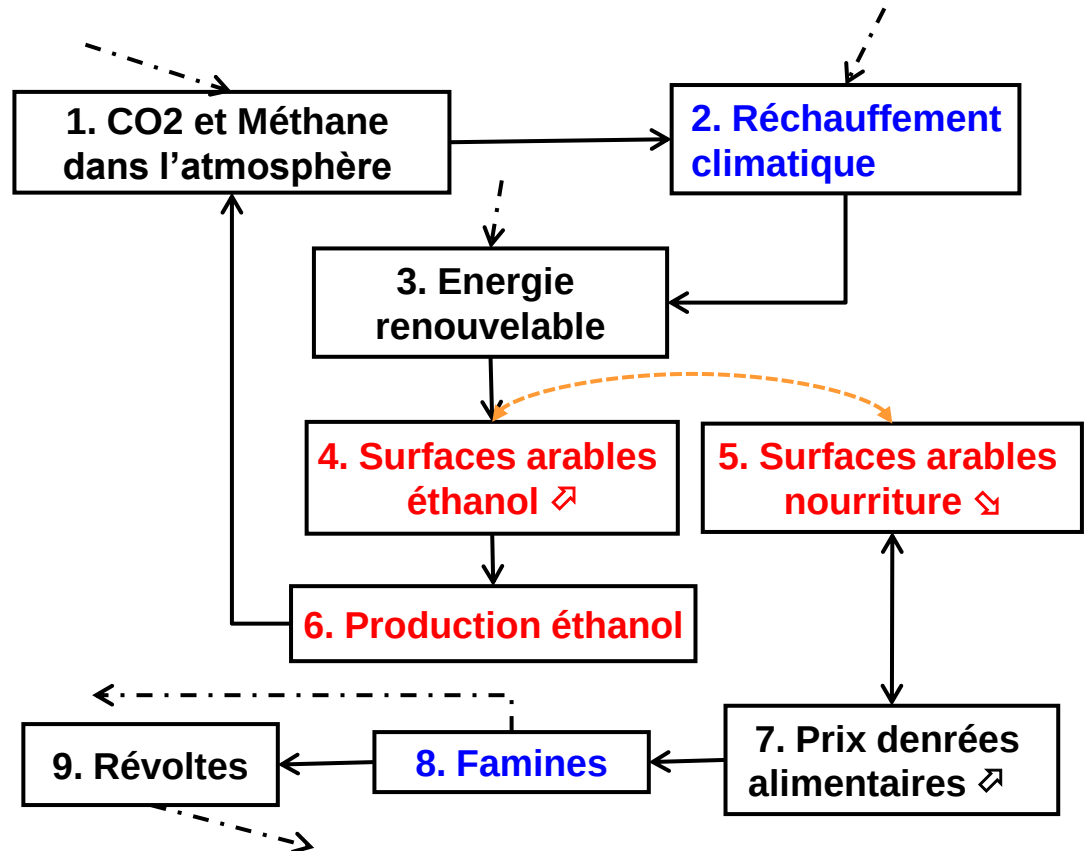
II. Lois d'évolution des civilisations

Exemple de décision à impact non intentionnel : l'éthanol

Une bonne intention : **réduire le risque de réchauffement** de la planète en plantant de l'**éthanol**

Les **surfaces arables** pour les denrées alimentaires diminuent

Des famines et des révoltes apparaissent



II. Lois d'évolution des civilisations

iii. De nombreux outils et méthodes sont disponibles

Méthodes, outils	Exemples
Graphes et réseaux	Small world
Bord du chaos	Chaos : anarchie Bord du chaos : Ordre marchand / Démocratie et marchés (innovation et auto-organisation) Ordre rigide : dictature : sclérose
Théorie de l'évolution	Sélection des organisations efficaces
Intelligence collective	Sélection des emprunts aux autres civilisations Ile Tikopia (voir plus loin) Résolution des conflits d'intérêt dans une démocratie
Simulation multi-agents	Jeux de civilisation (« Age of Empire » « Civilisation ») Disparition de la civilisation Anasazi cf. ci-après →

II. Lois d'évolution des civilisations

Simulation multi-agents : effondrement de la population Anasazi

A. Objectifs

- Dans l'Arizona de 1800 BC à disparition AD 1300
- Tester les hypothèses archéologiques par une simulation basée sur des agents

B. Hypothèses archéologiques de la civilisation Anasazi

- Nombreuses données archéologiques

C. Simulation

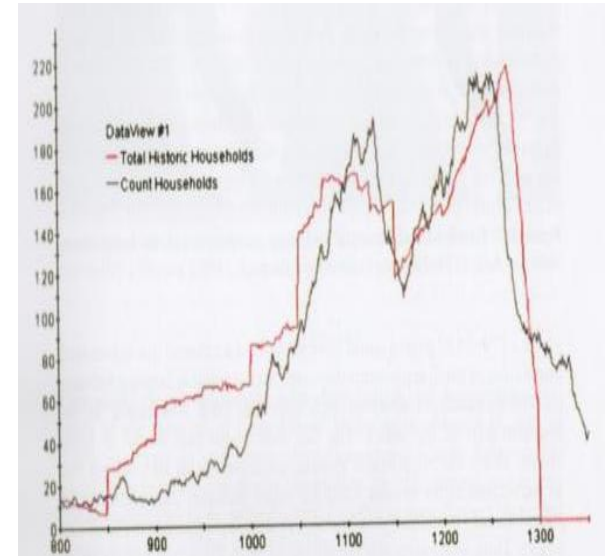
- Un type d'agent : la famille
- Environnement : territoire partagé en parcelles d'un hectare

C. Exemple de règles de comportement

- Création d'une nouvelle famille si fille atteint 16 ans
- Déménagement si le stock de grain est insuffisant

D. Résultats conformes à archéologie

- Démographie
- Evolution du nombre de villages



Evolution démographique :

- ✓ **Rouge** donnée archéologiques
- ✓ **Noir** simulation

⇒ **La disparition totale reste inexpliquée**

Voir aussi annexe 5

■ Théorie du chaos

- Sensibilité aux petites causes (non linéarité) : **sècheresse de courte durée**
- Forte **récurrence** de la dynamique : **quasi-cycles économiques**

■ Cybernétique

- Multiplicité des réseaux d'interaction bouclés : **évolutions permanentes**

■ Phénomènes émergents surprenants :

- Evolution / Adaptation / **Auto-organisation**
 - Coévolution : **entre civilisations**
 - Reproduction : éclatement en 2 de l'Empire romain
 - Organisation **gigogne** : familles, tribus, régions, états, empires
 - Lois de distribution inégalitaires (lois de puissance) : **distribution des richesses, population des villes...**
- **Holisme** : tout est bouclé donc nécessité de prendre en compte simultanément l'ensemble des agents et de leurs interactions

Pas d'opposition mais complémentarité entre approche réductionniste et holistique

III. Les causes de l'effondrement d'une civilisation

Deux thèses présentées : Jared Diamond et Joseph. A. Tainter

1. Définition de l'effondrement d'une civilisation selon Joseph A. Tainter – p 4

- Une société s'est effondrée quand
 - elle montre une **rapide** et **significative** perte de son niveau de complexité
 - qui a été établi durant au **moins une ou deux générations**
- Processus qui relève fondamentalement de la **sphère politico-sociale** même s'il peut avoir des conséquences en économie, art et littérature (« période sombre »)
- L'effondrement se manifeste par :
 - **Niveau plus faible** de stratification et de différenciation sociale
 - **Territoire plus petit** pour une unité politique
 - **Et moins de**
 - **contrôle** centralisé, de contrôle des comportements, d'embrigadement
 - investissement dans la **complexité**
 - **flux d'information** entre individus, les groupes et le centre
 - partage et **redistribution** de ressources, de coordination

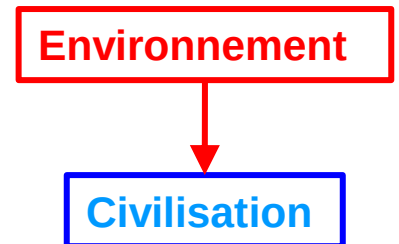
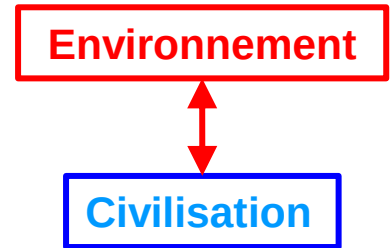
- Une civilisation s'effondre lorsque elle rencontre des problèmes qu'elle est **incapable de résoudre**
 - **Sa survie dépend de sa capacité à adopter des stratégies adaptées au changement de conditions**
 - Que des peuples puissent **rester bloqués** sur une idée alors que le monde évolue différemment est étonnant et **lourd de conséquences**
 - **Souvent réémergence** sous une forme différente
- ⇒ **L'environnement détermine la situation, le choix de la réponse dépend de la personnalité du groupe.**

1. Changement anthropique de l'environnement

- **Croissance démographique** et **progrès technologiques** consomment les **ressources naturelles**
- ⇒ **Réchauffement climatique, déforestation, pollution chimique, dégradation des sols**

2. Changement non anthropique de l'environnement

- **Variations climatiques cycliques** (> plusieurs décennies)
- Petite période glaciaire de 1400 A.D. à 1800 A.D. : extinction de la civilisation nordique du Groenland
- **Catastrophes naturelles** : Raz de marée, Irruption volcanique...



Voir aussi annexes 6 & 7

3. Interaction avec d'autres civilisations

- **Conflits** : Ecrasement des Aztèques et Incas par les Espagnols
- **Dépendance excessive d'autres civilisations** :
 - Norsk du Groenland (export d'ivoire en Norvège)
 - Relation **Chine** (exportation vers US) / **USA** (financement des déficits américains)
- **Domination** considérable d'une civilisation sur les plans culturels, militaires, économiques :
Civilisation occidentale - avec comme chef de file les US - vis-à-vis des autres civilisations
- **Cultures incompatibles** : Thèse d'Huntington

Autres civilisations



Civilisation

Voir aussi annexe 9

III. Causes de l'effondrement

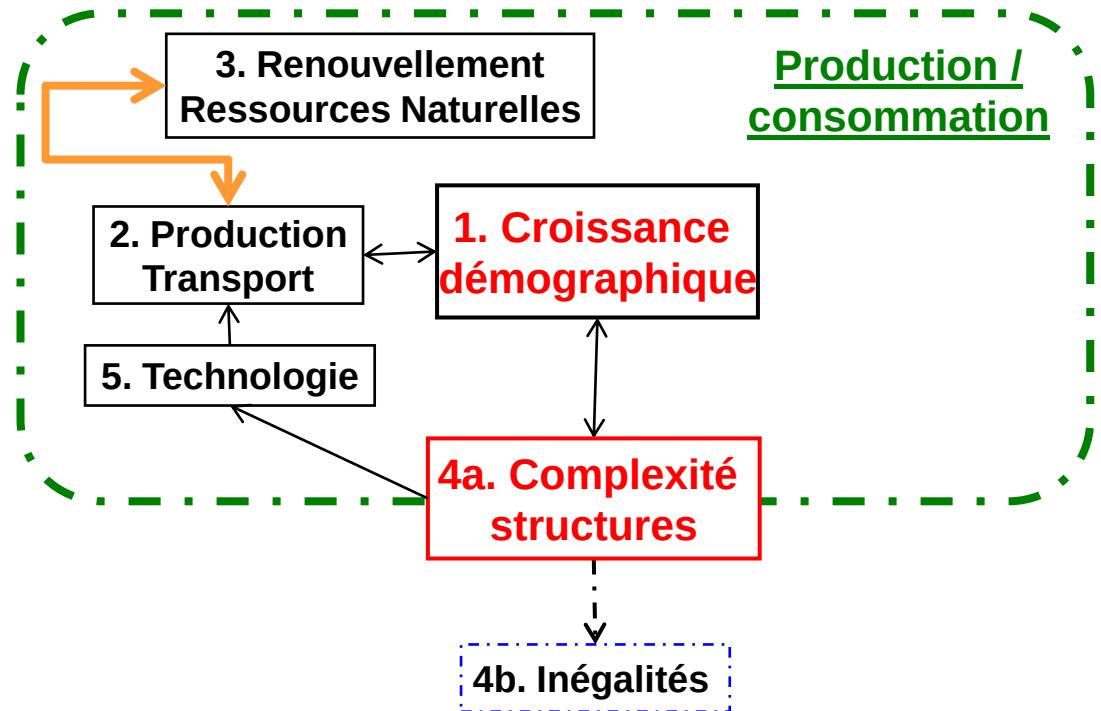
4. Facteurs endogènes (1)

Croissance démographique et **complexification** continues de la société

Ressources naturelles
Faunes, Flores
Forêts, Sols
Eau, Energie
Minerais, Pierres

Tant que vitesse de renouvellement des ressources naturelles < vitesse de ponction ⇒ OK

Civilisation



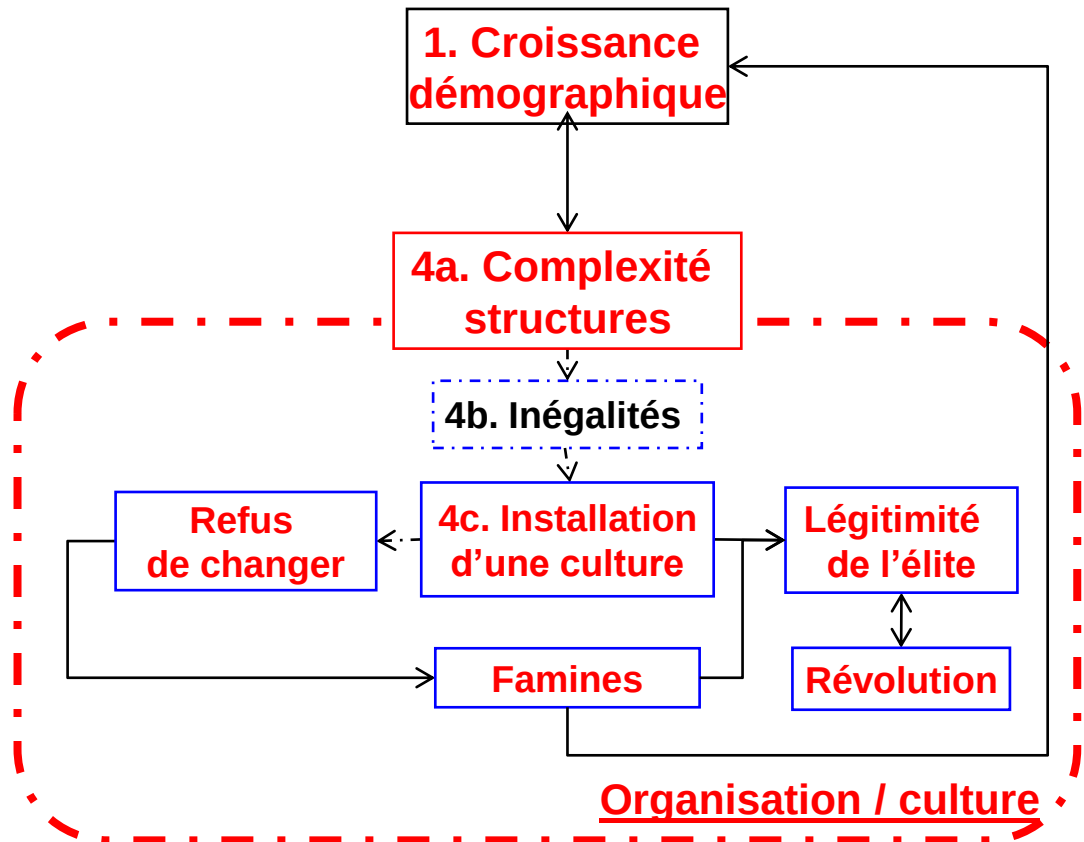
III. Causes de l'effondrement

4. Facteurs endogènes (2)

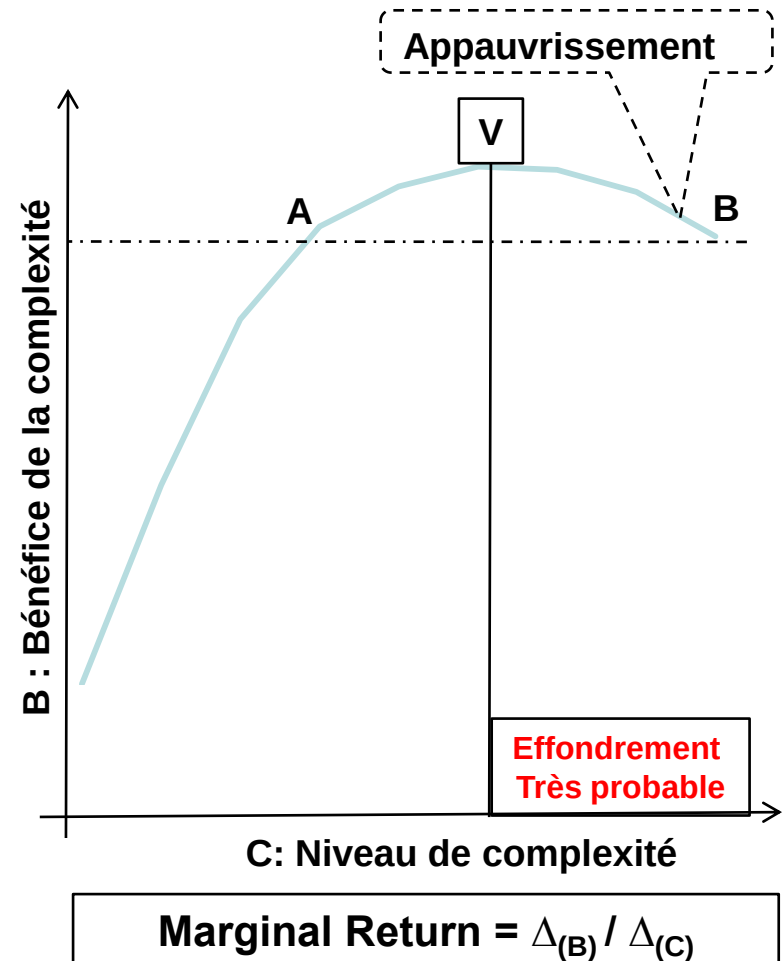


Epuisement des ressources naturelles + **refus de changer** le mode de vie
⇒ pénurie ⇒ **famines** ⇒ **légitimité de l'élite remise en cause** (corruption, rivalité, incompétence, ✎ religion et idéologie)

⇒ **Les révolutions sont alors fatales à ces élites**



- **Au-delà d'un certain point** la multiplication des structures et les progrès des technologies induisent **des coûts per capita croissants**
- **La société atteint un point « V » où elle est très vulnérable : la complexité n'est plus une solution acceptable**
- Un évènement **même mineur** ne peut plus être supporté
- Une partie de la société peut voir un avantage à **se séparer** :
⇒ **l'effondrement – perçu comme un paradis perdu – peut être une solution**



- Cette diminution des rendements est rencontrée en :
1. Agriculture / production de ressources : **utilisation de sources de + en + chère**
 2. Traitement de l'information : **+ de complexité ⇒ + d'information**
 3. R et D : **recherche générale (faible coût et large application) ⇒ recherche spécialisée (+ chère et champ étroit)**
 4. Contrôle sociopolitique et spécialisation : **bureaucratie spécialisée + couches d'organisation + coûts de [légitimation, contrôle interne, défense] sans avantages supplémentaires**
 5. ⇒ Productivité globale de l'économie : **résultats cumulés des points ci-dessus**
- ⇒ **Deux thèses :**
- **Diamond :**
Croissance démographiques ⇒ épuisement des ressources naturelles ⇒ fragilité de la société ⇒ une cause modeste peut provoquer l'effondrement
 - **Tainter :**
↗ complexité ⇒ coûts élevés pour peu ou pas de bénéfice ⇒ lassitude de la population ⇒ effondrement politico-social

IV. Neuf exemples d'évolution de civilisations

Haïti et République Dominicaine : Une île, deux états, des différences importantes

1) Haïti

- **Forte croissance démographique**
due à l'importation massives d'esclaves lors de la colonisation française au XVIII S
- **Forte dégradation de l'environnement**
déboisement, érosion des sols
- **Xénophobie** en réaction à l'esclavage
 - pas d'investissements étrangers
 - pas d'immigration de compétences
- **Désintérêt des dictateurs pour l'environnement**
- **Aujourd'hui**
 - **population extrêmement pauvre**
 - **civilisation proche de l'effondrement**

2) République dominicaine

- **Fort engagement des dictateurs dans la protection de l'environnement :**
 - lutte contre le déboisement
 - création de vastes parc nationaux et de forêts
- **Pays ouvert**
 - Apports de capitaux étrangers
 - Immigration de nombreuses compétences
- **Aujourd'hui**
 - **pays nettement plus prospère qu'Haïti**

Une ile, deux ethnies, deux destins

- 3) Inuit** : XIII siècle à maintenant. Bien adaptés à l'environnement (habitat igloo, chasse à la baleine et phoque pour alimentation, combustible et éclairage)
- 4) Viking** : du X siècle au XV siècle : Causes de la disparition :
- **Epuisement des sols** : déboisement, érosion due à excès de pâturage
 - **Déclin des échanges commerciaux**, importation de fer, avec la Norvège dus à :
 - Epidémie de peste (1350) : a tué la moitié de population des pays nordiques
 - Perte d'intérêt des européens pour l'ivoire de Groenland
 - **Attachement aux valeurs et coutumes européennes** : habitat, alimentation, religion, structure de la société :
 - Elevage de vaches (inadapté au climat)
 - Refus d'adopter les méthodes de chasse des Inuits (baleines, phoques)
 - Effort considérable pour bâtir et maintenir des édifices religieux
 - **Mini période glaciaire de 1400 à 1800 : extinction d'une civilisation fragile**
- Autre explication par la théorie du « bord du chaos » :
civilisation incapable de s'adapter car très stable donc loin du « bord du chaos »
- Structure sociale très hiérarchisée et rigides
 - Adhésion aux valeurs et coutumes européennes

Deux petites îles de l'Océan Pacifique, deux destins

5) Ile de Pâques :

- **Histoire**

- **X siècle** : peuplement par des polynésiens. Agriculture et pêche
- **Croissance démographique** jusqu'à environ 15.000 personnes
- Société hiérarchisée et **fortement inégalitaire** comprenant 9 clans
- **XVIII siècle** : découverte par les européens. Population d'environ 2.000 personnes dans un grand dénuement.

- **Causes de l'effondrement**

- **Efforts considérables** pour réaliser des **statues monoblocs** (jusqu'à 250 tonnes) pour des motifs religieux et de vanité des chefs de clan
- **Déforestation**, épuisement des sols, des ressources marines. Disparition totale des arbres : plus de combustible pour le chauffage, plus de bateau pour la pêche
- **XVII siècle : révolte**, disparition des élites, effondrement de la civilisation

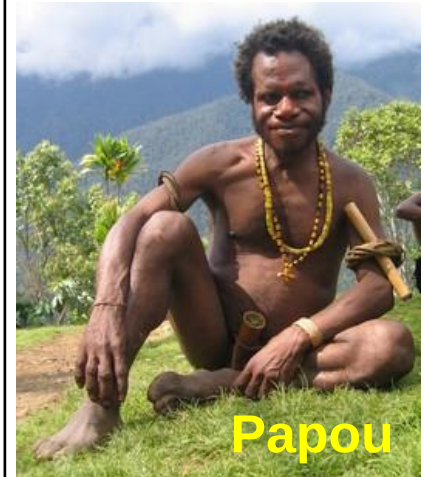
⇒ **Effondrement de la civilisation suite à la destruction de l'environnement**

Deux petites îles de l'Océan Pacifique, deux destins (suite)

- 6) Ile Tikopia :** maintien de la civilisation assurée par la protection de l'environnement
- **X siècle BC :** premier peuplement
 - **Forte dégradation de l'environnement jusqu'au I siècle BC :** mise à feu des forêts, disparition de nombreuses espèces d'oiseaux par excès de chasse.
 - **Prise de conscience progressive de la précarité des ressources depuis I° S BC**
 - **Sylviculture :** sélection et plantation d'arbre choisis pour leur production de fruits et la qualité de leurs bois
 - **Agriculture** avec apports d'engrais naturels
 - **Limitation du volume des pêches marines**
 - **Contrôle de la démographie,** 1.300 personnes, moyens variés, jusqu'au suicide
 - **Suppression des porcs** trop consommateurs d'aliments fin XVIII S
 - Société **égalitaire** organisée en clans. Forte densité : **300 habitants par km²**
 - **Aujourd'hui :**
 - **Maintien de la civilisation dont les habitants sont fières**
 - **Maintien du contrôle démographique par émigration**

7) Les papous : pionniers de la protection de l'environnement

- Population des Haute terre de Nouvelle Guinée depuis plus de **400 siècles** :
 - Vaste territoire, population nombreuse
- Découverte en 1930/40 :
 - Age de pierre
 - Organisation tribale
 - **Agriculture** et chasse
 - Ils ont développé sans aide extérieure une agriculture évoluée
- **Actions ayant assuré la pérennité depuis des millénaires** :
 - **Domestication et culture de plantes** : taro, banane, canne à sucre
 - **Protection des sols** :
 - Alternance des cultures (pionniers mondial)
 - **Plantations massive d'arbre** : casuarina producteur d'azote dans les sols ; **drainage pour éviter les érosions**
 - **Maîtrise de la démographie**



Papou



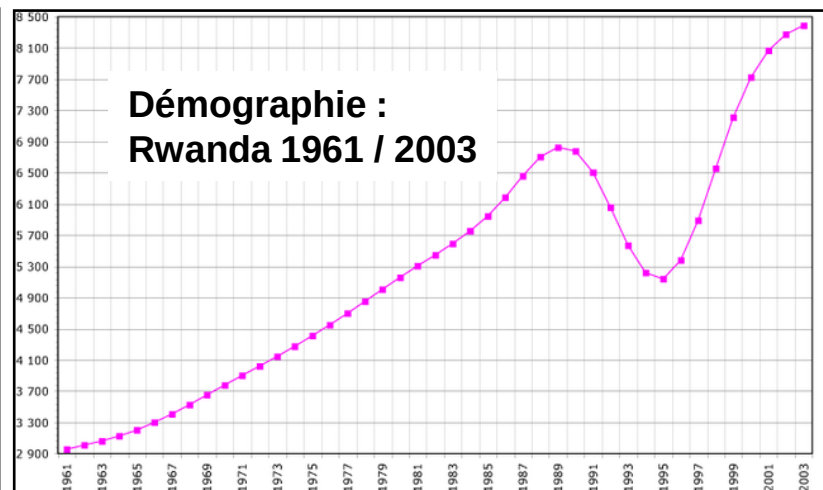
casuarina

8) Démographie : le génocide au Rwanda

La surpopulation : une cause additionnelle du chaos

Un pays d'Afrique de l'Est : génocide du 6 avril au 4 juillet 1994

- Les **lutes ethniques** entre tutsi et hutus sont certainement une cause importante du chaos actuel
- Une autre cause importante : les pulsions meurtrières créées par
 - **Démographie croissante** (320 h/km²)
 - **Pauvreté et famine** car faible ratio de terre arable par habitant (très petites exploitations agricoles < 0,3 hectares)
 - Analyse confirmée par massacres importants en zone mono-ethnique



Sources :

«Collapse» de Jared Diamond ;
«The Rwanda crisis» de Gérard Prunier ;
« Land under unbearable stress : Rwanda caught in the malthusian trap » de Catherine André et Jean-Phillippe Platteau



9) Effondrement de l'URSS



La fin de l'URSS correspond à la définition de l'effondrement :

Définition de l'effondrement	URSS : données ou exemples
Niveau de complexité établi durant au moins 1 ou 2 générations	De 1917 / 1922 à 1989 / 1991 : 4 générations
Perte Rapide de son niveau de « complexité »	Entre 1989 et 1991 : environ 2 ans
Perte significative de son niveau de complexité :	
Moins de stratification et de différenciation sociale	Niveau union disparaît Effondrement du centralisme
Territoire plus petit	Superficie diminuée énormément, perte de 12 satellites Population > 250 millions (URSS) ⇒ < 150 (Russie)
Moins de contrôle centralisé	Entreprises non soumises au gossplan
Moins d'investissement dans la « complexité »	Réduction de la bureaucratie, l'armée et la police
Moins de Flux d'information	Moins de contrôle et de Plan national
Moins de redistribution	Education et systèmes de santé payants , chômage...



Effondrement de l'URSS

Les causes



1. **Causes antérieures déterminantes** rendant la civilisation soviétique fragile
 - **Fonctionnement centralisé** sans feedback, donc : **Non adaptatif**
 - **Conséquence de ce centralisme :**
 - Faible motivation des ouvriers, faible productivité du Goulag
 - Non compétitif avec l'Ouest
 - Priorité à industrie lourde, spatial, armement
 - Des heures de queue pour biens courants
 - Ouvriers Russes plus mal lotis que ceux des autres ethnies
 - **Affaiblissement de l'idéologie dû à :**
 - Transferts massifs de populations
 - La contre-culture du goulag se transmet à la société toute entière
 - Goulag, KGB, Parlement aux ordres, Censure
 - Nécessité d'importer des céréales des pays occidentaux
 - Privilèges abusifs de la Nomenklatura / **blocage de l'ascension des cadres et ingénieurs**
 - **Traitement inégalitaires** des nombreuses ethnies et cultures :
Musulmans, Etats d'Europe Centrale, Caucase...



Les causes (suite)



2. Causes accidentelles déclenchant l'effondrement d'un empire déjà **fragile**

- Augmentation du budget militaire de R. Reagan + guerre en Afghanistan
 - Catalyseur : processus démocratique « Perestroïka » (restructuration) et Glasnost (transparence) de Gorbatchev (avril 1985)
 - **Volonté de paix et de réforme démocratique** affaiblissent le pouvoir
 - Election du parlement donne le **pouvoir à des ennemis du système communiste** dont Boris Eltsine.
 - **Renaissance d'une société civile réclamant son autonomie ;**
 - émergence de forces démocratiques et centrifuges : le régime unitariste, centralisateur et bureaucratique fût incapable d'y répondre
 - Modèle occidental découvert à travers la vitrine des Etats baltes, Pologne...
 - Influence de Jean-Paul II, Soljenitsyne...
 - En août 1991, **échec du coup d'État tenté par des extrémistes communistes**
- ⇒ **25 décembre 1991 : le drapeau russe flotte sur le Kremlin**
- ⇒ **Mais la fin du communisme apporte peu de soulagement au peuple**

V. Notre civilisation peut-elle s'effondrer ?

De nos jours, risque de chaos planétaire :

I. Lenteur des facteurs de stabilité car liés à l'évolution des mentalités, il manque :

A. Règlementations, garde-fous

B. Valeurs partagées mondialement : civiques, éthiques

C. Accord sur les objectifs et les moyens à mettre en œuvre

D. Gouvernance planétaire transcendant les états (ex. problème climatique)

⇒ **Le monde devient un village sur le plan économiques et les modes, mais reste fragmenté sur le plan des valeurs**

⇒ **Espoir : Passage à une prise de décision distribuée, en réseau, plus efficace**



Risque de chaos planétaire (suite)

II. Croissance accélérée des facteurs d'instabilité

A. la pénétration du **téléphone** mobile et de **l'internet**

- Multiplication des liens entre agents
- Interactions à la vitesse de la lumière
- Effets domino : propagation des engouements, doutes et comportements

B. l'explosion des **transports**

- Containers gérés par informatique
- Super cargos : mer, fleuves, air, terre (train, camions)
- Dissémination des contagions et des espèces étrangères

C. La dissémination des **armes nucléaires, biologiques, nanotechnologie**

D. La croissance et le déséquilibre **démographique** Voir aussi annexe 9



E. Risques **climatiques, environnementaux**

- 'ScienceDaily'

(Jan. 9, 2009) Rapidly warming climate is likely to seriously alter crop yields in the tropics and subtropics by the end of this century and, without adaptation, **will leave half the world's population facing serious food shortages**, new research shows. David Battisti, a University of Washington atmospheric sciences professor.

(Jan. 9, 2009) — **Flooding** like that which devastated the North of England last year is set to become **a common event across the UK in the next 75 years**, new research has shown. Dr Hayley Fowler, of Newcastle University

- 'Raise The Hammer'

... our civilization is making a very big mistake by ignoring peak oil and deferring whatever coordinated steps we may take to prepare for the coming time when the rate of oil production goes into permanent decline [Ryan McGreal](#)



F. Le choc des civilisations (Thèse d'Huntington)

- Nous sommes en transition vers un système composé de **8 civilisations principales**
 - occidentale, orthodoxe, latino-américaine
 - japonaise, confucéenne/ chinoise, hindoue,
 - Islamique et "peut-être", noire-africaine.
- 
- ⇒ **Chacune possède une religion ou une philosophie dominante**
- **La Culture**, et non la classe, l'idéologie ou la nationalité, fera la différence **dans la lutte des puissances** du futur :
 - Guerres décisives du futur : le long des **lignes de fracture entre civilisations**
 - chaque bloc augmente la conscience d'appartenance à sa civilisation.
 - les civilisations incarnent des **valeurs** politiques et morales **incompatibles**
 - l'Etat-nation, remplacé par la Civilisation : **le jeu lui-même continue inchangé**
 - Les alliances vont changer : Exemple : alliance objective **Chinois / musulmans**

Effondrement de notre civilisation

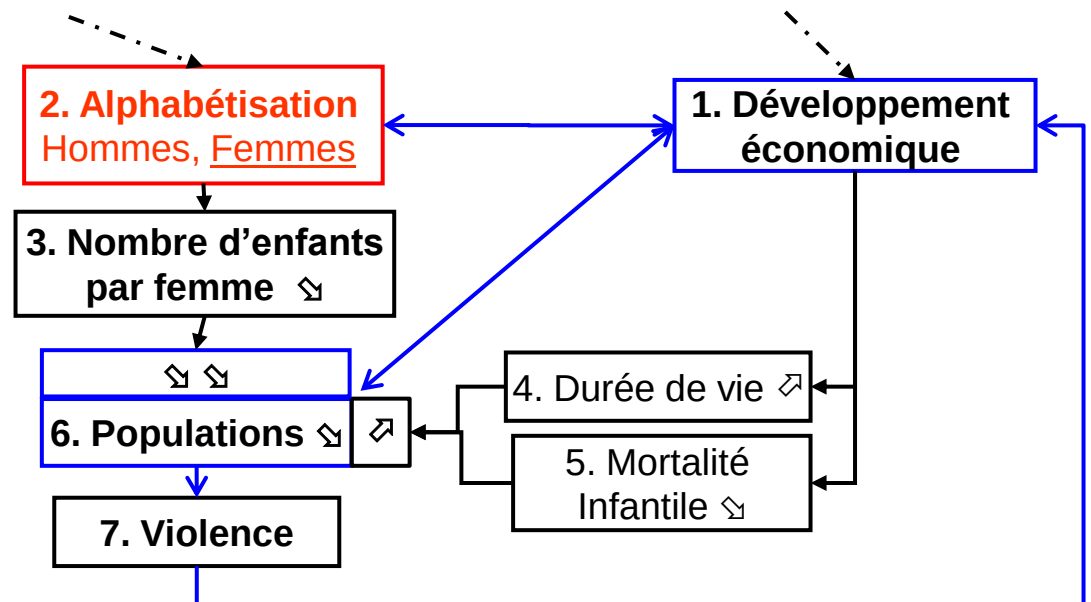
Antithèse 1 : Effet de l'alphabétisation des femmes (Emmanuel Todd)

Pessimisme ambiant :
le **terrorisme musulman** ne
semble pas fléchir

Mais **l'alphabétisation des
femmes** dans les pays
musulmans est très
avancée

Et donc

**La fécondité recule
rapidement**



**Historiquement, ceci a
toujours déclenché une
période de violence
suivie par une période
d'apaisement**

Transition démographique

Période apaisée

1914/1918 ; Nazisme ; Goulag

Union Européenne

Antithèse 2 : Ensembles politiques traitant d'égal à égal (J.A. Tainter)

- Etats traitant à peu près d'égal à égal en coopération ou dans des conflits
 - Il n'y a **pas d'acteur dominant** assez près et puissant pour les conquérir
 - **Abandon de la complexité**, quel qu'en soit le coût, **par un seul est impossible** (conquête par voisin)
 - Etats d'Europe Occidentale : **pas d'effondrement** (en 1100 ans depuis fin des Empires Romain d'Occident puis carolingiens)
 - Etats Maya (basses terres du sud) : **effondrements de tous quasi-simultanés**
- ⇒ **Effondrement d'un seul état est donc impossible, seul l'effondrement de l'ensemble est possible.**
- ⇒ **Est-ce le cas de nos civilisations actuelles ?**

Antithèse 3 : (entre autres de Paul Ricœur)

- Vers une civilisation universelle : fécondité, aliments, habits, sports, numérique
- Préservant des cultures spécifiques basée sur des structures familiales

Causes des risques	Diagnostic / conséquences
Absence de valeurs partagées mondialement	« Chacun pour soi » Difficultés de coordination mondiale
Domage à l'environnement	« Gaïa » est très malade : capacité réactive amoindrie Epuisement de ressources au cœur de notre technologie
Changement climatique	De + en + anthropique
Voisins hostiles	Risque de conflit de civilisation : terrorisme, guerre
Partenaires commerciaux amicaux	Dépendance de Chine, Inde, Brésil, Russie
Réponse de la société au changement de situation	Rejet d'un changement de mode de vie

2. Scénarios pour l'avenir

- I. Chaos : effondrement mondial avec un forte diminution de la population ?**
- II. Démantèlement des grands ensembles politiques ?**
- III. Guerres inter blocs ?**
- IV. Civilisation universelle / Auto-organisation mondiale d'états indépendants ?**
- V. Etat planétaire unifié ?**
- VI. Remplacement de l'humanité par des robots ?**

**« L'environnement détermine la situation,
le choix de la réponse dépend du groupe. »**

Conclusions : 3. Eclairages apportés par la systémique

Concepts	Exemples
Frontières du système	▪ Pas de frontières étanches entre civilisations
Emergence	▪ Fonds anthropologique (structures familiales, tabous...) ▪ Culture ▪ Répartition des richesses ▪ Organisation/ régime politique
Feedback	▪ Civilisation / Environnement , autres civilisations...
Structures de réseau	▪ Small world
Loi de puissance / fractal	▪ Loi de Pareto (Répartition des richesses) ▪ Autosimilarité des organisations
Auto-adaptation	▪ Aux catastrophes et changements ▪ Aux intrusions des autres civilisations
Coévolution	▪ Entre : civilisations, classes sociales, cultures
Intelligence collective...	▪ Consensus, votes
Bifurcation / catastrophe	▪ Effondrement, Grands hommes
Sensibilité aux Conditions initiales	▪ Présence de gros mammifères domesticables
Attracteurs	▪ Complexité, équilibre, bord du chaos, anarchie

Conclusions : 4. A retenir

1) Y a-t-il des lois d'évolution des civilisations ?

Cohésion assurée par des valeurs partagées

Minorités dominantes utilisant ces valeurs pour justifier leurs privilèges

Multiplication des structures et de la spécialisation (complexification)

Auto-organisation

Cycles des civilisations, des régimes et des structures

Pareto (inégalité des richesses, dimension des villes...)

2) Des mécanismes aussi simples sont-ils utiles ?

Cause accidentelle relativement modestes faisant s'effondrer une civilisation fragilisée par des causes fondamentales

Les abus des élites sont tolérés tant que la civilisation fonctionne à peu près, lorsque cela va mal, les élites en place sont éliminées

A retenir (suite)

1) Les sciences de la complexité éclairent-elles ces questions ?

Système auto-adaptatif et donc de nombreux outils disponibles,

Sensibilité aux petites causes et dynamique permanente

Mais, simulations et capacité de prévision limitées

2) Quel processus d'effondrement de civilisations le + fréquent ?

Croissance démographique ⇒ épuisement des ressources naturelles ⇒ refus de changement ⇒ révoltes et anéantissement des élites ⇒ simplification des structures et réduction du niveau de vie

Diminution du rendement marginal de la complexité

4) Les civilisations peuvent-elles éviter l'effondrement ?

Non si refus de changer le système de valeur : les Nords

Oui si prise de conscience suivie d'action : Reboisement du Japon au XVII^e S ; île de Tikopia (contrôle démographique et abandon du porc)

A retenir (suite)

5) Notre civilisation peut-elle s'effondrer ?

Causes historiques + nouvelles causes (nucléaire, actions anthropiques)

Le périmètre des problèmes dépassent largement la taille de toute autorité

Résistance énorme au changement pour protéger nos mode et niveau de vie

Mais opportunités : progrès scientifiques considérables + vision systémique

Attention aux conséquences inattendues des décisions dans un système hyper bouclé

⇒ Les politiques devront anticiper l'effet systémique de leurs décisions et donc penser à plus long terme (« apprenti sorcier »)

⇒ Les peuples devront affirmer leur volonté de Changer et en accepter les conséquences.



Annexes

1. Définitions
2. Incertitude des causalités
3. Processus typique d'évolution des civilisations
4. Les civilisations sont affectées par des boucles de rétroaction multiples
5. Simulation de l'effondrement de la population Anasazi
6. Changements anthropiques de l'environnement
7. Changements non anthropiques de l'environnement
8. Le génocide au Rwanda
9. Thèses comparées de Diamond et Tainter sur l'effondrement des Mayas
10. « Guns, germs and steel » : Avantages de l'Europe
11. Lectures conseillées

Annexe 1. Définitions

- **Civilisation** : Ensemble des traits caractérisant l'état d'évolution d'une société sur les plans technique, intellectuel, politique et moral (sans jugement de valeur)
 - La plus vaste base pratique d'affiliation culturelle humaine après la conscience d'appartenance à l'espèce humaine (Huntington)
 - Leur environnement est la nature, le climat, les autres civilisations
 - ⇒ Chez Diamond et Tainter : Civilisations de 1000 à + d'1 milliard d'individus !
 - ⇒ De nos jours les petites sont absorbées
- **Culture** : Peut s'appliquer à une société, un groupe social ou un individu.
D'une société : **culture + pérenne/diffuse dans l'espace que civilisation**
 - ⇒ **Frontière sémantique floue entre culture et civilisation**
- **Ethnie** : groupe humain possédant un héritage socioculturel commun, (langue, religion traditions)
- **Race** : Subdivision d'une espèce fondée sur des caractères physiques héréditaires dans toute l'humanité les répertoires de gènes sont quasiment les mêmes)

Définitions : Culture (suite 1)

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Culture>

- La culture humaine est,
 - "un ensemble lié de manières de penser, de sentir et d'agir plus ou moins formalisées qui, étant apprises et partagées par une pluralité de personnes, servent, d'une manière à la fois objective et symbolique, à constituer ces personnes en une collectivité particulière et distincte." (Guy Rocher, 1969, 88).
 - « La *culture*, dans son sens le plus large, est considérée comme l'ensemble des traits distinctifs, spirituels et matériels, intellectuels et affectifs, qui caractérisent une société, un groupe social ou un individu. Subordonnée à la nature, elle englobe, outre l'environnement, les arts et les lettres, les modes de vie, les droits fondamentaux de l'être humain, les systèmes de valeurs, les traditions, les croyances et les sciences. » (UNESCO)
- La notion de culture est au cœur d'un enjeu humain essentiel : dire ce qu'est l'espèce (homo sapiens sapiens) à travers ce qu'il fait.
C'est pourquoi l'on observe à la fois une tendance à couvrir - en tache d'huile - des activités de plus en plus diverses et éloignées les unes des autres (culture générale, culture religieuse, culture traditionnelle, culture technique, culture d'entreprise, industries culturelles, ministère de la culture, cultures animales, etc.) et une propension à perdre toute signification philosophique globale, précise ou tranchée.

Culture (suite 2)

- Le sens du mot « culture » dépend de la stratégie de l'institution ou de l'acteur social qui l'utilise, en opposition (plus ou moins explicite) avec d'autres.
- Pour ne pas trop trahir ces différences entre conceptions de la culture, on peut dessiner un « champ culturel » où elles se rencontrent et se confrontent par grands types d'activité :
 - Les pratiques de l'exercice de la parole est une réalisation permanente et universelle, bien que réalisées entre personnes concrètes chez l'humain. Associées à des pensées et à des actes, elles représentent la culture dans ses spécificités et dans l'activité humaine.
 - Les pratiques artistiques font le plus souvent émerger des points de vue singuliers qui sont ensuite partagés et échangés.
 - Les pratiques d'organisation des pensées et des sentiments (philosophiques ou religieux) cherchent au contraire à rassembler de grands groupes par la conviction et la séduction (le vrai et le beau selon [Platon](#)).
 - Les pratiques de régulation (grammaticale, juridique, économique, technique, etc.) organisent les êtres humains selon des rapports prédéterminés, mesurables et prévisibles.
- Une représentation de la culture consiste à la regarder comme formée de quatre éléments qui sont « transmis de génération en génération en apprenant » [\[4\]](#) :
 - les [valeurs](#) ; les [normes](#) ; les [institutions](#) ; les [artefacts](#).

Culture (suite 3)

- Il est possible de reconnaître **des systèmes de valeur associés de préférence à des civilisations**.
 - Ainsi, dans ce qu'on appelle encore l'**Occident**, il semble que la conversation culturelle se préoccupe beaucoup de **la question de la règle**, de la mesure, de la loi physique ou sociale,
 - A l'intérieur de la sphère occidentale, le point de vue anglo-saxon insiste encore davantage sur la loi (culture de la common law, et de la rule of law). Ceci correspond à une religiosité inspirée des protestantismes préoccupés de l'usage rationnel du temps personnel (comme le montrait Max Weber), ce qui permet l'autodiscipline, libère un certain libéralisme et fait l'économie d'un contrôle par l'autorité collective.
 - Alors qu'en **Extrême-Orient**, l'affaire la plus importante concerne **l'identité dans le monde**.
- Les valeurs des sociétés villageoises (comme en Afrique ou en Amérique latine) portent davantage sur l'équilibre entre l'homme et la nature, garanti par l'intercession des hommes-médecine.
 - Les valeurs des sociétés nomades sont plutôt attachées à résoudre les problèmes des antagonismes inévitables entre groupes sur le territoire commun.

Annexe 2. Incertitude des causalités

Possibilité d'identifier l'impact des **causes exogènes majeures**, par exemple les catastrophes naturelles.

En revanche, **Impossibilité d'identifier les causes premières d'une situation**

➤ **Exemples:**

- **causes endogènes** de l'essor ou du déclin relatif d'une civilisation (Chine, monde musulman, Europe, Amérique...)
- **rôle des peuples et des « grands hommes »** dans les bifurcations de l'histoire

➤ **Pourquoi ?** : Propagation durable des effets de chaque cause dans tout le système avec des amplifications et des atténuations dues à :

- multiplicité des interactions entre les agents
- **bouclage** d'interactions positives et négatives
- non-linéarité des relations de causes à effets avec de fortes distorsions

⇒ **En histoire, il n'y a que des « semi-lois » non-universelles, une tendance sur une période et un espace donnés.** Tony Lawson

Annexe 3. Processus typique d'évolution des civilisations

Ex. civilisations Maya, Ile de Pâques, Chocoma / Anasazi...

Organisation rudimentaire
Tribu (cueillette, chasse)



Auto-organisation
Développement de l'agriculture /élevage :
↗ des ressources alimentaires et ↗ **de la population**



Evolution jusqu'au bord du bassin d'effondrement
Détérioration de l'**environnement** : déforestation, épuisement des sols
Perte de légitimité de la classe dirigeante (dépenses somptuaires, guerres, taxes)
Fragilité due à la surpopulation vis-à-vis des ressources disponibles



Effondrement
Une cause accidentelle aggrave une **situation déjà fragile**, par ex. sécheresse
Révoltes, **anéantissement des élites**

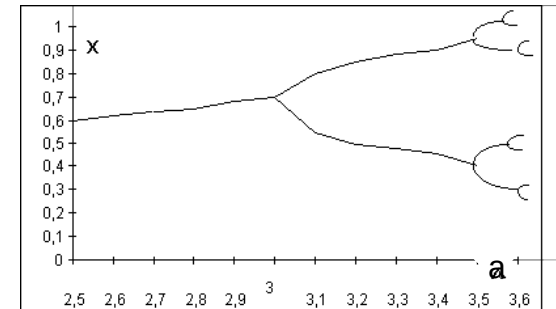
Annexe 4. Les civilisations sont affectées par des boucles de rétroaction (feedback) multiples

➤ **Positives** : amplification jusqu'à la rupture

- Propagation de messages / **Engouement**
 - Adoption de technologies (TV, Internet, GSM...) et de cultures (maïs, pomme de terre...)
 - Bulles (Tulipe 1636, Internet 2000)
 - Modes (casquette américaine)
- Croissance démographique : $x_{n+1} = a x_n (1 - x_n)$
- Haine / Violence s'entretiennent mutuellement

➤ **Négatives** : régulation

- Inégalité / Révoltes
- Croissance population / famines, épidémie, alcoolisme, contrôle des naissances, guerres de territoire, contrôle des naissances



⇒ **Mouvements perpétuels**

⇒ **Incertitudes des causalités**

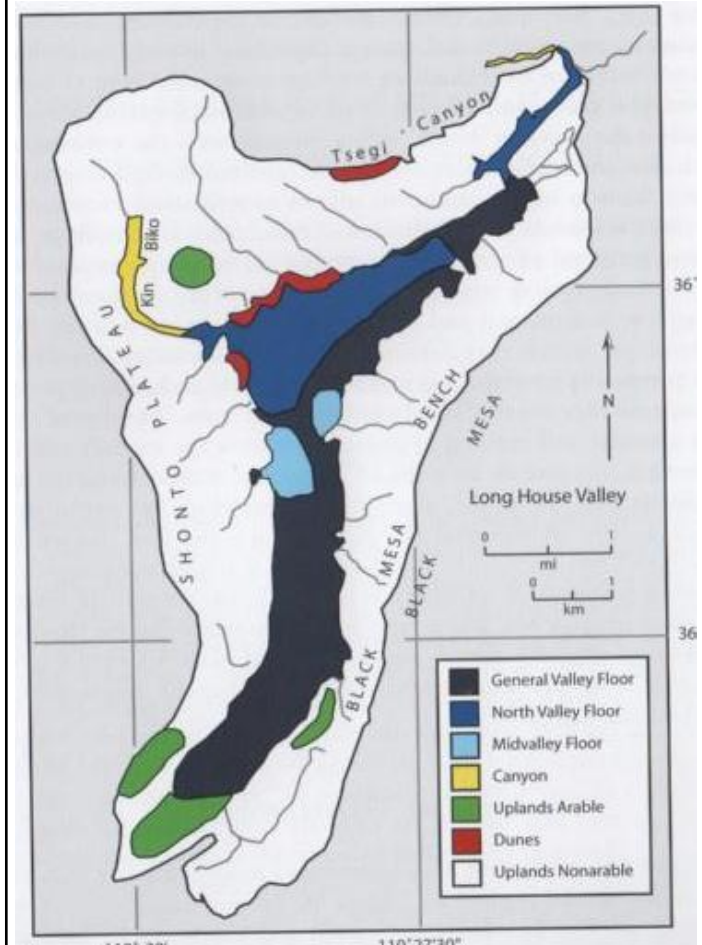
Annexe 5 : **Simulation** de l'effondrement de la population Anasazi

A. Objectifs

- Tester les hypothèses archéologiques
- Tester la simulation basée sur les agents appliquée à une civilisation

B. Hypothèses archéologiques de la civilisation Anasazi

- Arizona de 1800 BC à disparition AD 1300
- Nombreuses données archéologiques :
 - Parfaite conservation grâce au climat
 - Territoire inoccupé depuis disparition
 - Connaissance annuelle du climat (analyse des arbres)
 - Connaissance des évolutions démographiques et des dimensions des villages

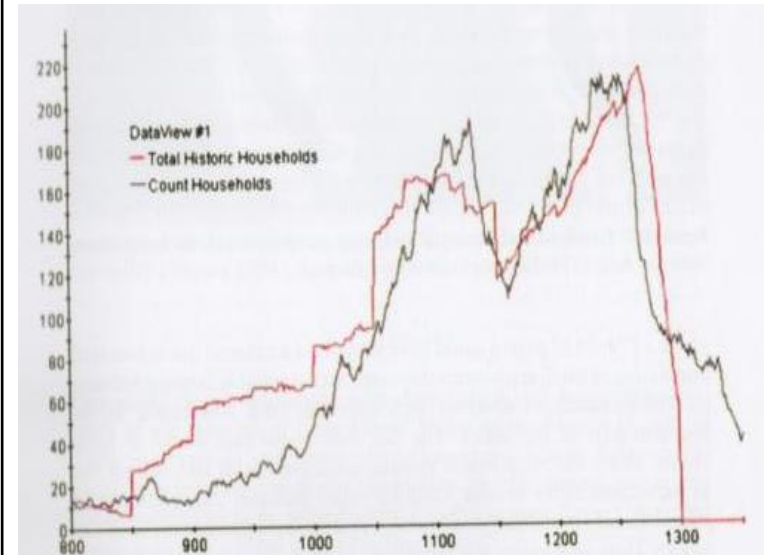


Simulation de l'effondrement de la civilisation Anasazi (suite)

C. Méthode de simulation

- Un type d'agent : la famille
- Exemple de paramètre des agents : consommation annuelle de maïs, longévité, fertilité féminine, distance maxi entre habitat et champ exploité
- Environnement : territoire partagé en parcelles d'un hectare dont la productivité est connue pour chaque année
- Exemple de règles de comportement
 - Création d'une nouvelle famille lorsqu'une fille atteint 16 ans
 - Une famille déménage si le stock de grain est insuffisant à cause de la faible productivité des parcelles cultivées
 - Choix d'une nouvelle parcelle agricole en fonction de sa productivité

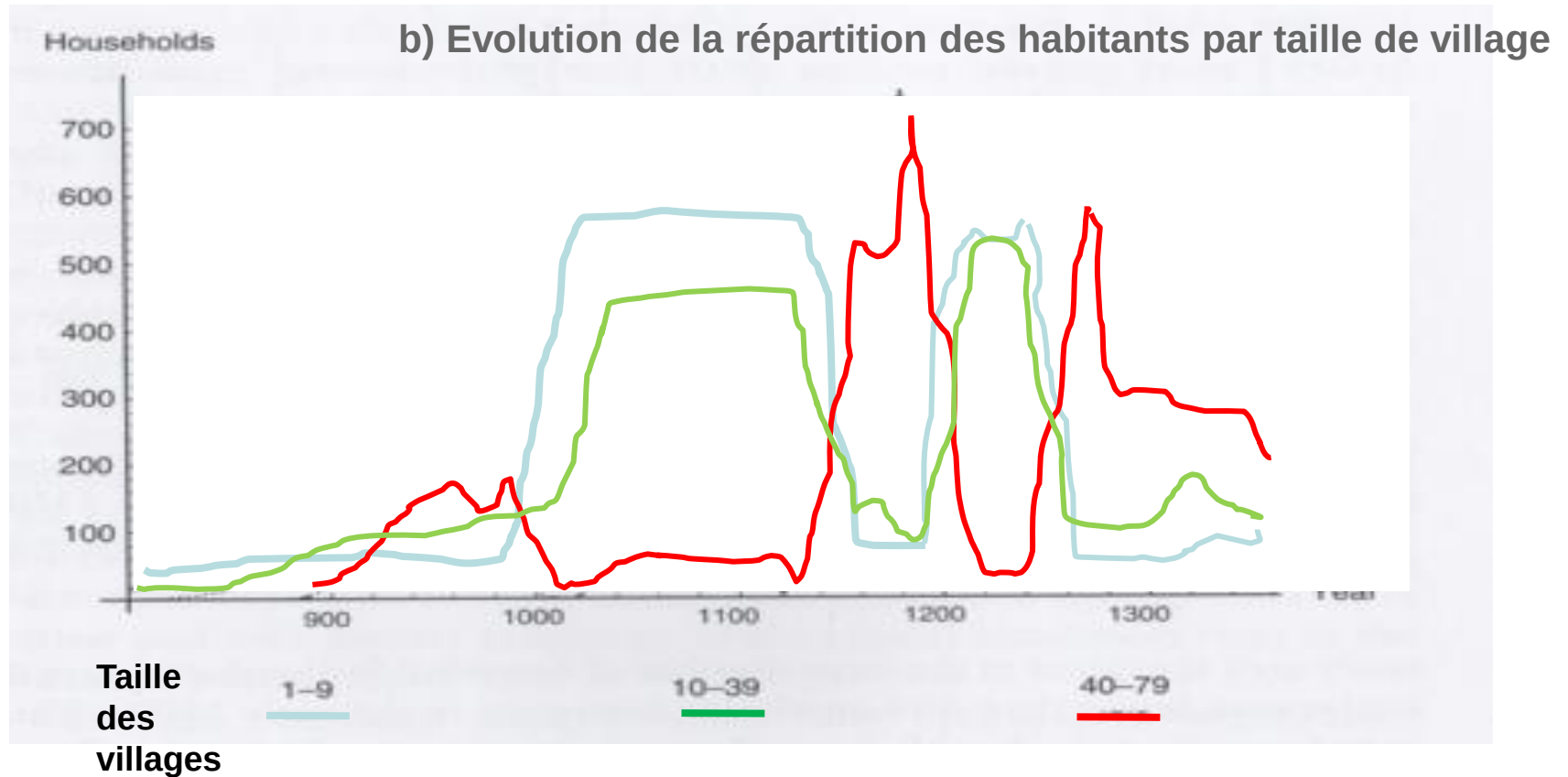
D. Résultats



a. Evolution démographique :

- ✓ **Rouge** donnée archéologiques
- ✓ **Noir** simulation

Simulation de l'effondrement de la civilisation Anasazi (suite)



Résultats de simulation cohérents avec les données archéologiques

Annexe 6. Changements anthropiques de l'environnement

Pression de la **démographie** et des **progrès technologiques** consomment les **ressources naturelles**

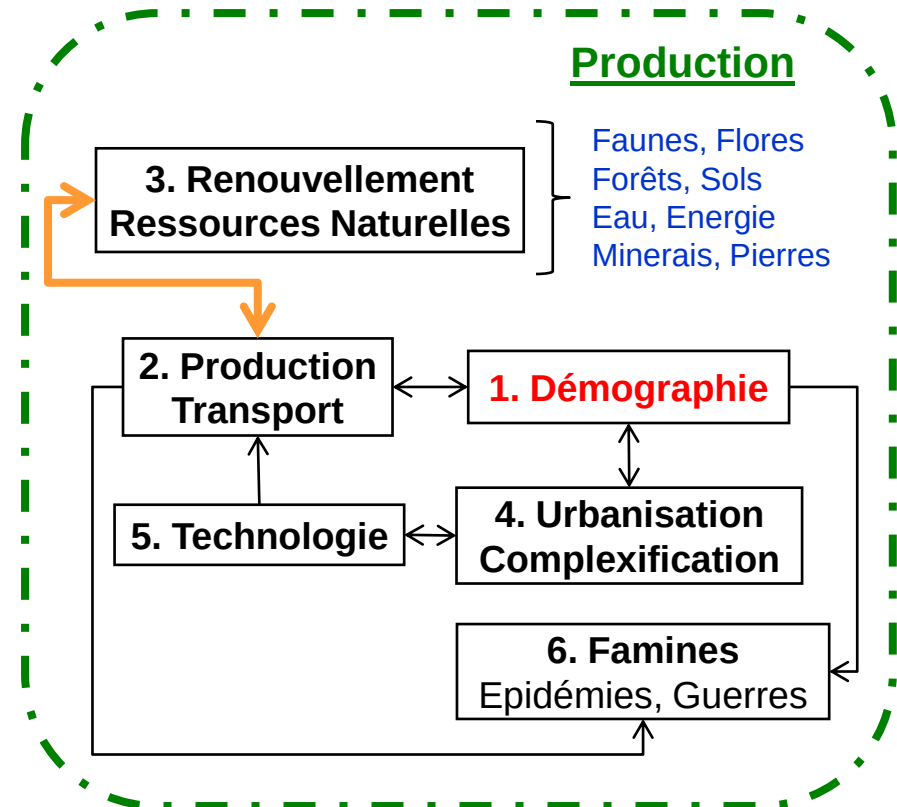
Lorsque la vitesse d'utilisation de ces ressources devient > leur vitesse de renouvellement :

Déforestation, détérioration des sols, réduction faune et flore, déplacement d'espèces, pollution chimique, changement climatique

Alors, la production décline, des famines apparaissent

⇒ **La complexité se réduit**

⇒ **La population décroît**



Annexe 7. Changements non anthropiques de l'environnement

Environnement

Civilisation

- Variations **climatiques** cycliques :
 - Durée de plusieurs décennies ou siècles
 - Variation de pluviosité, température
 - Exemples : Petite période glaciaire de à 1800 A.D. : extinction de la civilisation nordique du Groenland

- **Catastrophes naturelles** : Raz de marée, Irruption volcanique...
Ex. des **tremblements de terre**,
 - Santorin au XVIIème S BC qui a ravagé la Crète et détruit la flotte minoenne
 - Mont Tambora année 1816 : pas d'été et vaste famine en Europe (200.000 victimes) en Amérique du Nord et en Indonésie

9. Comparatif de l'explication de l'effondrement des Mayas

entre J. Diamond et J.A. Tainter

➤ Points communs

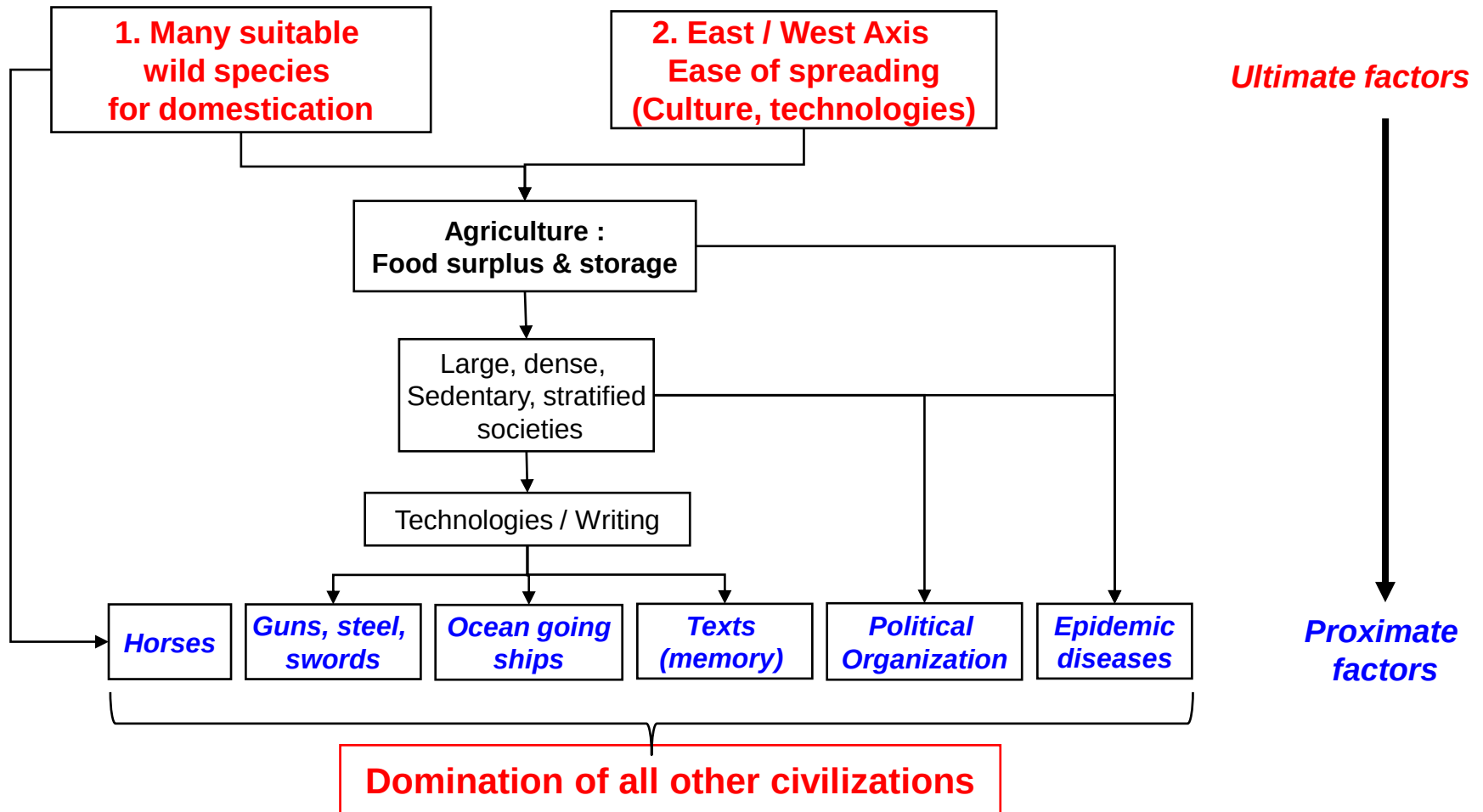
- Hiérarchisation de la société et augmentation de la production agricole
- Croissance démographique
- Appauvrissement des paysans :
 - Taxes ; Guerres
 - Contribution à la construction des monuments, des systèmes d'irrigation
 - Famines dues à la surpopulation
- Révoltes et élimination des élites

➤ Divergences :

- J. Diamond ajoute une cause majeure : **l'appauvrissement des sols dû à l'excès d'exploitation et aux érosions.**



Annexe 10. « Guns, germs and steel » : Avantages de l'Europe



Annexe 11 : Classification des civilisations selon Toynbee

➤ **Civilisations indépendantes**

- Sans relation avec d'autres civilisations : [Amérique centrale](#) ; [Andins](#)
- Non « affiliées » à d'autres civilisations : [Suméro-accadiens](#) ; [Égyptiens](#) ; [Égéens](#) ; [Indusiens](#) ; [Chinois](#)

➤ « **[Affiliées](#)** » à d'autres civilisations

- [Syriens](#) : Suméro-accadiens, Égyptiens, Égéens et Hittites
- [Helléniques](#) : Égéens
- [Indiens](#) : Indusiens
- [Africains](#) : Égyptiens puis Islamiques puis Occidentaux
- [Chrétienté orthodoxe](#) ; [Occidentaux](#) ; [Islamiques](#) : Syriens et Helléniques

➤ **Civilisations avortée, éclipsées par :**

- les Égyptiens : [Pré-syriens](#)
- les Islamique : [Chrétienté nestorienne](#) et [Chrétienté monophysite](#)
- les Occidentaux [Chrétienté de l'Extrême-Occident](#) : [Scandinaves](#)
- la civilisation occidentale moderne : [État-cité occidental du monde médiéval](#)

Classification des civilisations selon Toynbee (suite 1)

➤ **Civilisations satellites**

- Mississipi : Amérique centrale
- "Sud-Ouest" : Amérique centrale
- Andins du Nord et Andins du Sud : Andins
- ? Élamites : Suméro-accadiens
- Hittites ; ? Urartu : Suméro-accadiens
- Iraniens : Suméro-accadiens puis Syriens
- ? Méroé : Égyptiens
- Coréens ; Japonais ; Vietnamiens : Chinois
- ? Italiques
- Asie du Sud-Est : Indiens (puis Islamiques en Indonésie & Malaisie)

- Tibétains
- Russes : Chrétiens orthodoxes puis Occidentaux
- Nomades : civilisations sédentaires voisines des steppes eurasiennes et africaines



Annexe 12 : Emergence d'après Robert B. Laughlin

Introduction par Alex Makarovitsch, le livre de Laughlin

- **mérite d'être lu** par une majorité de nos collègues
- rappelle ce qu'est l'émergence (par un ensemble de personnes compétentes)
- confirme que **réductionnisme et émergentisme sont complémentaires**
- apporte une **vision plus optimiste** de ce qu'on peut (doit) faire sur un plan plus général, de l'approche globale

Robert B. Laughlin : Professeur de physique à Stanford, Prix Nobel de physique 1998 :
« **A Different Universe – reinventing physics from the bottom down** »

1. L'émergence implique

- une structure organisationnelle complexe qui croît de structures simples
- une inévitabilité stable de la façon dont certaines choses sont
- imprédictibilité, dans le sens de petits événements causant de gros et qualitatifs changements dans des événements plus importants
- l'impossibilité fondamentale du contrôle

2. L'émergence est une loi de la nature que les humains subissent

Emergence par Alex Makarovitsch d'après Robert B. Laughlin (suite)

Résultats d'un séminaire à Stanford, dont R. Laughlin fait état

3. « ... **le comportement humain ressemble à la nature** parce que nous faisons partie de la nature et sommes régis par les mêmes lois que toutes autres choses
 - nous ressemblons à des choses primitives car nous sommes faits d'elles – pas parce que nous les aurions humanisées, ou contrôlées avec notre esprit
 - le parallèle entre organisation d'une vie et organisation des électrons n'est pas un accident ou une tricherie, c'est de la physique. »
4. « ...la science s'est maintenant déplacée depuis un Age du Réductionnisme **à un Age de l'Emergence**, un temps quand la recherche des causes ultimes des choses se translate depuis le comportement des parties vers le comportement collectif. »
5. « Nous ne vivons pas à la fin de la découverte mais à **la fin du Réductionnisme**,
 - un temps dans lequel la **fausse idéologie** de la maîtrise par l'humain de toute chose par la loi du microscopique est refusée par les événements et la raison
 - ceci ne veut pas dire que la **loi du microscopique** est erronée, ou n'a pas d'objet, mais juste qu'elle **devient non-significative dans beaucoup de circonstances** par ses enfants et les enfants de ses enfants, les plus hautes lois d'organisation du monde