



Modéliser la naissance, la vie et la mort d'une société

L'Histoire nous l'a appris, la dégradation de l'environnement, la pénurie de ressources, le climat et/ou la détérioration des relations avec les voisins sont des facteurs qui peuvent provoquer l'effondrement d'une société ou d'une civilisation [1]. Avec l'avancée des connaissances, il devient maintenant possible de simuler numériquement l'émergence, le développement et l'effondrement d'une société [2]. De tels travaux nous font mieux comprendre comment une société finit par disparaître et ils nous renseignent sur les différents paramètres, et leurs interactions, qui l'influencent sa chute. Espérons que la société techno-scientifico-capitaliste dans laquelle nous vivons saura tirer parti de telles connaissances...

Simuler la dynamique éco-sociale d'une civilisation

Le modèle, tel que l'ont développé Scott Heckbert et son équipe du Alberta Innovates Technology Futures [2], est composé d'une population dont la démographie varie avec le temps, et de cellules qui découpent la région considérée - forêts, terres agricoles ou cités - et représentent les différents lieux où les individus s'établissent. Ces cellules sont connectées entre elles par des liens commerciaux et finissent par constituer un réseau d'échange. Au cours de leur évolution, chacune des cellules est caractérisée par ses conditions climatiques, le pourcentage de couvert forestier et la qualité de ses sols. Ce modèle a été appliqué à la civilisation Maya, d'où son nom, « MayaSim » [2].

L'avantage d'un tel système est qu'il est possible d'étudier (et d'avoir le contrôle) sur divers paramètres aussi bien sociétaux (la démographie, le revenu par habitant, les liens commerciaux) qu'environnementaux (climat, forêts, sol) et qui interagissent entre eux [2]. On peut ainsi essayer de reproduire l'évolution d'une société qui a réellement existé ou, en jouant sur ces paramètres, d'en inventer d'autres qui s'avèrent durables ou non, et de comprendre pourquoi. On peut aussi intégrer le fait que la déforestation se produit très rapidement alors que la régénération des sols est extrêmement lente, ou que la valeur du commerce peut changer rapidement alors que la démographie peut suivre avec un décalage de plusieurs années.

L'ancienne civilisation Maya a connu trois phases distinctes au cours de son histoire, soient l'ère pré-

classique (-1000 à +250 ans ap. J.-C.), l'ère classique (de +250 à 900 ans après J.-C.) et l'ère post-classique (de +900 à 1500 ans après J.-C.). Elle a connu son apogée lors de l'époque classique, vers 700 ap. J.-C. À cette époque, la région abritait 10 millions d'habitants, bien plus qu'aujourd'hui, mais elle s'est effondrée rapidement par la suite, quelques 200 ans plus tard. Parmi les raisons invoquées, les historiens mettent de l'avant des sécheresses prolongées, des gouvernements cupides, une influence étrangère ou la déforestation, d'autres explications étant aussi possibles. Cette civilisation représente donc un modèle intéressant à simuler [2].

Simulation de la civilisation Maya

Durant la phase initiale du calcul, la région commence à se peupler. Dès 250 av. J.-C., on voit l'émergence de peuplements en différents points qui se répartissent sur l'ensemble du territoire. Il s'agit en premier lieu de zones qui offrent le plus de services écosystémiques et qui ont un potentiel pour l'agriculture. La population qui augmente le plus vite se trouve dans les zones de peuplements les plus denses et ils se forment progressivement des réseaux d'échange locaux. Les terres agricoles prennent graduellement la place de la forêt tandis que la demande en bois d'œuvre et en combustible ajoute au déboisement. Dans la phase initiale du développement, les services écosystèmes représentent la principale source de revenu, mais vers -500 av. J.-C., leur valeur est dépassée par celle de l'agriculture [2].



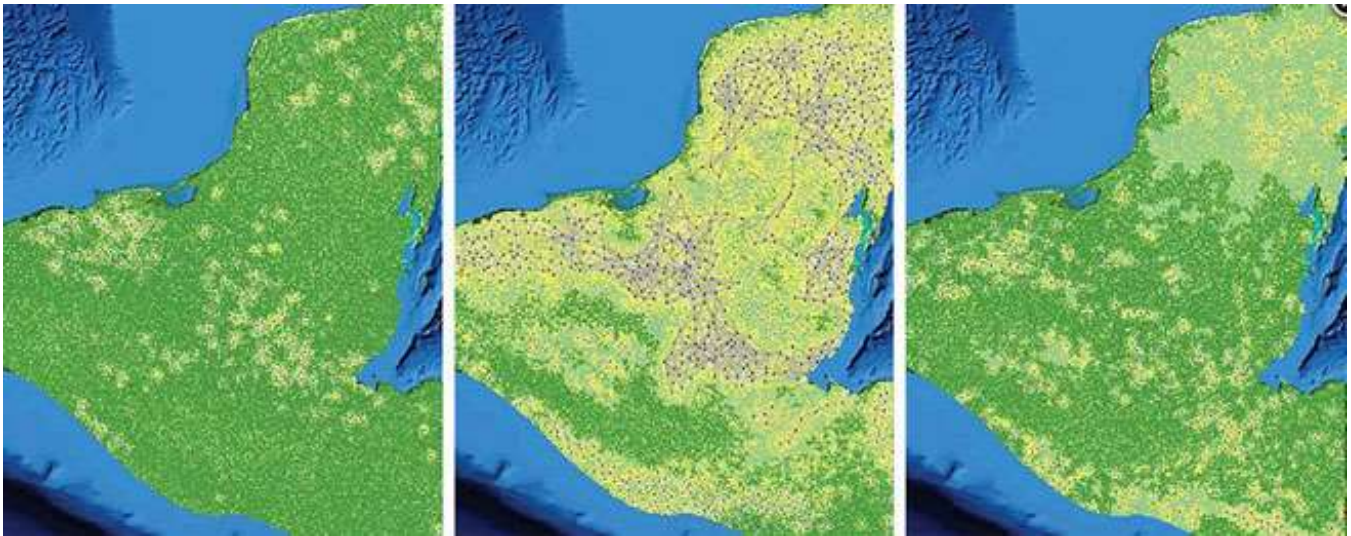


Figure 1. Images du couvert forestier de la civilisation maya à trois époques différentes séparées par 800 ans. À gauche : 800 ans av. J.-C. (dans la phase initiale de développement de la civilisation maya); au centre : 800 ans ap. J.-C. (à l'apogée de la civilisation) ; à droite : 1600 ans ap. J.-C. (après le déclin). Les cellules supportant des forêts intactes (naturelles) sont en vert foncé, celles caractérisées par des terres agricoles sont en jaune et celles connaissant des forêts en phase de rétablissement sont en vert clair. (Source : référence [2]).

À partir de 500 ap. J.-C., la population augmente rapidement en même temps que s'accroît la richesse par individu et, alors que la société se développe, le modèle reproduit avec succès l'épanouissement des centres de commerce en lieu et place des anciennes capitales mayas, Tikal, Calakmul et Caracol. Les liens commerciaux se

tissent et finissent par s'étendre à travers l'ensemble du territoire. La valeur du commerce excède dorénavant la valeur de l'agriculture et des services écosystémiques. Ceci résulte notamment de la grande connectivité du réseau commercial qui permet à chaque site de spécialiser sa production [2].

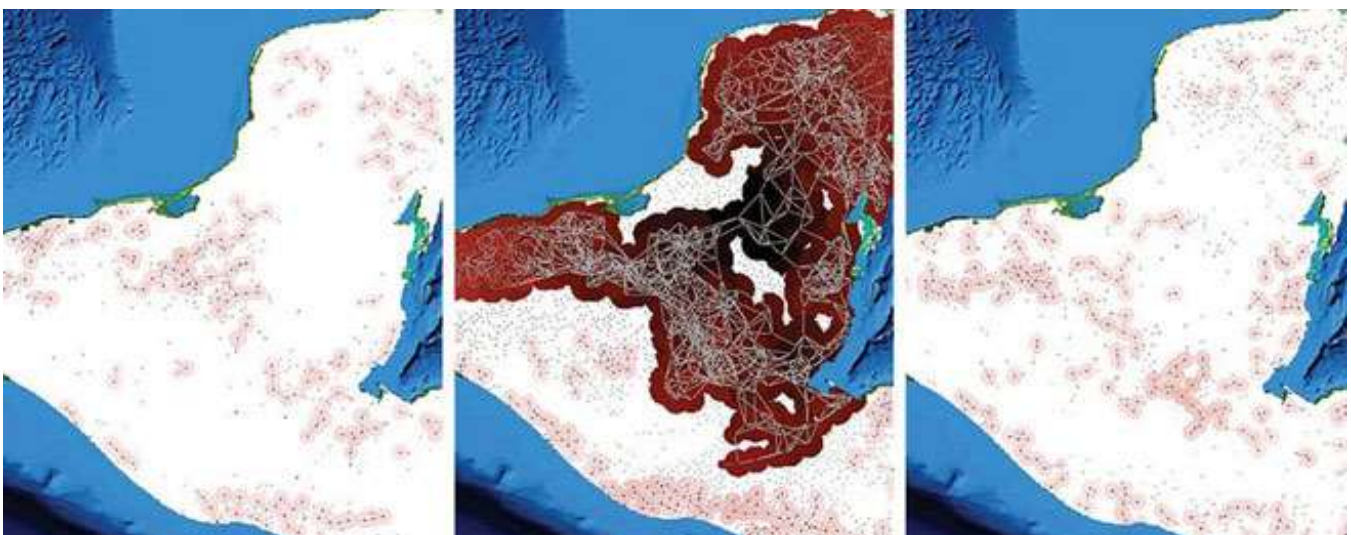


Figure 2. Images du réseau de liens commerciaux de la civilisation maya à trois époques différentes. À gauche : 800 ans av. J.-C. ; au centre : 800 ans ap. J.-C. ; à droite : 1600 ans ap. J.-C. Les cellules caractérisées par une plus grande richesse économique du fait du commerce sont en rouge foncé. (Source : référence [2]).



Planète
viable

<http://planeteviable.org/> | *Les résultats de la recherche en science du développement durable*

À mesure que les différents points du réseau se développent, la forêt recule et, avec le temps, seuls de petits agglomérats de forêts matures subsistent, offrant les derniers refuges à la faune et à la flore locales. À ce stade, les simulations montrent que la majeure partie du territoire est occupée, comme le vécurent effectivement les Mayas vers 700 ap. J.-C. Pour nourrir une population qui grandit

constamment, et ce d'autant plus que la richesse s'accroît, les terres forestières situées en périphérie des grandes cités sont dédiées à l'agriculture. Le gain en productivité par hectare n'augmentant pas, la demande en terres arables est élevée. Alors que la démographie et les infrastructures atteignent leur point culminant, le capital naturel et la qualité des sols sont au plus bas [2].



Figure 3. Images de la dégradation du sol sur le territoire de la civilisation maya à trois époques différentes. À gauche : 800 ans av. J.-C. ; au centre : 800 ans ap. J.-C. ; à droite : 1600 ans ap. J.-C. Les cellules caractérisées par une plus grande dégradation du sol sont en rouge foncé. (Source : référence [2]).

Si on se projette d'un bond dans le temps, autour de 1500 ap. J.-C., le tableau s'est radicalement transformé. Le centre des régions les plus peuplées et nombre de terres agricoles sont maintenant totalement abandonnés, et le réseau d'échange s'est presque complètement désintégré. Seuls subsistent quelques connexions qui constituaient autrefois les liens situés en périphérie du réseau. Les activités de déboisement ayant disparues en très grande majorité, la végétation et les forêts matures reprennent de l'expansion à partir des zones résiduelles, pour atteindre des niveaux proches de ceux connus avant l'installation des premiers habitants. Néanmoins, les conditions ne sont pas favorables au repeuplement du territoire : la productivité du sol peine à retrouver son niveau antérieure à la civilisation maya, et sans la richesse

fournie par le commerce, la démographie ne peut recouvrer les niveaux d'antan [2].

Les enseignements à tirer

L'analyse de cette simulation montre qu'il existe des « spirales d'effondrement » (*collapse traps*) dans lesquelles les sociétés peuvent tomber [2]. Une de ces spirales est donnée par une société pour laquelle le système commercial est enflé sur une trop longue période de temps, ce qui épuise les sols de certains nœuds du réseau et anéanti ces centres de production alimentaire. L'exode qui s'ensuit induit la rupture des liens avec le reste du réseau commercial, ce qui peut faire s'effondrer, par effet domino, l'ensemble de l'enchevêtrement [2].

Le modèle permet d'étudier quel(s) variable(s) il faudrait modifier pour rendre le système soutenable. Les tests effectués montrent qu'il faut



Planète
viable

<http://planeteviable.org/> | Les résultats de la recherche en science du développement durable

transformer un minimum de 3 variables pour rendre la civilisation Maya soutenable, en maîtrisant par exemple la qualité des sols, le couvert forestier et la croissance démographique. Certaines interventions dans le modèle peuvent aussi donner des résultats surprenants. On peut ainsi créer virtuellement des sociétés qui sont parfaitement viables mais qui ne parviennent jamais à se développer et qui sont marquée essentiellement par une agriculture sur brûlis [2].

Il est fascinant de constater qu'un tel modèle puisse quantifier la dynamique des relations éco-sociales d'une société et de reproduire des mécanismes de soutenabilité ou d'effondrement. Ces efforts devraient être poursuivis pour mieux comprendre l'influence des différentes variables qui interviennent dans le fonctionnement des sociétés et pour en ajouter d'autres. Cependant, nous savons d'ores et déjà que, lorsqu'une civilisation est étroitement connectée dans un réseau commercial tissé serré comme l'est le nôtre, une perturbation

du système économique peut induire une réaction en chaîne d'effondrement irréversible, si la capacité de résilience du système naturel a été trop profondément compromise. Qu'on se le tienne pour dit !

Bibliographie

[1] Jared Diamond, Effondrement – Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie (2005) Gallimard, Folio Essais. ; La dégradation de l'environnement et l'effondrement des sociétés, *Planète viable* (2012) <http://planeteviable.org/degradation-environnement-effondrement-societes/>.

[2] Scott Heckbert, Lessons from a simulated civilisation, *Global change* (2013) **81** 28-31, International Geopshere-Biopshere Programme (IGBP)

<http://www.igbp.net/news/features/features/lessonsfromasimulatedcivilisation.5.64c294101429ba9184d4ba.html>

