

Zeitschrift: Revue Militaire Suisse
Herausgeber: Association de la Revue Militaire Suisse
Band: - (2017)
Heft: 3

Artikel: Tendances à long terme du climat et de l'énergie (1/2) : Tableau général
Autor: Chambaz, Grégoire
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-781562>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

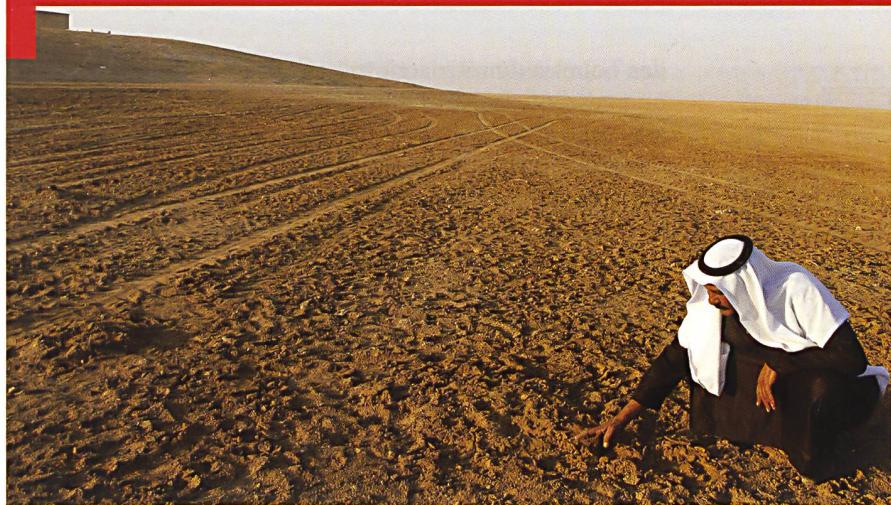
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Prospective

Tendances à long terme du climat et de l'énergie (1/2) : Tableau général

Cap Grégoire Chambaz

Rédacteur adjoint RMS+

Ce document fait suite à l'article « Introduction à la collapsologie: Déclin ou effondrement ? » publié précédemment (RMS 2017-2). Il vise à explorer les tendances à long terme du climat et de l'énergie en deux volets : un premier dressant un tableau général de la situation à long terme et un deuxième se concentrant sur les impacts géopolitiques qui en découlent. Le premier volet fait l'objet de ce document, le deuxième paraîtra séparément.

L'ambition du dossier *Tendances à long terme du climat et de l'énergie* est de présenter synthétiquement les paramètres, interconnexions et caractéristiques qui traversent notre modèle de civilisation (industrielle). Dans cette optique, les thématiques de l'énergie, des ressources, de l'environnement, de la production alimentaire, des sociétés et des conflits seront abordées de manière interdisciplinaire.

Ramené à son propos le plus essentiel, ce document met en lumière les processus fondamentaux de mobilisation de l'énergie et leurs implications, comme sur le climat. L'analyse déployée montre les conséquences à la fois du déclin de la production totale et de la qualité nette de l'énergie. En outre, cette étude montre comment les crises énergétique, climatique, alimentaire et économique sont étroitement reliées.

Les éléments présentés dans ce dossier s'appuient (in) directement sur plus d'une centaine de publications scientifiques ainsi que des rapports de prospective. Le format de cet article ne permet pas toutefois de les citer systématiquement. L'auteur de ces lignes se tient à disposition du lecteur curieux pour toute information. A des fins indicatives, une bibliographie succincte est suggerée en fin de texte.

Le Sheikh Ghazi Rashad Hrimis montre les impacts de la sécheresse sur ses champs dans la région de Raqqa, novembre 2010. La sécheresse de 2006 à 2011 (la plus importante en 700 ans) a provoqué la cessation de l'activité de 75 % des fermes syriennes, la chute de 85 % des cheptels et forcé jusqu'à 1,5 millions de Syriens à émigrer dans les centres urbains. Cette migration ainsi que l'absence de soutien du gouvernement sont maintenant reconnus comme des facteurs structurants dans le déclenchement de la guerre civile syrienne. Par conséquent, on peut qualifier le conflit syrien de coproduit du changement climatique.

1.1 L'écosystème humain comme cadre d'analyse

Cette première partie vise à décrire brièvement le cadre analytique mis en œuvre dans ce dossier. Celui-ci doit permettre de prendre en compte le caractère particulier des différentes crises, celles-ci se renforçant et se transformant dans le temps. Dans cette optique, le recours à la théorie des systèmes¹ semble donc spécifiquement adapté pour aborder dans leur ensemble la nature complexe des thématiques environnementales et énergétiques.

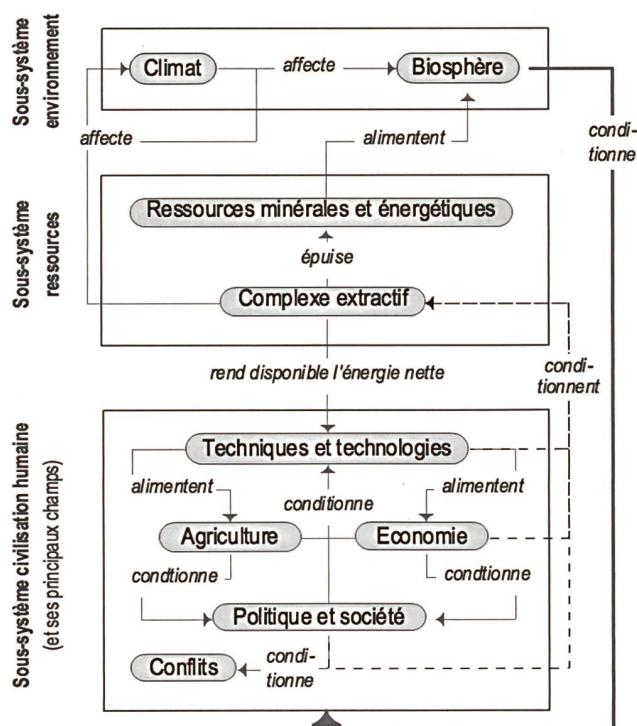
L'adaptation de la théorie des systèmes à la situation présente permet de mettre en lumière les principaux sous-systèmes à l'œuvre sur la planète. Dans le cadre de cette analyse, trois seront retenus : les Ressources, l'Environnement et la Civilisation industrielle.² Ils évoluent en interaction entre eux. Ensemble, ils forment le macro-système « Ecosystème humain » (voir figure 1). L'étude de l'Ecosystème humain permet de mettre en lumière les boucles de rétroaction (des relations amplifiant ou diminuant les éléments sur lesquels elles agissent) entre la Civilisation industrielle, les Ressources et l'Environnement.

1.2 L'écosystème humain et les ruptures d'équilibre

La problématique de la Civilisation industrielle est qu'elle nécessite la mobilisation (extraction, raffinage, transport et consommation) d'un flux d'énergie croissant ou constant pour se maintenir. La dissipation d'énergie qui s'ensuit produit des rejets, qui entraînent à leur tour

¹ Une introduction à celle-ci peut être consultée à l'adresse suivante : Grégoire Chambaz, *Introduction à la théorie des systèmes*, Adrastia. Disponible sur : <http://adrastia.org/introduction-theorie-systemes-chambaz>

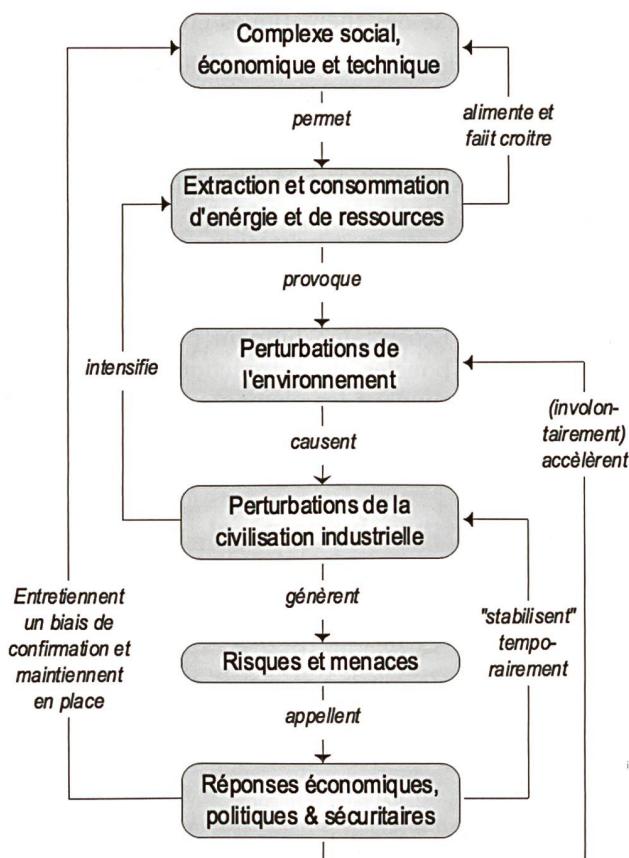
² Ceux-ci peuvent également être composés de sous-systèmes, à l'exception de la Civilisation industrielle, composée de champs se superposant et exprimant des relations affectant l'ensemble des sous-systèmes. Car les systèmes et les champs sont strictement différents.



Sources Sur une idée de Bertrand Ricque. | Adaptation Grégoire Chambaz

1. Figure 1 : L'écosystème humain.

Figure 2 : Boucles de rétroaction dans l'écosystème humain (modèle systémique simplifié).



Sources D'après Nafeez Mosadeq Ahmed, *Failing States, Collapsing Systems, BioPhysical Triggers of Political Violence*, Springer (Energy Analysis), 2017, 110p.
Adaptation et modélisation : Grégoire Chambaz

des boucles de rétroaction. Le consensus scientifique est que ces boucles devraient perturber fondamentalement les sous-systèmes Environnement et Civilisation industrielle avant la fin du siècle: il s'agit des crises climatique, énergétique et économique. En outre, ces perturbations sont étroitement liées. Elles s'amplifient dans des processus de rétroaction mutuelle, décrits ci-dessous (voir figure 2):

- Des structures socio-techniques créent des conditions-cadres – comme la sécurité, les marchés, les moyens techniques, les systèmes de communication et la main-d'œuvre. Celles-ci permettent l'extraction et la consommation d'énergie et de ressources (voir le point 2.2) et alimentent ces structures en retour (détail au point 2.3).
- Ce processus génère des perturbations dans l'environnement (détaillées au point 2.4) et, par extension, dans la civilisation industrielle. Afin de les limiter, plus de ressources sont alors mobilisées. Mais comme les perturbations sont liées, ce processus renforce *in fine* les impacts sur la Civilisation industrielle.
- Ces impacts se matérialisent comme des risques et menaces (décris aux points 2.5 et 2.6), qui appellent des réponses économiques, politiques et sécuritaires. Celles-ci stabilisent temporairement les perturbations de la civilisation industrielle, mais ne traitent pas l'origine du problème: la mobilisation d'énergie. De ce fait, les perturbations de l'environnement sont amplifiées. De plus, la stabilisation temporaire de la civilisation industrielle légitime les structures socio-techniques par une perception à court terme de l'efficacité des mesures adoptées.

En résumé: le fonctionnement de l'écosystème humain agit comme une gigantesque boucle de rétroaction. Comme son fonctionnement est lié à la mobilisation de l'énergie, une moindre disponibilité de celle-ci pourrait provoquer *in fine* soit le déclin, soit des effondrements en cascade de la Civilisation industrielle. Mais d'importantes perturbations de la Civilisation industrielle pourraient à terme provoquer les mêmes conséquences.

2.1 Facteurs structurants

Dans cette deuxième partie, il s'agit d'évoquer brièvement les facteurs structurants majeurs ayant une influence prépondérante sur les mécanismes de l'écosystème humain. Ceux-ci comprennent les sous-systèmes ressources (lié à l'énergie), environnement (lié au climat) et civilisation industrielle. Ce dernier est composé des champs économique, sociétal (lié à la politique) et conflictuel. Il est influencé par les sous-systèmes ressources et environnement. Un diagramme synoptique illustrant les éléments articulés dans l'analyse est visualisable en fin d'article (figure 5).

2.2 Sous-système Ressources

La première notion importante ayant trait au système Ressources est celle du déclin de l'énergie net. Elle fait intervenir le concept de taux de retour énergétique³ (TRE)

³ En anglais : *Energy Return On Investment (EROI)*.

qui permet de chiffrer l'évolution du rendement d'une catégorie d'énergie dans le temps. Celui-ci s'exprime en divisant le nombre d'unités d'énergie obtenues par unité d'énergie investie.

On distingue le TRE (généralement mesuré à la source) de l'énergie nette. Cette dernière est l'énergie totale disponible après extraction, traitement et transport. Dans ce cadre, ce sont les flux d'énergie nette qui sont décisifs pour la civilisation industrielle (voir figure 3). Il s'agit principalement du pétrole, qui représente 36 % de l'énergie primaire⁴ totale consommée dans le monde. Celui-ci est en revanche indispensable à l'extraction à la transformation et au transport de 95 % de l'énergie primaire totale. Le TRE d'une source d'énergie non renouvelable suit une loi dite des « rendements décroissants », c'est-à-dire que le TRE de cette énergie tend à diminuer jusqu'à zéro, et peut même devenir négatif. En pratique, les gisements les plus faciles d'accès ont été exploités en premier. Plus on avance dans le temps, plus les gisements sont difficiles à mettre en production, et donc énergivores. Ce phénomène peut être aggravé par la baisse de la qualité brute du minerai ou de l'énergie.

Considérons le cas du pétrole. Au cours du siècle dernier, le TRE du pétrole conventionnel a fortement diminué (passant de 100:1 en 1900, à 35:1 en 1960 pour 15 à 18:1 aujourd'hui). Les pétroles non conventionnels, tels que les sables bitumineux (TRE: 4:1) et les schistes (1,5 à 4:1, moyenne de 2,8: 1) ont amplifié la tendance. C'est pourquoi on parle de déclin de l'énergie nette: il s'agit de la diminution de l'énergie effectivement disponible après extraction, raffinage, transport et entretien des infrastructures. Le phénomène est structurel.

L'accroissement de la production a réussi à « masquer » ce déclin. Par conséquent, il est nécessaire de se focaliser sur le TRE et l'augmentation des coûts de production afin de conduire une évaluation correcte l'état d'une source d'énergie. Ce constat est également valable pour les industries gazière, charbonnière et nucléaire, elles aussi confrontées à ces complications.

Les conséquences du déclin de l'énergie nette sont un plafonnement, puis une réduction de la complexité et de la croissance économique. La hiérarchie des besoins énergétiques d'une société indique que les domaines touchés en premier seront les arts et la culture, suivis des systèmes de santé et d'instruction (voir figure 4). Si le TRE général descendait en dessous de 8 (minimum) à 14:1 (standard de vie actuel), la Civilisation industrielle ne pourrait plus fonctionner.

Le deuxième élément structurant est celui de « pic de production.» Ce concept concret décrit la chute de la production d'un gisement après avoir atteint un sommet. Pour le pétrole conventionnel, le pic de production mondial s'est produit en 2006. Mais il a été masqué par l'addition de catégories de pétroles non conventionnels et carburants non issus du pétrole dans la production

⁴ L'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés.

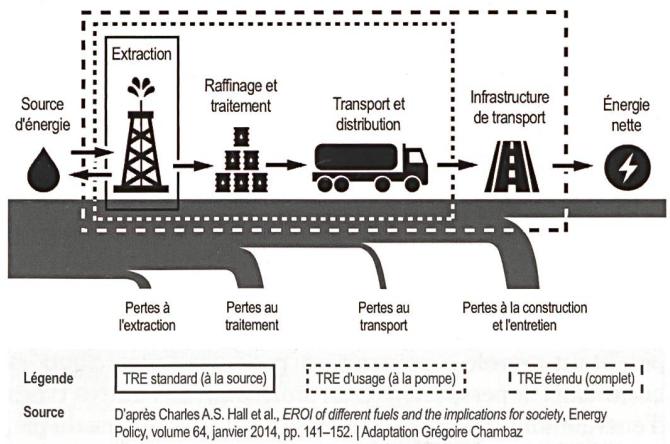
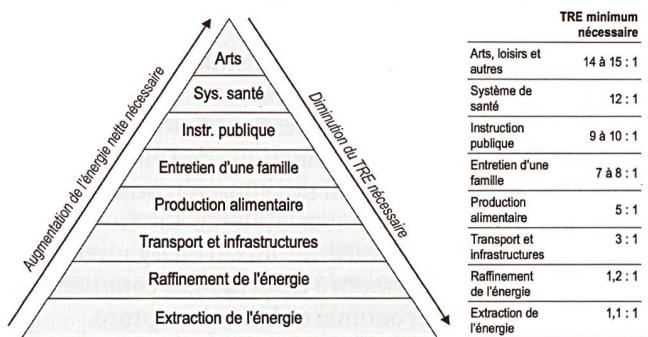


Figure 3 : Visualisation des différents types de taux de retour énergétique et de l'énergie nette. La diminution de l'énergie nette est principalement causée par l'augmentation des pertes aux puits, en raison de la nécessité d'investir plus d'énergie pour les activités d'extraction.



Sources D'après Jessica G. Lambert et al., *Energy, EROI and quality of life*, Energy Policy, volume 64, janvier 2014, pp. 153-167. et Charles A.S. Hall, *Energy Return on Investment: A Unifying Principle for Biology, Economics, and Sustainability*, Springer (Lecture Notes in Energy), janvier 2017, pp. 154-155. | Adaptation Grégoire Chambaz

Figure 4 : La « pyramide des besoins énergétiques », représentant la hiérarchie des activités dans une société dépendante des énergies fossiles. Tout en bas, on trouve les tâches fondamentales, nécessaires à l'exploitation de l'énergie, et chaque échelon gravi permet de gagner en complexité pour tirer les bénéfices de l'énergie. De même, chaque échelon demande une énergie nette plus abondante.

totale.⁵ L'inclusion de catégories de pétroles difficiles à produire devrait toutefois précipiter la chute du TRE de l'ensemble de la catégorie

Les experts envisagent de plus en plus un scénario où la production baisserait à terme en raison d'un prix du pétrole trop bas. Étant donné que les gisements sont de plus en plus difficiles à exploiter, les coûts de production vont devenir de plus en plus considérables. Si les consommateurs ne sont pas en mesure de supporter un prix suffisamment élevé, les producteurs pourraient ne pas rentrer dans leurs frais et même faire faillite. À terme, c'est bien le maintien de la production pétrolière qui est menacé. A cet égard, la baisse des prix du pétrole depuis 2014 n'offre guère de perspective rassurante.

En outre, la question des réserves de pétrole existantes est sujette à caution. En raison d'un changement de

⁵ Notamment avec l'addition du pétrole offshore, arctique, extra-lourd, de schiste, des sables bitumineux, des agrocarburants, des carburants dérivés du charbon et du gaz naturel.

définition entre 1982 et 1991 (diminuant de 90 à 50% le seuil nécessaire avant de proclamer « prouvées » des réserves n'ayant pas encore été explorées), celles-ci seraient largement surestimées. Pour les experts parmi les plus réputés des questions pétrolières, celles-ci seraient surévaluées de 35 à 50 %. En pratique, il resterait entre 825 et 850 milliards de barils, soit 450 à 875 milliards de barils de moins que déclaré. Dans cette perspective, des pénuries énergétiques et matérielles ($\frac{1}{4}$ du pétrole est transformé en produits synthétiques qui se sont rendus indispensables) sont à prévoir dans les prochaines années. Un potentiel pic « tout-pétrole » pourrait se produire entre 2020 et 2030 dans la perspective d'un *statu quo*. Les autres types d'énergie sont également affectés par le phénomène du pic. Pour le gaz, les experts indiquent la date de 2027. Pour le charbon, entre 2026 et 2047. Le phénomène s'applique également à l'uranium, qui est confronté à l'épuisement du combustible nucléaire (U_{235}).

2.3 Champ Economique

La théorie économique standard postule que la croissance économique perpétuelle pourrait se poursuivre sans aucune limite physique significative. Cette approche ne tient pas compte de la problématique de l'épuisement du sous-système Ressources, ni des conséquences des rejets de la production dans le sous-système Environnement. Et elle ignore l'importance de flux d'énergie constants ou croissants pour permettre les échanges commerciaux, stabiliser l'état de l'économie et éviter la rupture.

L'étude de l'économie au prisme de la physique révèle des corrélations directes entre la consommation d'énergie et de matières premières et donc de la production matérielle. De même qu'entre le taux de la croissance de la consommation énergétique et de la croissance économique (car liée à l'augmentation de la productivité au travail). Ainsi qu'entre la consommation d'énergie et le produit intérieur brut. C'est pourquoi la diminution du taux de la croissance mondiale est à associer à celui de la production énergétique mondiale, la deuxième constituant la limite principale de la première.

Le pic de production de 2006 et le déclin de l'énergie nette en résultant sont donc de puissants facteurs explicatifs pour le ralentissement de la croissance mondiale et son plafonnement actuel: de 1960 à 1970, le taux de croissance mondiale s'établissait à 3,5 % par an, l'énergie nette étant importante et les flux croissants. Ceux-ci se contractent ensuite de plus en plus: de 1970 à 1980, le taux de croissance mondial régresse à 2 %, pour diminuer à 1,5 % de 1980 à 2008. Après la crise économique de 2008, le taux de croissance mondial ne dépassera plus 0,4 %. L'évolution des approvisionnements en énergie sera déterminante pour les années à venir. Avec le risque que les pays producteurs de pétrole restreignent leurs exportations pour assurer leur approvisionnement domestique, le modèle de l'économie mondialisée est sérieusement menacé.

Dans ce cadre, le recours au crédit pourrait redynamiser (même temporairement) l'économie. L'augmentation

agressive de la dette assurerait un sursis aux firmes et industries énergétiques à court de liquidités en générant le financement nécessaire à la poursuite de leurs activités. Théoriquement, cela devrait permettre de stimuler temporairement la croissance (même faiblement).

En pratique, l'abondant recours au crédit et la financiarisation s'est substitué presque entièrement aux flux énergétiques pour la stimulation de la croissance économique depuis 2008. En 1970 déjà, après les chocs pétroliers, le crédit avait suppléé à une partie des flux énergétiques pour assurer la croissance de l'ensemble. Toutefois, les différences de proportion sont significatives: la dette globale (publique et privée, moins les établissements financiers) a augmenté de 175 % depuis la crise économique de 2008, sans reprise significative de la croissance économique.

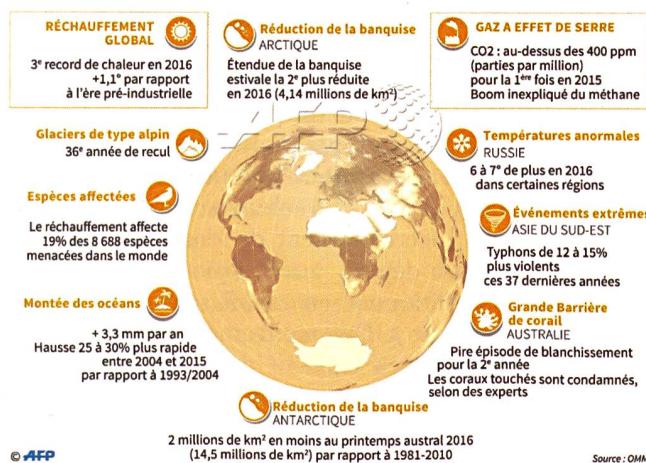
Cette stratégie de prospérité reposant sur le crédit pourrait déclencher des crises de la dette à répétition, sur fond de défauts des entreprises énergétiques et des institutions bancaires fragilisées par des crédits douteux. En réaction, les pays touchés pourraient généraliser la pratique de la socialisation des coûts (à savoir la suppression ou la diminution du modèle de l'Etat-providence) et la privatisation des bénéfices. Des politiques de nationalisation sont également à envisager, mais ne devraient que ralentir le processus. Car la diminution du taux de croissance économique et les potentielles politiques d'austérité devraient entraîner l'élargissement de l'écart entre une classe « super-riche » et le reste de la population, pauvre. *In fine*, c'est la classe moyenne qui pourrait entièrement disparaître.

Pour résumer: la poursuite de la croissance est très peu probable en raison des limites imposées par les flux énergétiques et le crédit représente une solution temporaire à cette difficulté. Le rendement du capital pourrait ainsi dépasser le taux de croissance. A terme, cette dynamique devrait entraîner la concentration des richesses dans des mains de moins en moins nombreuses, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus suffisamment de richesses pour alimenter le modèle. Dans ce contexte, le modèle économique actuel se dirige au mieux vers un déclin et, au pire, vers un effondrement.

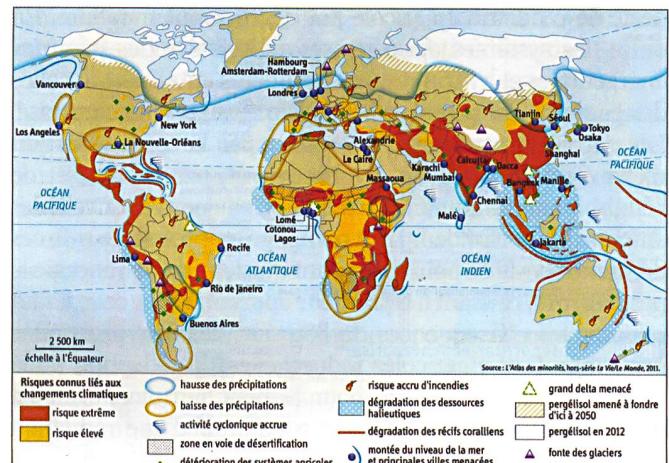
2.4 Système Environnement

Autre composant critique, le système environnement. La croissance économique, rendue possible par la mobilisation des énergies fossiles, a provoqué l'accroissement exponentiel de la concentration de gaz à effet de serre (GES) tels que le dioxyde de carbone (CO_2) et de méthane (CH_4 , 104 fois plus puissant que le CO_2) dans l'atmosphère.⁶ La concentration du taux de CO_2 est passée de 280 ppm (parties par million) pendant l'ère préindustrielle à 410 ppm en 2017. L'augmentation de la concentration de GES dans l'atmosphère a deux effets principaux: le réchauffement climatique et l'acidification

⁶ La différence se trouve dans le temps de latence du réchauffement suite aux émissions de GES (pour le CO_2 : 40 +/- 15 ans et pour le CH_4 : immédiatement) et le temps de rémanence dans l'atmosphère (CO_2 : 2 à 20 siècles, CH_4 , 9 +/- 2 ans).



Les indicateurs du climat sont unanimes : la perturbation du système Terre est gigantesque. La vitesse du réchauffement et ses conséquences surprennent même les scientifiques les plus prudents. Source : Climat : des indicateurs plus alarmants que jamais, Agence France-Presse, 7 mai 2017.



Visualisation des impacts de l'augmentation des températures sur la planète. La majorité des impacts (Pakistan, Inde, Chine et Moyen-Orient mis à part) sont concentrés dans les tropiques.

des océans (par absorption du CO₂ dans les couches supérieures de l'océan).

Ce dernier phénomène pourrait – à terme – entraîner la disparition du phytoplancton, élément de base de la chaîne alimentaire marine. C'est l'ensemble de la faune marine qui pourrait disparaître, et par conséquent, les activités de pêche. Celles-ci fournissent actuellement l'apport en protéines principal à 85 % de la population mondiale. (Les conséquences pourraient être en réalité plus graves. Les scientifiques s'accordent pour attribuer l'extinction de masse des espèces du Permien-Trias⁷ – la plus importante à ce jour – à une acidification des océans.)

Le réchauffement climatique résulte de l'effet de serre accru à la suite de l'augmentation des émissions de GES. Depuis l'ère préindustrielle, les températures moyennes ont déjà augmenté de 1° C. En 2050, elles pourraient atteindre jusqu'à 2,8° C. Néanmoins, la nature de ces moyennes est trompeuse : elles n'expriment pas les écarts significatifs entre les températures de surface des océans et des continents. Les océans absorbent la chaleur : de ce fait, leur température de surface est moins importante que sur les continents. C'est pourquoi les moyennes peuvent paraître peu élevées. Or, les températures de surface sur les continents seront 1,5 à 2 fois plus élevées que la moyenne, soit au maximum 4,2° C à 5,6° C en 2050.

L'incertitude demeure quant à la possibilité d'un « emballage climatique », à savoir un réchauffement accru par le réchauffement existant. Il s'agit de la potentielle accélération des « émissions naturelles » de GES : l'augmentation des températures déclencherait la fonte du pergélisol (le sol gelé des latitudes polaires), qui libérerait des quantités colossales de CH₄ précisément enfoui dans le sol. Leur libération dans l'atmosphère accélérerait brutalement le réchauffement, avec des augmentations

de température bien plus rapides qu'anticipées. Selon certaines études, ce phénomène aurait déjà débuté. La problématique de l'emballage climatique est que la prévision des augmentations de température devient impossible. En ce sens, il représente un danger majeur tant pour ces effets que pour les incertitudes qu'il génère.

L'accroissement des températures va provoquer une nouvelle normalité climatique à l'échelle et aux impacts mondiaux. Indépendamment des mesures qui pourraient être prises pour réduire, voire atténuer les émissions des GES (étant donné le temps de latence entre les émissions et le réchauffement effectif), cette nouvelle normalité va provoquer des coûts exponentiels pour les sociétés humaines. Car le réchauffement climatique a trois conséquences majeures : la montée du niveau des océans (par la fonte de la calotte polaire au Groenland et en Antarctique), l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes et la diminution des rendements agricoles.

L'augmentation du niveau des océans (de 5 à 32 cm en 2050, 9 cm à 2 m en 2100) aura trois conséquences principales : la réduction des surfaces habitables et cultivables et des dégâts économiques exponentiels. Elle contraindra des dizaines, voire des centaines de millions de personnes à se déplacer. L'accroissement de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (sécheresses, vagues de chaleur, ouragans, tornades, feux sauvages, inondations, précipitations intenses, etc.) fragilisera ou provoquera la disparition d'écosystèmes entiers, réduira les rendements agricoles (principalement dans les « greniers à grains ») et poussera des populations entières à la migration. L'ONU prévoit que d'ici 2050, 500 millions de personnes auront été déplacées en raison du réchauffement climatique.

La répercussion des perturbations du climat sur les rendements agricoles est considérable : on évalue à 10 % la

⁷ Se déroulant il y a 252 millions d'années, elle entraîne la disparition de 95 % des espèces marines et 70 % des espèces terrestres.

perte de rendement agricole par degré supplémentaire. En outre, les systèmes agricoles seront sujets à des pénuries énergétiques et hydriques. Les premières entraîneront celles des engrais,⁸ des pesticides et de l'accès au travail mécanisé. Les dernières sont déjà provoquées par la conjonction du réchauffement (et donc des besoins en eau accrus) et de l'épuisement des aquifères (réserves d'eau non renouvelables enfouies en profondeur). Le pompage en profondeur de ces derniers devrait se poursuivre tant que les prix de l'énergie le permettront, causant à terme leur épuisement. A cela, il faut rajouter les conséquences de l'érosion des sols provoquée par les pratiques agricoles industrielles: la réduction de la couche organique requise pour le maintien des végétaux. L'ensemble de ces facteurs est constitutif d'une réduction accrue des rendements agricoles.

Les pertes de rendements auraient déjà atteint 9 à 10 % entre 1964 et 2007 en raison du réchauffement climatique. Avec une productivité en baisse, les systèmes alimentaires connaîtront des contraintes toujours plus importantes : les coûts croissants du transport et de la conservation. Ceux-ci auraient pu atténuer les chutes de récoltes par transfert (route, mer) d'une partie de la production. On estime qu'en 2050, 52 % de la population sera mal nourrie: 21 % en raison du changement climatique et 31 % par l'accentuation des inégalités.

2.5 Champ sociétal

La chute des rendements agricoles provoquera des perturbations des systèmes alimentaires. Ces perturbations pourraient entraîner une augmentation des coûts de l'alimentation et potentiellement des pénuries alimentaires. Celles-ci pourraient conduire à des disettes, voire des famines. Ces situations extraordinaires pourraient forcer des populations à la migration ou à l'émeute (de la faim) en protestation à l'augmentation du prix des denrées alimentaires.

Les problèmes croissants de l'économie (dont l'augmentation du chômage, la baisse du pouvoir d'achat et de la consommation ne sont que des symptômes) et les insécurités alimentaires vont générer ou accentuer la dégradation des conditions de vie, la précarité économique et l'augmentation des inégalités. Ces facteurs pourraient être atténués ou aggravés (selon la situation) par le maintien ou non des subsides étatiques issus d'une rente pétrolière, gazière ou de matière première.

En conséquence, la majorité de la population pourrait manquer de moyens pour les soins médicaux. Et si les prestations des établissements publics de soin étaient réduites, voire interrompues (à la suite de politiques d'austérité), la santé des populations pourrait se détériorer. Les nourrissons, les enfants en bas âge, les personnes âgées, les malades et les personnes chroniquement médicalisées seront les premiers touchés. A terme, une réduction démographique semble envisageable, à l'instar des années post-URSS dans l'ancien bloc de l'Est.

⁸ Causés également par le pic de production du phosphore, un fertilisant important.

L'addition des dégradations des conditions de vie, de la précarité économique, et l'augmentation des inégalités pourrait favoriser l'émergence, alimenter ou amener au pouvoir des formations politiques populistes, voire des mouvements extrémistes. En pratique, on constate un accroissement de l'activité et du nombre de mouvements très à droite ou à gauche de l'échiquier politique depuis 1970 (début de l'accroissement du déclin de l'énergie nette) et surtout depuis 2008 (pic de production de pétrole conventionnel en 2006 suivi d'une crise économique majeure). Ces mouvements fournissent à leurs partisans un récit collectif désignant un ennemi commun (généralement une minorité) rendu responsable des facteurs énoncés précédemment.

Cette trajectoire reflète en grande partie celle des groupes terroristes religieux (en activité et en nombre), comme si les tendances des extrêmes se répondaient réciproquement. Dans ce cadre, il faudrait envisager l'apparition ou l'accroissement de mouvements terroristes religieux (notamment jihadistes) en proportions semblables aux mouvements extrémistes. En pratique, on admet aujourd'hui la corrélation entre réchauffement climatique (existant) et la prolifération des mouvements insurrectionnels. Deux exemples récents sont l'État islamique et Boko Haram.

Il faut s'attendre à ce que les pays les plus touchés par le réchauffement climatique et/ou les pénuries énergétiques le soient également par des troubles sociaux graves. En effet, la disparition des fournitures et services de base et le délitement des structures étatiques entraîneront la dégradation des conditions de vie, la précarité économique, et l'augmentation des inégalités. Ces facteurs exacerberont la nécessité de désigner un ennemi commun – un bouc émissaire – indépendamment de la « pertinence » de celui-ci.

A cela, il faut ajouter l'arrivée en masse de « réfugiés climatiques,» résultants de migrations forcées. Celle-ci pourrait à son tour entraîner des concurrences entre populations, avec ou sans violence et désignation en ennemi. Ce processus pourrait à court, moyen ou long terme se matérialiser en pogroms ou en « nettoyages » (confessionnels, ethniques) à l'encontre de « l'ennemi.» Immanquablement, les émeutes et pogroms appellent des réponses de l'Etat sous la forme d'un durcissement policier, légal, voire militaire, et de mesures économiques d'atténuation. En général, tant que l'Etat peut exercer sa mission régaliennes, les pogroms devraient être contenus, à moins que les persécutions ne soient conduites directement par l'appareil étatique ou des milices affiliées.

2.6 Champ conflictuel

La transformation des perturbations décrites dans la section qui précède en conflits est de l'ordre du possible, mais pas de l'inéluctable. De même, plusieurs cas de figure pourraient s'appliquer simultanément, ou successivement, à un territoire. Ces conflits peuvent être interétatiques (guerres de territoire, des ressources, de l'eau, « du pain » et interventions militaires prédatrices),

ou intraétatiques (soulèvements, révoltes, guerres civiles). A des fins de synthèse, aucun scénario n'envisage de faillite ou d'effondrement des États. Mais les conflits de type interétatique peuvent être transposés à la catégorie des interacteurs émergeant après la faillite de l'Etat. Dans cette section, nous allons brièvement énumérer les types de conflits pouvant survenir.

Avant de procéder au détail des affrontements potentiels, il est nécessaire de rappeler deux éléments : premièrement, il est probable que des tentatives de déstabilisation, d'ingérence ou de manipulation précèdent le déclenchement de conflits ouverts. Si ces stratégies réussissent, la probabilité de conflit se verrait grandement diminuée – un temps. Deuxièmement, les succès initiaux de ces stratagèmes pourraient être suivis d'une période de résistance interne (affiché ou confinée, armée ou non armée) à un Etat. Celui-ci pourrait courir jusqu'au risque de la désintégration en guerre civile. Auquel cas il serait confronté à de possibles interventions militaires prédatrices étrangères (voir fin de section).

Première typologie de conflit, les guerres de territoire : elles trouveraient leur déclencheur dans les concurrences entre populations, provoquées par l'arrivée de déplacés climatiques dans une nouvelle région. Dans la durée, celles-ci pourraient déboucher ou s'hybrider en des guerres des ressources, des « guerres du pain », voire se transformer en guerres civiles.

Les « guerres du pain » : elles caractérisent la prédation de ressources agricoles à l'extérieur d'un pays afin de combler un déficit alimentaire. Il est probable que seuls les États peu touchés puissent conduire de telles opérations : les autres seraient trop affectés par les perturbations issues de pénuries alimentaires. En ce sens, il s'agirait plutôt d'opérations « préventives. »

Les guerres des ressources : elles désignent l'accaparement des ressources minérales et énergétiques pour assurer un approvisionnement national. Au Moyen-Orient et dans les pays islamiques exportateurs de pétrole, une guerre des ressources perdue pourrait alimenter les mouvements fondamentalistes et terroristes de la région, dans un désir de revanche contre une défaite humiliante ou un potentiel occupant.

Les guerres de l'eau : elles qualifient des conflits pour l'appropriation des ressources hydriques, ou pour forcer un adversaire à les répartir d'une manière plus favorable. Elles prendraient place en particulier dans les zones où l'eau est un facteur de tensions. À l'intérieur des Etats aussi, des tensions sur l'usage de l'eau pourraient mener à des conflits ouverts, pouvant évoluer violemment durant les périodes les plus difficiles de pénuries.

Les guerres civiles : elles désignent un cas où l'Etat n'est plus en mesure de garantir ses fonctions régaliennes. Elles pourraient être provoquées par : des concurrences entre différentes populations, un processus de désignation de l'ennemi ayant rapidement dégénéré et la transformation de pogroms ou d'émeutes en soulèvements populaires

(minorisés et sous contrôle des Etats) puis révoltes nationales (majoritaires et signifiant la faillite des Etats).

Les interventions militaires prédatrices : elles caractérisent des raids sur les ressources encore existantes, voire des saisies de stocks alimentaires dans des États désormais faillis. Ceux-ci, en l'absence d'une résolution rapide d'un conflit interne, seraient d'autant plus vulnérables qu'ils ne seraient pas en mesure de négocier ou de se défendre à l'international. Dans cette perspective, les interventions militaires prédatrices n'impliquent ni d'occupation à long terme du territoire, ni de combats importants, ni de résolution politique. Toutefois, elles pourraient également stimuler des actions terroristes comme dans les conséquences des guerres des ressources, dans des affrontements irréguliers contre l'acteur prédateur.

2.7 Conclusion intermédiaire

Dans ce premier volet sur les tendances à long terme du climat et de l'énergie, nous avons posé la base conceptuelle qui nous permettra d'établir des analyses contextualisées dans le deuxième texte. Ce passage en revue a permis d'établir une carte des paramètres structurants de l'écosystème humain. En particulier ceux dont la fonction, nature et relation est de l'ordre de la quasi-certitude (les domaines énergétique, climatique ainsi qu'économique), et ceux dont la réaction est incertaine, pouvant aboutir à différents enchaînements (les champs sociétal et conflictuel). Dans ce cadre, il apparaît primordial que les sociétés se préparent aux changements de paradigme de l'écosystème humain. Les territoires qui ne le feraient pas pourraient se retrouver dans les cas de figure présentés en 2.5 et 2.6. Des études de cas détaillées de pays importants ou symboliques ne s'étant pas préparés aux perturbations colossales de l'écosystème humain feront l'objet du deuxième volet de ce dossier.

G.C.

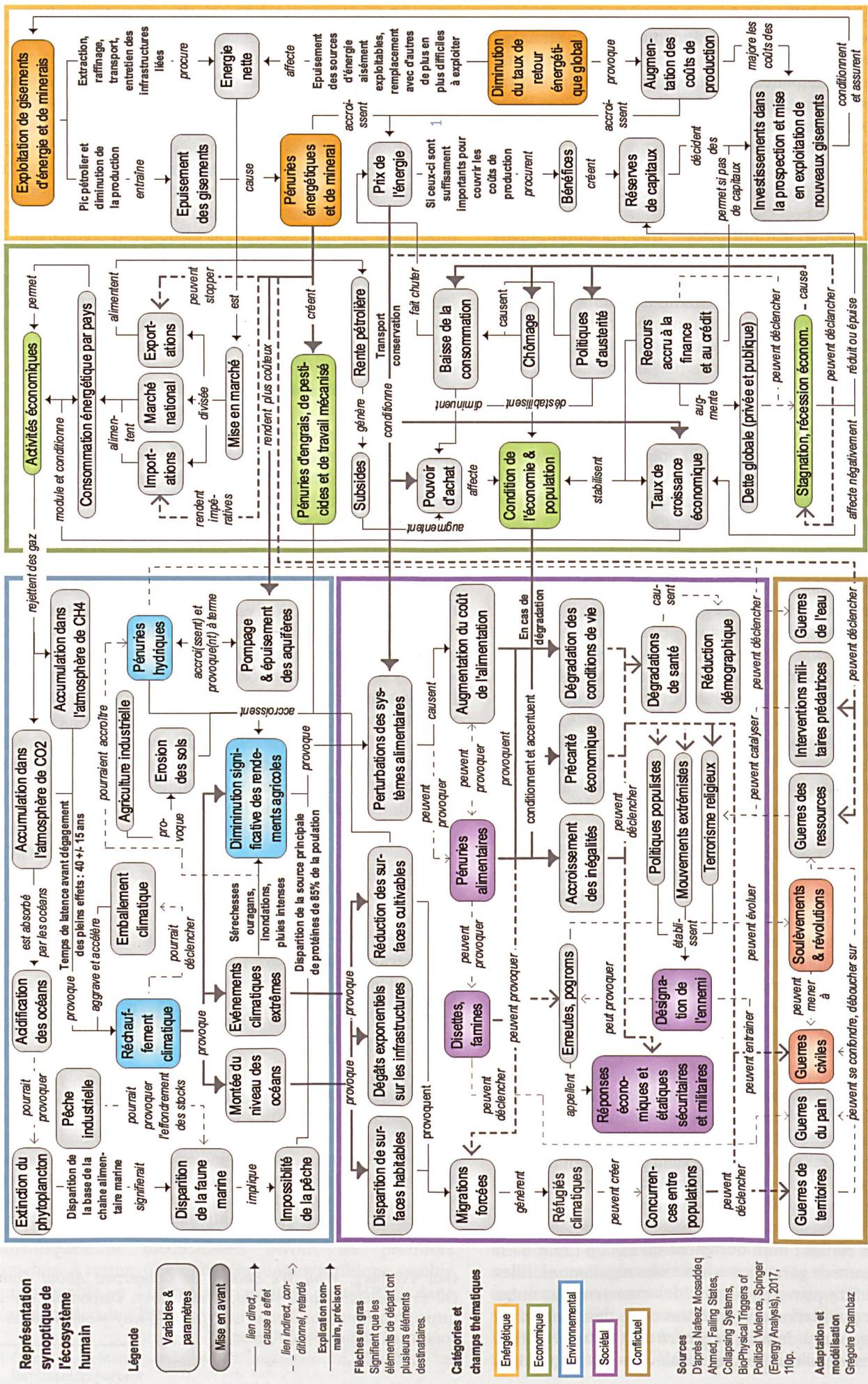
Bibliographie indicative

Nafeez Mosaddeq Ahmed, *Failing States, Collapsing Systems, BioPhysical Triggers of Political Violence*, Springer (Energy Analysis), 2017, 110 p.

Benoît Thévard, *La diminution de l'énergie nette, frontière ultime de l'anthropocène*, Institut Momentum, Séminaire du 13 décembre 2013.

Stéphane Foucart, « Tous les indicateurs du réchauffement climatique sont au rouge, » *Le Monde*, 9 mai 2017. Disponible sur : http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/05/09/tous-les-indicateurs-du-rechauffement-climatique-sont-au-rouge_5124694_3244.html

Gail Tverberg, *Why We Should Be Concerned About Low Oil Prices, Our Finite World*, 5 mai 2017. Disponible sur : <https://ourfiniteworld.com/2017/05/05/why-we-should-be-concerned-about-low-oil-prices/>



6. Figure 5 : Représentation synoptique de l'Écosystème humain et ses tendances à long terme.

**Préparez-vous pour vos missions.
Nous vous soutenons – avec nos
solutions de simulation live.**



**Together
ahead. RUAG**