

\*\*\*

**Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement**

**« CONCEPTION D'UN JEU DE SIMULATION DE PLATEAU SUR  
LE DEVELOPPEMENT DURABLE »**

Travail de Fin d'Etudes présenté par  
Gaëtan DARTEVELLE  
En vue de l'obtention du grade académique de  
Diplômé d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement

Année Académique : 2003-2004

Directeur : Prof. E. ZACCAÏ  
Co-Directeur : Prof. P.L. KUNSCH

## TABLE DES MATIÈRES

---

TABLE DES MATIERES .....	1
RESUME DU MEMOIRE .....	5
REMERCIEMENTS.....	6
INTRODUCTION.....	7
LE JEU COMME OUTIL POUR SENSIBILISER AU DEVELOPPEMENT DURABLE .....	9
I.    La pédagogie du jeu .....	9
1. Introduction : le contexte de l'éducation nouvelle .....	9
2. Petit historique du jeu dans l'éducation .....	10
3. Le jeu dans l'éducation des adolescents et des adultes .....	10
II.   L'éducation au développement durable : un aperçu de son histoire .....	17
1. Sa naissance.....	17
2. Sa situation en 2004 .....	18
3. L'avenir .....	20
III.  Conclusion : un jeu de simulation pour éduquer au développement durable.....	21
QUELS MESSAGES FAIRE PASSER ?.....	23
I.    Le développement durable, une notion ambiguë. ....	23
II.   Définition(s) .....	23
III.  Au-delà des définitions.....	24
IV.   Quelles critiques du développement durable?.....	25
V.    Quels messages faire passer À travers un jeu ?.....	26
1. La question des limites environnementales ou la finitude des ressources naturelles mondiales .....	27
2. La question de la territorialité .....	28
3. Le principe de précaution et d'irréversibilité .....	28
4. la question intra générationnelle.....	28
4. le local versus le mondial .....	30
5. La question de l'intergénérationnelle .....	30
6. La question de la politique .....	30
7. Le long terme versus le court terme .....	31
8. L'interdépendance des trois pôles ou l'approche systémique .....	31
9. La technologie comme partie de la solution ? oui, mais au coté de la suffisance.....	31
VI.   En résumé,.....	33
ELABORATION DES MECANISMES ET DU SCENARIO DU JEU .....	35
I.    Introduction sur le jeu .....	36
II.   Transposition des caractéristiques du développement durable en éléments de jeu.....	37
1. Il existe des limites aux ressources naturelles mondiales.....	37
2. L'environnement est un substrat, susceptible de modification. ....	37
3. Les ressources naturelles doivent aussi être étudiées sous un angle territorial. ....	37
4. Nécessité d'avoir des indicateurs de suivi pour une politique de développement durable efficace. ....	37
5. Le PNB « admet (et contribue à faire admettre) une équation implicite faisant du bonheur une fonction de la consommation (marchande) ». ....	38
6. Le développement n'exclut pas la croissance mais il en dicte la qualité. ....	38
7. Les trois pôles du développement durable s'influencent mutuellement. ....	38
8. La consommation d'une ressource renouvelable ne peut excéder sa capacité à se régénérer.....	39

9. Le taux de consommation d'une ressource non renouvelable ne peut excéder son taux de remplacement par une ressource renouvelable, exploitée de manière durable.....	40
10. L'émission de polluants ne peut excéder le taux d'absorption de celui-ci par un puits. ....	41
11. La nécessité de répondre aux besoins essentiels de tous les êtres humains. ....	41
12. Les principes de précaution et d'irréversibilité. ....	42
13. L'existence d'un centre et d'une périphérie. ....	42
14. La transition démographique est en cours et la population mondiale est supposée augmenter encore à l'avenir. ....	42
15. La consommation du Centre est non durable. ....	42
16. L'égalité des droits dans la consommation de ressources naturelles. ....	42
17. La solidarité intergénérationnelle est un principe du développement durable.....	42
18. La participation comme principe politique du développement durable.....	43
19. Le principe politique de subsidiarité est essentiel pour une prise de décision efficace. ....	43
20. L'accès différencié aux ressources naturelles pour des raisons socio politico-économiques.....	43
21. Le long terme versus le court terme. ....	43
22. La technologie, tantôt éco efficience, tantôt destructrice d'environnement.....	43
23. Les transferts de technologies vers les pays de la périphérie sont nécessaires. ....	44
24. La suffisance est nécessaire, essentiellement dans le centre.....	44
III. Conclusion du chapitre.....	44
CALIBRAGE DES CONDITIONS INITIALES DE JEU .....	45
I. Introduction .....	45
II. Méthodologie du chapitre.....	45
III. L'empreinte écologique.....	45
1. Définition et empreinte écologique en 1999. ....	45
2. Composition de la bio capacité d'une surface et de l'empreinte écologique .....	46
3. Calcul de la bio capacité et hectare global .....	47
4. Pourquoi utiliser les bio capacités pour le calibrage du jeu ? .....	48
5. Critiques de l'empreinte écologique et transpositions éventuelles dans le jeu. ....	49
IV. Calibrage du jeu .....	51
1. La population.....	51
2. Les bio capacités .....	52
3. Déterminer les conditions initiales .....	53
V. Conclusions .....	58
CALIBRAGE DU MECANISME DE JEU.....	59
I. Introduction .....	59
II. Intérêt de la dynamique des systèmes pour le développement durable.....	59
III. Intérêt de la modélisation de dynamique des systèmes pour ce travail.....	61
IV. La méthodologie.....	61
V. Construction, analyse et utilisation du modèle.....	62
1. Identification du problème. ....	62
2. Définitions du problème.....	63
3. Conceptualisation du système .....	65
5. Analyse du comportement du modèle .....	68
6. Evaluation du modèle et analyse d'alternatives .....	72
7. Utilisation des résultats dans le système. ....	76
VI. Critiques et conclusions .....	76
CRITIQUES AU CLUB DE ROME ET TENTATIVES DE REPONSES 30 ANS PLUS TARD ? .....	78

I.	Introduction .....	78
II.	Critiques et réponses des auteurs. ....	78
III.	Conclusions .....	81
FINITIONS SUR L'ELABORATION DU JEU .....		82
I.	Introduction .....	82
II.	GEO-3 .....	82
III.	Les secteurs et thématiques de l'environnement.....	83
1.	La terre .....	83
2.	Les forêts .....	84
3.	L'urbanisation .....	84
4.	L'atmosphère.....	85
5.	La mer et les côtes.....	86
6.	La bio diversité.....	86
7.	Les catastrophes .....	86
IV.	Les forces motrices des quatre scénarios PNUE:.....	87
1.	la démographie : .....	88
2.	le développement économique : .....	88
3.	le développement humain : .....	89
4.	La science et la technologie : .....	89
5.	La gouvernance .....	89
6.	La culture : .....	90
7.	L'environnement : .....	90
V.	Conclusions .....	90
CONCLUSIONS GENERALES .....		91
BIBLIOGRAPHIE .....		93
ANNEXE 1 : JEU SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE - REGLES PROVISOIRES.....		97
ANNEXE 2 : EQUATIONS DIFFERENTIELLES DU MODELE PRESENTE EN PAGE 66.....		105

---

## RÉSUMÉ DU MÉMOIRE

---

« [...] Quand il est présenté de manière traditionnelle où un expert l'explique à une audience passive, le développement durable rencontre des résistances. Pour cette raison, nous avons décidé d'explorer la possibilité de présenter le développement durable sous une forme plus attractive, en créant un outil tel que le jeu de simulation »<sup>1</sup>

Comment mieux exprimer ce que nous ressentons quand nous parlons de développement durable devant un public, qu'il soit ami ou participant d'un séminaire ? Et comment mieux résumer l'objectif de ce mémoire ?

La conception du jeu s'est réalisée en 6 étapes.

Il a d'abord fallu choisir quel type de jeu nous souhaitions développer, et pourquoi nous pensions que ce type de pédagogie active présentait un intérêt pour l'éducation au développement durable. Notre choix s'est donc porté sur un jeu de simulation de table au regard de quatre arguments :

- Les sujets complexes et systémiques sont plus à même de « passer », d'être assimilés par le public, via des méthodes pédagogiques actives tels que les jeux de simulation, car les participants font face aux conséquences de leur choix et leur stratégie.
- En Belgique, l'éducation au développement durable est quasi absente des programmes de l'éducation formelle. La plupart des initiatives en la matière viennent du secteur associatif de l'éducation informelle, qui utilisent des méthodes actives particulièrement appréciées du public.
- L'UNESCO insiste sur la nécessité que la société dans son ensemble soit éduquée au développement durable et amorce un changement de comportement. Il nous semble que le jeu, grâce ses avantages, a le grand atout de permettre à un plus grand nombre de s'y intéresser et de s'y retrouver.
- Nous ne voulions pas non plus créer un jeu informatisé car notre expérience personnelle nous a permis de constater que les jeux de « boîte noire informatique » présentaient beaucoup de temps morts dans le déroulement du jeu et que les mécanismes associés n'apparaissent pas clairement aux yeux des participants.

Ensuite, nous avons tenté de mettre le développement durable sous forme de 24 messages caractéristiques, relativement simples à comprendre. L'étape suivante consistait à transposer ces messages en éléments de jeux. C'est l'heure de l'imagination, il faut concevoir un scénario de jeu. Cela donne une île aux paysages idylliques que les joueurs vont peu à peu modifier pour assurer le développement de leur ville et répondre aux besoins de leur population.

Reste à savoir combien de forêts, de collines, de cours d'eau, de montagnes, etc. contient l'île ? Comment faut-il les transformer ? En quoi ? et quelle quantité de blé pourra s'obtenir sur une colline mise en culture ? etc. Nous y avons répondu en deux étapes. La première consistait à calibrer les ressources de l'île et ses habitants sur base de chiffres réels de cinq pays. Les bio capacités des surfaces bio productives de ces cinq pays nous ont beaucoup aidé dans cette tâche, qui a été également pour nous l'occasion d'approfondir la question controversée de l'emprunte écologique. La deuxième étape fut centrée sur la construction d'un modèle mathématique reproduisant les mécanismes essentiels du jeu. Il nous a permis, non seulement de nous replonger dans la dynamique des systèmes, domaine que nous affectionnons particulièrement, mais aussi d'ajuster nos calibrages pour maximiser nos chances de transmettre les messages caractéristiques, les leçons en fait, du développement durable.

On a terminé par une revue de l'état des secteurs de l'environnement ce qui a permis d'agrémenter le jeu de l'un ou l'autre précision.

---

<sup>1</sup> Maruja Torres and Joseli Macedo, Learning sustainable development with a new simulation game, in Simulation and gaming, vol 31 n°1, March 2000, pp. 119-126

## REMERCIEMENTS

---

Nos remerciements au corps académique vont à notre promoteur de mémoire, Professeur E. Zaccāï pour ces nombreux conseils et mises en garde et au co-promoteur, Professeur P.L. Kunsch pour son suivi et ses encouragements.

Merci aussi à l'ami Mika pour ses relectures, à mon père et ma mère pour leur apport logistique et surtout à Sarah, pour ses relectures, ses conseils toujours pertinents et son soutien sans faille. Sans elle, nous aurions lâché prise.

## INTRODUCTION

---

« [...] Quand il est présenté de manière traditionnelle où un expert l'explique à une audience passive, le développement durable rencontre des résistances. Pour cette raison, nous avons décidé d'explorer la possibilité de présenter le développement durable sous une forme plus attractive, en créant un outil tel que le jeu de simulation »<sup>2</sup>.

Comment mieux exprimer ce que nous ressentons quand nous parlons de développement durable devant un public, qu'il soit ami ou participant d'un séminaire ? Et comment mieux résumer l'objectif de ce mémoire ?

Créer un jeu pédagogique n'est pas une tâche facile. Cela requiert une connaissance de sa thématique, de l'expérience et surtout une bonne dose de créativité pour en faire un moment où l'on apprend en s'amusant.

Concevoir un jeu pédagogique sur le développement durable dans le cadre d'un mémoire de fin d'études n'est vraiment pas une tâche facile. Le sujet est certes complexe mais c'est là la raison de concevoir un jeu. Non, la difficulté est ailleurs. Elle consiste à créer un jeu suivant une méthodologie scientifique. Or, il n'en existe pas ! C'est logique, cela tue la créativité et par conséquent, nuit à la diversité des jeux. A chacun ses méthodes, à chacun ses recettes que l'on garde jalousement.

Il nous a fallu procéder autrement. Armé de bon sens, nous avons décortiqué les étapes de création du jeu et étudié pour chacune d'elles, quelle discipline scientifique pouvait nous apporter un support méthodologique. Ainsi, nous parcourons la pédagogie des jeux, l'éducation au développement durable, la littérature du développement durable, les statistiques, la dynamique des systèmes, et l'état de l'environnement mondial, le tout armé d'imagination pour saisir toute opportunité de transposer un fait, une théorie, un savoir en élément de jeu.

L'ensemble du travail propose une méthodologie de création de jeu de simulation de table, type d'animation ludique sur lequel notre choix s'est porté.

Ainsi, nous verrons pourquoi la pédagogie des jeux est complémentaire à la pédagogie classique et quels sont ses critères d'efficacité. Nous parcourons l'éducation au développement durable ici et là-bas, aujourd'hui et par le passé. On se posera ensuite la question du contenu du développement durable : quels sont ses messages ? Peuvent-ils être formulés simplement et par là, compréhensibles par un plus grand nombre.

Armé de quelques conseils, nous laisserons ensuite le champ libre à notre imagination pour traduire les messages du développement durable en mécanique de jeu. Le scénario se forme, le plateau de jeu prend forme, et pourtant l'heure de la première partie est encore loin. Il nous faut encore calibrer les conditions initiales de jeu suivant une méthodologie forte, celle des bio capacités des surfaces bio productives de pays représentatifs.

Si cette réalité socio écologique sera traduite en conditions de jeu, est-ce pour autant une calibration efficace en terme de pédagogie, de transfert de messages ? Nous tenterons de répondre à cette question en modélisant les éléments essentiels du jeu. L'analyse des

---

<sup>2</sup> Maruja Torres and Joseli Macedo, Learning sustainable development with a new simulation game, in Simulation and gaming, vol 31 n°1, March 2000, pp. 119-126

résultats de la simulation nous amènera peut être à modifier les données de départ, toujours dans un objectif d'efficacité pédagogique.

Il nous reste une étape avant de pouvoir écrire la première ligne des règles de jeu : la « garniture », tous ces éléments qui ne véhiculent que des messages de moindre importance mais qui peuvent être redoutablement ludiques. Les règles de jeu provisoires seront ensuite présentées en annexe.

Si la méthode de conception de jeu proposée ici paraît chronologique et bien séquencée, il en est tout autre quand on se lance dans la tâche. Chaque étape est l'occasion de revenir à la précédente car l'ensemble du travail se doit d'être itératif.

# LE JEU COMME OUTIL POUR SENSIBILISER AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

---

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter les raisons qui nous ont amené à choisir un jeu de simulation comme outil pédagogique pour sensibiliser au développement durable.

Nous allons commencer par présenter la pédagogie du jeu : l'influence du mouvement de l'Education Nouvelle sur la pédagogie d'aujourd'hui, un petit historique du jeu dans l'éducation, l'éducation par le jeu pour les adultes et enfin, les avantages et contraintes du jeu pédagogique.

Dans un deuxième volet, nous allons présenter la situation de l'éducation au développement durable, la naissance du concept, sa situation en 2004 et ce que lui réserve l'avenir proche.

Nous concluons par la synthèse des raisons primordiales qui ont dirigé notre choix.

## I. LA PÉDAGOGIE DU JEU

« J'écoute et j'oublie, je regarde et je retiens, j'agis et je comprends. » (Confucius)

### 1. INTRODUCTION : LE CONTEXTE DE L'ÉDUCATION NOUVELLE<sup>3</sup>

Nous n'allons pas ici retracer le parcours historique de la pédagogie ni établir un énième tableau des grands pédagogues au cours de l'histoire. Ce n'est pas l'objet de ce mémoire.

Néanmoins, il nous semble important de rappeler le contexte actuel. La fin du 19<sup>ème</sup> et le début du 20<sup>ème</sup> siècles ont vu naître le mouvement qu'on appelle « L'éducation nouvelle » ou encore « L'école active ». Ses principaux promoteurs (R. Cousinet et C. Freinet en France, A. Ferrière et E. Claparède, en Suisse, O. Decroly en Belgique, M. Montessori en Italie, nourris des apports de leurs prédécesseurs tels Erasme ou Rousseau mais aussi de la psychologie, avec, notamment, J. Piaget et sa théorie des stades de développement) ont voulu rompre avec l'enseignement traditionnel et la relation de contrainte qui la caractérisait et ont basé leur pédagogie sur l'activité propre de l'enfant, sa spécificité fonctionnelle et son intérêt.

Leurs méthodes, les méthodes actives, s'opposent aux méthodes d'enseignement traditionnelles, centrées sur le savoir du maître, et sur une absorption passive de l'enfant de ce qu'on lui inculque. **Dans les méthodes actives, au contraire, l'initiative créatrice de l'enfant apparaît indispensable à l'appropriation des connaissances en participant à leur élaboration.** L'enfant apprend en agissant, en vivant des situations motivantes (enquêtes, promenades, journal,...) qui stimulent sa curiosité et l'incitent à résoudre lui-même les problèmes qu'il appréhende. C'est l'école qui doit s'adapter à l'enfant, en tenant compte de son développement affectif aussi bien qu'intellectuel, de ses centres d'intérêt et en favorisant sa socialisation par une vie de groupe.

---

<sup>3</sup> Ce chapitre est inspiré d'un document interne que l'ITECO fournit lors de ses formations en animation, document qui se réfère aux écrits suivants :

Clermont Gautier et Tardif Maurice (sous la direction de ), La pédagogie. Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours, Montréal, Gaëtan Morin, 1996.

Raynal F. et Rieunier A., Pédagogie : dictionnaire des concepts clés, Paris, ESF, 1997.

Pour cela, les pédagogues de l'éducation nouvelle ont conçu des systèmes d'éducation qui tiennent compte essentiellement des problèmes que les enfants ont à résoudre dans leur vie de tous les jours, de leurs besoins premiers, de leurs motivations spontanées, comme le jeu, le chant, le dessin,... Ces pédagogues ont tenté de développer l'autonomie des enfants et leur capacité à « apprendre à apprendre ». **Socrate ne disait-il pas déjà que le savoir est en tout homme et qu'il faut juste arriver à « faire accoucher les esprits » ?**

Un peu moins d'un siècle plus tard, même si les écoles qui se revendiquent directement de cette école active (comme l'école Decroly ou les différentes écoles Freinet) restent minoritaires, tout le système éducatif (formel, informel, même familial) est nettement influencé par cette pensée. **Si l'éducation formelle n'en a gardé « que » l'approche générale, elle peut « s'alimenter » auprès des acteurs de l'éducation informelle qui développent sans cesse de nouveaux outils actifs et même interactifs** directement inspirés de l'un ou l'autre de ces penseurs et d'autres venant notamment des mouvements de l'éducation populaire (nous pensons ici plus particulièrement à Paulo Freire, qui a beaucoup aidé à l'évolution de l'éducation au développement).

## 2. PETIT HISTORIQUE DU JEU DANS L'ÉDUCATION<sup>4</sup>

Le jeu existe depuis que l'homme existe et régulièrement il a pu trouver une place dans l'éducation.

Durant l'Antiquité, on utilise déjà le jeu pour aider à l'apprentissage de la lecture ou des mathématiques. Mais au 4<sup>ème</sup> siècle, l'Eglise déclare anathème le jeu dans toutes ses formes. Il disparaît donc de l'éducation. Il réapparaît à la Renaissance, en partie grâce aux Jésuites, aux Oratoriens et aux Jansénistes qui prônent la pédagogie du sourire que permet le jeu. Le 17<sup>ème</sup> et le 18<sup>ème</sup> siècles voient se multiplier de nouveaux jeux dont la pédagogie tire grand bénéfice. Après un 19<sup>ème</sup> siècle plus « raisonnable », le 20<sup>ème</sup> siècle instaure le jeu comme symbole du divertissement.

A partir des années 50, le jeu va prendre son envol dans l'éducation. Non seulement, nous en avons déjà parlé, il est porté par les nouvelles théories en matière d'éducation et de psychologie, mais un bouleversement du système éducatif va faire entrer le jeu par la grande porte de l'école : l'instruction devient publique, obligatoire et gratuite. Les classes se remplissent, les élèves n'ont pas tous les mêmes connaissances, les même aptitudes. Le jeu, qui stimule et motive les troupes, devient un outil de première importance.

## 3. LE JEU DANS L'ÉDUCATION DES ADOLESCENTS ET DES ADULTES

### a. Deux théories de l'apprentissage

Il nous semble intéressant de nous arrêter quelques instants sur deux théories de l'apprentissage qui permettent de bien comprendre en quoi le jeu peut aussi être utile au processus d'apprentissage de l'adolescent et de l'adulte. Nous allons uniquement les présenter ici, nous reviendrons plus tard sur leur intérêt dans la pédagogie du jeu.

### **Les trois phases de l'apprentissage selon Pavlov**

Les recherches de Pavlov sur le processus de conditionnement suite à la présentation d'un stimulus sont connues de tous par l'histoire « du chien de Pavlov ». Sans rentrer en détails sur ce processus, nous allons nous concentrer sur les trois phases qui précèdent l'apparition

---

<sup>4</sup> De Grandmont Nicole, Pédagogie du jeu. Jouer pour apprendre, De Boeck, Bruxelles, 1997

permanente d'un comportement, donc les trois phases d'apprentissage qui permettront de rendre ce nouveau comportement permanent.

« Avant d'obtenir l'apparition permanente d'un comportement, quel qu'il soit, il faut d'abord une phase dite d'acquisition de nouvelles connaissances. **La phase d'acquisition de nouvelles connaissances est d'abord suivie par une phase, en apparence stérile, que Pavlov a nommée oubli, puis ensuite par une phase active, dite de déblocage.** Ce seraient là les trois phases à suivre pour acquérir un nouveau comportement ou faire un nouvel apprentissage. » (De Grandmont Nicole, 1997, p.81)

Après Pavlov, beaucoup d'autres chercheurs ont étudié la phase médiane, la phase de l'oubli selon Pavlov. Et il convient de penser actuellement que cette phase de l'oubli devrait plutôt être nommée phase de latence. C'est une phase, plus ou moins longue, durant laquelle l'apprenant prend le temps de « digérer » les nouvelles connaissances avant d'être à même de les extérioriser, de les mettre en pratique durant la phase de déblocage.

Cette phase de latence, on l'a dit, peut être plus ou moins longue selon l'individu et selon son état d'âme au moment de la première phase, celle de l'acquisition des connaissances. En effet, « **si l'apprenant est placé dans un état favorisant, par exemple, sa motivation, ses sentiments de plaisir, son goût de la découverte, son désir de résoudre de nouveaux problèmes en faisant appel à son cortical, le sujet sera plus disponible pour accepter l'information et l'assimiler rapidement, c'est-à-dire par une diminution possible de la période de latence.** Nous parlons alors de trois conditions facilitant l'apprentissage : la motivation, les sentiments, l'intellect. » (De Grandmont Nicole, 1997, p.83)

Nous nous permettons ici de proposer l'ajout d'un quatrième élément aidant à faire diminuer la phase de latence : c'est de rendre cette phase « active ». En se référant à nouveau à la théorie du conditionnement de Pavlov, ne peut-on pas imaginer que si, durant cette phase de « digestion » d'une nouvelle connaissance, l'on propose à l'apprenant des « digestifs » à base d'éléments de cette nouvelle connaissance, cela ne réveille plus vite chez lui le besoin d'extérioriser ses acquis ? Autrement dit, si l'on offre à l'apprenant, durant la phase de latence, des rappels réguliers de la nouvelle connaissance mais présentés sous une autre forme que lors de la phase d'acquisition, ne passera-t-il pas plus vite à la phase de déblocage ?

Selon cette théorie, l'utilisation du jeu peut présenter deux atouts sur lesquels nous nous attardons plus loin : **un premier atout est ce plaisir que le jeu procure et qui est une des conditions pour diminuer la phase de latence**, le deuxième avantage est que **le jeu peut permettre de « taper sur le clou » de la connaissance de façon diversifiée durant la phase de latence.**

## **L'apprentissage à cerveau total**

Les connaissances sur le fonctionnement du cerveau permettent d'éclairer, elles aussi, le processus d'apprentissage. En se basant sur le modèle de fonctionnement du cerveau, intitulé « Les quatre secteurs de réactivité cérébrale » que Ned Hermann et son équipe de chercheurs de l'université du Texas (département of Biomedical Engineering) ont élaboré<sup>5</sup>, en faisant croiser les approches verticales (les distinctions entre hémisphère gauche et hémisphère droit) et les approches horizontales (le système limbique et le système cortical),

---

<sup>5</sup> N.Hermann, L.Shkade, A.Potvin, The creative Brain, NASSP, Bulletin, septembre 1982, p.36

différents pédagogues<sup>6</sup> ont abouti à **une rationalisation étonnante des styles d'apprentissage** dont voici le schéma<sup>7</sup> :

<b>cerveau cortical : domaine de la pensée</b>			
<b>hémisphère gauche : approche verbale, structurée</b>	<b>Cortical gauche</b> apprentissage rationnel basé sur le savoir aptitudes : analyse, réflexion	<b>Cortical droit</b> apprentissage intuitif basé sur l'invention aptitudes : visualisation, imagination	<b>hémisphère droit : approche non verbale, vécue</b>
	<b>Limbique gauche</b> apprentissage organisé  basé sur le pragmatisme aptitudes : méthode, ordre	<b>Limbique droit</b> apprentissage relationnel basé sur l'expression aptitudes sensibilité, contact humain	
<b>cerveau limbique : domaine des émotions</b>			

On remarque que ce n'est pas la même partie du cerveau qui va s'activer si l'on veut intégrer des connaissances issues d'un tableau de chiffres, d'un reportage vidéo, d'un bricolage, d'un texte historique, d'un poème,...

Si chacun d'entre nous est capable d'utiliser les quatre secteurs de réactivité de notre cerveau, nous avons chacun notre secteur « préférentiel » ou notre secteur « plus faible ». Pensons au domaine des mathématiques, combien de personnes se sentent complètement perdues à l'abord des chiffres et des équations, alors que d'autres ont cette fameuse « bosse des maths ».

On peut imaginer aisément aussi que selon les moments de la journée, de notre vie, on sera plus apte à utiliser tel ou tel secteur de réactivité cérébrale.

En se basant sur ce modèle de fonctionnement du cerveau, nous verrons plus loin comment le jeu est d'une grande complémentarité aux méthodes classiques d'enseignement.

#### b. Les types de jeux utilisés dans les formations pour adolescents et adultes

La littérature offre presque autant de classifications de jeux qu'il n'y a d'auteurs, en fonction de l'angle de vision du jeu que prennent les auteurs et de l'objet de leurs recherches. Bien qu'inspiré par les écrits de N.de GrandMont<sup>8</sup>, de D. Noyé et J.Piveteau<sup>9</sup>, de M.Elias<sup>10</sup> et de D.L. Meadows<sup>11</sup>, nous proposons, dans ce contexte-ci, de classer autrement les jeux utilisés dans les formations, à savoir en fonction de leur objectif éducatif. Nous proposons de distinguer deux grands types de jeux :

- Les jeux de transmission cognitive ;
- Les jeux de prise de conscience et de prise de position ;

<sup>6</sup> e.a. Séminaire de Dominique Chalvin, Utiliser tout son cerveau. De nouvelles voies pour accroître son potentiel de réussir, ESF.

<sup>7</sup> Schéma proposé dans un document interne qu'ITECO distribue lors de ses formations à l'animation

<sup>8</sup> De Grandmont Nicole, Pédagogie du jeu. Jouer pour apprendre, De Boeck, Bruxelles, 1997

<sup>9</sup> Noyé D. et Piveteau J., Guide pratique du formateur, INSEP, Paris, 1999, p.73

<sup>10</sup> Michel Elias, Jeux d'ici et d'ailleurs, in Antipodes. Compilation de jeux pédagogiques, ITECO, février 2000, pp. 4-7

<sup>11</sup> Dennis L. Meadows, Learning to be simple : my odyssey with games, in Simulation and gaming, vol. 30, n°3, september 1999, pp. 342-351

## Les jeux de transmission cognitive

Ce sont des jeux qui permettent d'illustrer **un point de connaissance bien précis** (ou même complexe), une vérité mais qui n'offrent **pas la possibilité à l'apprenant de se positionner par rapport à cette connaissance apportée** et d'interférer à la solution car il n'y a, en fait, qu'une solution.

Citons deux exemples :

Le jeu des chaises (Michel Elias , 2000 : 47-51), développé par ITECO et utilisé dans l'éducation au développement permet d'illustrer de façon très parlante la répartition de la population, des richesses et de la consommation d'énergie à travers le monde.

« Paper fold », le jeu de la serviette pliée, développé par Dennis L Meadows (Dennis L. Meadows, 1999 : ), permet d'illustrer le principe de la croissance exponentielle.

Comme s'accordent à le dire de nombreux pédagogues, en référence notamment à cette sectorisation de la réactivité cérébrale, il faut diversifier les portes par lesquelles s'achemine la connaissance, l'information. Ce type de jeu répond tout à fait à ce besoin.

## Les jeux de prise de conscience et de prise de position

Les jeux que nous nommons jeux de prises de conscience et de position vont un pas plus loin. **Outre une transmission d'éléments de connaissance, ils placent l'apprenant en position décisionnelle par rapport à cette nouvelle connaissance.** Que va faire l'apprenant par rapport à ces nouveaux éléments ? Quels choix va-t-il faire ?

C'est ici que nous situons les jeux de simulation : **les jeux de simulation offrent un contexte simulant certains aspects de la réalité et au sein duquel l'apprenant doit atteindre un objectif déterminé, selon certaines règles liées au contexte et selon sa perception et les choix qu'il peut faire.** Si l'apprenant doit emprunter le comportement d'un personnage, d'une personnalité particulière, le jeu de simulation prend la forme du jeu de rôle. Mais il est possible de laisser l'apprenant dans sa propre peau pour participer à un jeu de simulation. L'on choisira l'une ou l'autre version en fonction des objectifs d'apprentissage<sup>12</sup>.

Citons deux exemples très différents dans leur forme :

« Un voyage pas comme les autres » est une exposition interactive sur la problématique des réfugiés montée par le CIRE et qui tourne depuis plusieurs années. Cette exposition propose un jeu de simulation, avec une dizaine d'acteurs, dans un décor grandeur nature en 3D où les visiteurs rentrent dans la peau d'un réfugié et suivent leur parcours depuis leur terre natale jusqu'au pays d'immigration.

Le LSD game (Learning sustainable development game)<sup>13</sup>, développé par une équipe de chercheurs du collège d'architecture de l'université de Floride, est également un jeu de simulation mais qui se présente sous une toute autre forme : c'est un jeu de cartes pour quatre à six joueurs avec un facilitateur éventuel : certaines cartes données au début du jeu

---

<sup>12</sup> Il faut noter que la limite entre les deux n'est pas tranchée. Entre un extrême, où l'apprenant reste totalement lui-même et l'autre où il doit adopter tout du comportement et de l'histoire d'un personnage, il existe une multitude de schémas.

<sup>13</sup> Maruja Torres and Joseli Macedo, Learning sustainable development with a new simulation game, in Simulation and gaming, vol 31 n°1, March 2000, pp. 119-126

donnent le contexte général, d'autres arrivent en cours de jeu pour faire avancer le scénario et informer de différents événements qui peuvent modifier la marche à suivre.

Mentionnons également que l'informatique a donné tout un essor aux jeux de simulation, éducatifs ou non, et qu'il existe une multitude de jeux de simulation sur ordinateur.

c. Le jeu : avantages et contraintes pour quelle efficacité ?

Si elle est évidemment essentielle, cette **question de l'efficacité est délicate.**

Quels indicateurs peuvent être utilisés en éducation pour tester son efficacité ? On peut tester les apprenants via des tests de connaissance. Ont-ils bien retenu ce qu'on leur a enseigné ? On peut tester les apprenants via des tests de compréhension. Ont-ils bien assimilé et compris ce qu'on leur avait enseigné ? Mais on peut se demander si, en général, **ces tests indiquent l'efficacité de la méthode utilisée pour enseigner à l'apprenant ou l'efficacité de l'apprenant à intérioriser ce qui lui a été enseigné.**

Si on se donne comme objectif que l'éducation doit amener un **changement de comportement**, comme c'est le cas pour l'éducation au développement, l'éducation au développement durable, l'éducation à la citoyenneté, etc., **les indicateurs d'efficacité à atteindre cet objectif ne peuvent qu'exister sur un très long terme.** Chaque apprenant a son histoire, sa personnalité propres et son changement de comportement se fera à un moment déterminé par bien d'autres éléments qu'uniquement la participation à un jeu pédagogique.

**La question devrait donc peut-être se poser plus en termes d'avantages.** Quels sont les avantages qu'offre un jeu pour permettre à l'apprenant d'aboutir plus rapidement à ce changement de comportement attendu ?

Néanmoins, avant de voir comment les auteurs répondent à cette question, attardons-nous un instant sur un rapport<sup>14</sup> qui a rassemblé les résultats de différents tests d'efficacité des jeux éducatifs : Les auteurs ont notamment examiné les résultats de 68 études conduites avant 1984 qui comparaient la différence de performance des étudiants entre un apprentissage par le jeu et une instruction traditionnelle. 39% des résultats favorisaient l'utilisation du jeu contre 5% qui favorisaient l'instruction conventionnelle. Les 56% restants ne voyaient pas de différence entre les deux types d'apprentissage.

N'ayant pas pu nous fournir l'entièreté de ce rapport, nous ne pouvons guère analyser ces résultats et nous restons avec beaucoup de questions. Quelles performances étaient visées ? Quels types de jeux ont été utilisés ? Sont-ce les mêmes types de jeux qui ont donné les résultats probants pour l'éducation par le jeu ? Quand les résultats favorisaient plutôt l'instruction conventionnelle ou ne marquaient pas de différence entre les deux, les raisons ont-elles été analysées ? Dans ces cas-là, les jeux utilisés étaient-ils bien préparés ? Étaient-ils adéquats ?

**Les contraintes à respecter pour maximiser l'efficacité du jeu**

Si nous pensons que l'utilisation du jeu dans l'éducation apporte beaucoup d'avantages, nous pensons également qu'il faut respecter un certain nombre de critères pour qu'il soit réellement efficace :

---

<sup>14</sup> J.M.Randel, B.A.Morris, C.Douglas Wetzel, B.V. Whitehill, The effectiveness of games for educational purposes : a review of the research, in Simulation and gaming, vol 25, PP.261-276

- **Un Jeu doit procurer du plaisir.** Cependant, ce plaisir est à double tranchant. Il faut s'assurer que les participants ne regardent pas le jeu uniquement comme source de plaisir mais qu'ils soient bien conscients que celui-ci s'inscrit dans un processus d'apprentissage.
- **La durée du jeu** peut aussi être vue comme une contrainte, particulièrement si le jeu doit s'inscrire dans le cadre scolaire qui a des horaires très stricts.
- **Le contenu que l'on veut faire passer doit être bien cadré, structuré et précis** pour qu'il ne soit pas noyé dans une masse d'éléments perturbateurs.
- L'animateur ou le facilitateur, s'il en est requis un, doit maîtriser et le contenu pédagogique et le fonctionnement du jeu.
- **Le jeu doit évidemment être adapté à son public**, en terme de compétences, de connaissances et de maturité.
- La dernière contrainte, mais certainement la plus importante, **un jeu pédagogique ne peut se passer d'une phase de « debriefing »** qui est le lieu où l'expérience se transforme en réel apprentissage.

### **Les avantages du jeu de simulation**

Pour ce travail, **notre choix**, choix que nous justifierons dans le chapitre suivant, **s'est porté sur un jeu de simulation non-informatisé**, c'est pourquoi nous n'allons aborder ici que les avantages des jeux de simulation non informatisés.

### **Le plaisir du jeu**

Beaucoup de chercheurs (Dennis L. Meadows, 1999 ; Maruja Torres and Joseli Macedo, 2000; N. de Grandmont, 1997) s'accordent pour dire que **le jeu offre un stimulant beaucoup plus important que n'importe quelle autre méthode à l'apprenant.**

Le plaisir du jeu, qui touche petits et grands, va stimuler, motiver l'apprenant à « rentrer » dans le sujet, sans « effort ».

On peut faire un lien ici avec les théories des trois phases de Pavlov. Une des conditions pour diminuer la phase de latence est la présence d'une certaine motivation et d'un certain sentiment de plaisir chez l'apprenant dans la phase d'apprentissage. Le jeu offre ce grand avantage-là.

### **L'action et l'interaction**

Dans le jeu de simulation, l'apprenant est dans une position active, il doit agir, faire des choix, expérimenter.

**Confucius dit que c'est en agissant qu'on comprend, nombre de penseurs de l'Ecole active ont insisté sur cette nécessité de l'action et de l'expérimentation dans le processus d'apprentissage.** Beaucoup de chercheurs aujourd'hui confirment cette idée en prenant l'exemple du jeu :

« L'éducation pour adultes est plus efficace quand les apprenants adultes sont impliqués dans le processus d'apprentissage et qu'ils ne sont pas seulement les récipiendaires passifs d'une information transmise »<sup>17</sup>

« Les jeux de simulation ont la capacité de briser la glace et de proposer une participation dynamique qui devraient diminuer la résistance des participants à accepter de nouvelles idées et stimuler leur intérêt pour de nouvelles questions parce qu'ils favorisent les discussions de groupe. » (Petranek, cité par Maruja Torres and Joseli Macedo, 2000: 120)

### Complexité du message

**Quand le contenu du message est complexe**, par sa structure, par la diversité de ses apports, et par les liens multiples qui le façonnent et qu'ils provoquent (causes et conséquences), **le jeu de simulation** peut particulièrement bien répondre aux besoins d'apprentissage car il **offre une possibilité infinie de structuration et offre plusieurs lectures possibles d'un message : il peut offrir une vision transversale du contenu tout en permettant de travailler plus particulièrement des points plus spécifiques.**

Maruja Torres et Joseli Marcedo qui ont expérimenté le jeu de simulation pour expliquer le développement durable, message dont on connaît la complexité, reviennent à deux reprises sur l'adéquation du jeu de simulation avec un tel contenu :

« Un jeu de simulation semblait être l'outil adéquat pour inciter au changement de modèle. En plus d'être une méthode d'apprentissage expérimental organisé, particulièrement appropriée à l'exploration de problèmes complexes qui impliquent une communication (Petranek, 1994), les jeux de simulation ont aussi l'avantage d'intégrer un élément de plaisir dans le processus d'apprentissage.» (Maruja Torres and Joseli Macedo, 2000, p.119)

**« Les jeux de simulation sont une stratégie adéquate pour la propagation des nouveaux concepts environnementaux auprès du grand public. »** (Maruja Torres and Joseli Macedo, 2000, p.125)

Vinod Dumblekar évoque aussi cette qualité : «La simulation devrait être utile à l'apprentissage de situations complexes [...] où les problèmes ne sont pas familiers [...] » (Vinod Dumblekar, 2003).

### Autres avantages

Evoquons ici d'autres avantages avancés par les auteurs précités :

- le jeu offre une **rétroaction immédiate** ;
- le jeu favorise le **développement et l'application de compétences** ;
- le jeu favorise la **créativité parmi les participants** ;
- le jeu est un bon outil pour **lancer la discussion sur le sujet traité** ;
- le jeu **aide les participants à raisonner, rationaliser les données et à synthétiser les informations** ;
- le jeu **permet aux participants de mémoriser à plus long terme les éléments appris.**

---

<sup>17</sup> Pfeiffer, cité par Vinod Dumblekar, Management simulations : Tests of effectiveness, in Changing trends in management. Challenges and opportunities, New Delhi, Jan 2003, pp.104-115

<sup>19</sup> Ramonet I., Chao R. Wozniak, Abécédaire partiel et partial de la mondialisation, Plon, Paris, 2003, p.127

## **Diversification des méthodes**

Pour conclure ce chapitre, nous voulons revenir sur l'importance de diversifier les méthodes d'apprentissage, au vu notamment des recherches sur la méthode de fonctionnement du cerveau.

Le jeu est un des moyens de diversifier l'approche d'un contenu, en faisant appel à d'autres capacités de notre cerveau.

Les méthodes traditionnelles d'enseignement font sans doute plus appel au cortical gauche. Le jeu de simulation qui propose plusieurs types d'action ou de prises de connaissance au cours de son déroulement peut plus aisément activer les limbiques gauche et droit et le cortical droit.

## **II. L'ÉDUCATION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE : UN APERÇU DE SON HISTOIRE**

« Evidemment, les PDG et les financiers n'ont plus le temps de lire les classiques. Autrement, dans les dialogues platoniciens, ils auraient trouvé une véritable leçon d'économie. « Ma plus grande satisfaction, dit Céphale, serait que, à l'heure de ma mort, je puisse laisser à mes enfants un héritage avec les biens que je possède, et un peu supérieur à celui que j'ai reçu. » Le Sommet de la Terre de Rio ne pouvait dire mieux. »<sup>19</sup>

### **1. SA NAISSANCE**

En 1972, La Conférence des Nations Unies à Stockholm reconnaît que la protection de l'environnement et la gestion efficace des ressources naturelles sont des questions majeures qui affectent le bien-être des populations et le développement économique du monde entier.

Cinq ans plus tard, en 1977, l'UNESCO convoque à Tbilissi en Géorgie, la première conférence internationale sur l'éducation à l'environnement. C'est le coup d'envoi, en tout cas dans les pays occidentaux, d'une politique d'éducation à l'environnement.

C'est en 1987 qu'apparaît la notion de développement durable : le rapport Brundtland de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, intitulé « Notre avenir à tous », préconise un développement qui permet de répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs.

Mais c'est seulement en 1992, lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro que les dimensions humaine, sociale et économique apparaissent clairement liées à la dimension écologique dans une perspective d'éducation. C'est, en effet, lors de ce sommet qu'est établi l'Agenda 21, guide de mise en œuvre du développement durable pour le 21<sup>ème</sup> siècle. Le rôle de l'éducation dans la construction d'une société plus juste et viable prend toute son importance.

#### **d. Prérrogatives de l'Agenda 21 en matière d'éducation au développement durable<sup>20</sup>**

Le chapitre 36 de l'Agenda 21 est consacré à l'éducation au développement durable. Trois domaines d'activité y sont visés :

---

<sup>20</sup> Les chapitres de l'Agenda 21, texte disponible sur le site [http://www.agora21.org/rio92/A21\\_html](http://www.agora21.org/rio92/A21_html) , 12 juin 2004

- **Réorienter l'éducation vers un développement durable ;**
- **Mieux sensibiliser le public ;**
- **Promouvoir la formation.**

Relevons quelques éléments de l'Agenda 21 au sujet du domaine d'activité qui nous concerne : réorienter l'éducation vers un développement durable

Les principes d'actions avancés considèrent notamment que « l'éducation, de type scolaire ou non, est indispensable pour modifier les attitudes de façon que les populations aient la capacité d'évaluer les problèmes de développement durable et de s'y attaquer. [...] L'enseignement relatif à l'environnement et au développement doit [...] être intégré à toutes les disciplines et **employer des méthodes classiques ou non classiques et des moyens efficaces de communication.** »<sup>21</sup>

Quatre objectifs sont proposés :

- Souscrire aux recommandations émanant de la Conférence Mondiale sur l'éducation pour tous ;
- Faire en sorte que tous les secteurs de la société dans le monde entier soient le plus tôt possible au courant des questions d'environnement et de développement ;
- Chercher à assurer à tous les groupes de population de tous les âges l'accès à l'éducation en matière d'environnement et de développement liée à l'éducation sociale ;
- Promouvoir l'intégration des notions d'environnement et de développement à tous les programmes d'enseignement.

Ces objectifs sont ambitieux et l'Agenda 21 comporte 40 chapitres traitant 40 secteurs qui ont un lien avec le développement durable. Pour chacun de ces domaines, des objectifs tout aussi ambitieux sont proposés. C'est un travail colossal qui attend les gouvernements qui seraient prêts à se lancer dans la mise en place de cet Agenda 21...

## 2. SA SITUATION EN 2004

### e. Vision globale

Aujourd'hui, force est de constater que ce beau programme n'a pas eu l'essor escompté. Et quand bien même des projets d'éducation au développement durable ont eu lieu, et sans remettre en cause leurs qualités pédagogiques, l'UNESCO reconnaît « **l'échec patent de l'éducation à faire évoluer les comportements vers des modes de produire et de consommer plus responsables**<sup>22</sup> ».

Trois causes sont avancées pour expliquer cet échec :

- Le système éducatif ;
- La question sensible des valeurs ;
- Les politiques nationales.

#### a. 1. Le système éducatif

<sup>21</sup> Agenda 21, Chapitre 36, A. Réorienter l'éducation vers un développement durable. Principes d'action, [http://www.agora21.org/rio92/A21\\_html](http://www.agora21.org/rio92/A21_html), 12 juin 2004

<sup>22</sup> « Situation de l'éducation pour un développement durable », in La Revue Durable, n°8, décembre 2003-janvier 2004, pp. 12-13.

Le concept de développement durable est un projet global, donc transversal qui concerne, de près ou de loin tous les pans de la société et donc toutes les disciplines qui peuvent être enseignées dans nos écoles. Or **notre système éducatif (occidental) a relativement cloisonné ces disciplines empêchant d'avoir cette vision transversale et globale du développement durable.** En outre, malgré un vingtième siècle foisonnant en matière de pédagogies actives, le système scolaire reste basé principalement sur une transmission figée des connaissances et une instruction peu, voire pas du tout participative, ne laissant donc que peu de chances à l'élève de s'interroger sur sa propre contribution au fonctionnement de la société.

#### a. 2. La question sensible des valeurs

**L'école reflète la société.** Aujourd'hui, la valeur prédominant notre société néo-libérale est l'intérêt individuel qui attise la volonté de maximiser les revenus et l'esprit de compétitivité. Or l'éducation au développement durable appelle à des valeurs contradictoires à celle-là, les valeurs d'équité, de solidarité. La transition d'un système de valeurs à un autre est essentielle, à tous les pans de la société, pour pouvoir espérer un changement de comportement mais c'est sans doute ce qui prend le plus de temps. L'école et la société doivent donc évoluer ensemble, chacune étant le miroir de l'autre.

#### a. 3. Les politiques nationales

**Très peu de gouvernements ont réellement mis comme priorité nationale l'éducation au développement durable.** Comme dans tous les secteurs d'activités, on met plus l'accent sur la croissance économique que sur les défis de la durabilité. **Les enseignants n'ont pas reçu de formation pour les préparer à ces nouveaux enjeux et les outils pédagogiques en la matière font défaut.**

#### f. b. Baltic 21

Même si la Belgique n'en fait pas partie, il nous semble important de mentionner l'initiative du projet Baltic 21 tant sa démarche est unique et exemplaire<sup>23</sup> : onze pays européens (l'Allemagne qui est à la pointe de l'éducation au développement durable, le Danemark, l'Estonie, la Finlande, l'Islande, la Lettonie, la Lituanie, la Norvège, la Pologne, la Russie et la Suède) ont monté ensemble le projet Baltic 21 qui met en place un Agenda 21 régional. Il s'agit d'une stratégie commune pour aller vers le développement durable et l'éducation y occupe une place de choix.

Après une identification des potentialités et des lacunes en matière d'éducation au développement durable, des mesures ont été prises dont une très pertinente : les gouvernements prévoient de financer davantage la **recherche sur les meilleurs outils pédagogiques pour faire émerger les valeurs et les attitudes nécessaires au développement durable.**

Le suivi de l'Agenda 21 se veut exemplaire puisque tous les deux ans, un rapport doit informer sur les progrès accomplis, y compris dans l'éducation. Mais dans ce domaine, les indicateurs pour évaluer les résultats au niveau des connaissances et de la sensibilisation de la population sont encore à l'étude.

---

<sup>23</sup> « Onze pays européens montrent l'exemple », in La Revue Durable, n°8, décembre 2003-janvier 2004, p.16

### g. c. En Belgique<sup>24</sup>

Le fédéralisme belge complexifie l'instauration de l'éducation au développement durable dans notre système scolaire ; à l'instar des matières enseignées sur nos bancs, les compétences concernées sont, elles aussi, cloisonnées au niveau des gouvernements fédéral, régionaux et communautaires.

Il existe néanmoins une offre éducative très riche en matière de développement durable sur notre territoire. La plupart des initiatives proviennent d'associations et d'organisations non-gouvernementales. Pour Ph. Trembley<sup>25</sup>, que nous avons interviewé plusieurs fois, les pouvoirs publics n'offrent par contre pas encore de matériel satisfaisant en matière d'éducation au développement durable.

### 3. L'AVENIR

Sur le conseil du Sommet Mondial pour le développement durable de Johannesburg en 2002, conscient du manque de résultats de l'éducation au développement durable et de ses causes, l'Assemblée Générale des Nations Unies a proclamé la décennie 2005-2014 « décennie pour l'éducation en vue du développement durable »<sup>26</sup> et a désigné l'UNESCO comme organe responsable de sa promotion. Il lui a été demandé d'élaborer un projet de programme d'application international.

Cette initiative est d'une importance capitale tant pour l'éducation au développement durable que pour le développement durable lui-même. En effet, comme il est dit dans les textes de présentation de la décennie :

« L'éducation pour le développement durable est à ce point où elle représente le processus d'apprentissage qui permet de prendre les décisions propres à préserver l'avenir à long terme de l'économie, de l'écologie et de l'équité dans toutes les communautés. Créer des compétences de manière à élaborer une réflexion orientée vers l'avenir constitue la principale mission de l'éducation. »

**« Cela représente une vision nouvelle de l'éducation [...] qui exige une approche holistique et interdisciplinaire [...] ». Cela nous oblige à repenser nos systèmes, nos politiques et nos pratiques éducatives de telle sorte que chacun, jeune ou âgé, soit capable de prendre des décisions et d'agir selon des schémas appropriés à sa culture et à son environnement afin de résoudre des problèmes qui menacent notre avenir commun. »**

C'est donc un vaste programme qui demande qu'on s'y atèle !

L'UNESCO est aussi responsable de la coordination de deux autres projets ambitieux en matière d'éducation, « L'éducation pour tous » et « La décennie des Nations Unies pour l'alphabétisation » qui a débuté en 2000. Par souci d'efficacité et pour optimiser les résultats, les trois projets devront évidemment cheminer ensemble. En effet, les trois projets sont fondamentalement liés puisque tous trois se rattachent aux Objectifs de développement du Millénaire et tous trois placent l'éducation dans le contexte de développement durable.

---

<sup>24</sup> Anne Versailles, L'éducation vers un développement durable se heurte au fédéralisme belge, in La Revue Durable, n°8, décembre 2003-janvier 2004, p.29

<sup>25</sup> Chercheur à l'ULB qui travaille notamment avec le Professeur Wolfs sur un recensement des outils éducatifs au développement durable. Malheureusement aucune publication n'est encore disponible.

<sup>26</sup> Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable, texte disponible sur le site de l'UNESCO : <http://portal.unesco.org/education/fr/ev.php>, 20 juillet 2004

Les stratégies adoptées vont donc viser le contexte local, les partenariats avec les pouvoirs publics mais aussi avec la société civile. En effet, l'UNESCO a bien compris que le degré de réussite de ces projets sera fonction du degré d'intégration de l'éducation au niveau local dans le dialogue sur le développement et la plupart de ces lieux de dialogue se retrouvent au niveau de la communauté, de la société civile.

### **III. CONCLUSION : UN JEU DE SIMULATION POUR ÉDUCER AU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

L'idée de passer par le jeu, en travaillant sur le vécu personnel, pour aborder et discuter du développement durable, est née suite à une présentation de nos activités professionnelles (l'aide à la création de toutes petites entreprises et la contribution des entreprises au développement durable) à un groupe de chômeurs cherchant à s'initier à la gestion d'entreprises. Au bout de quelques mots de présentation du développement durable, une personne a lancé : « *holala, j'ai déjà mal de tête,...* ».

Le constat était clair pour nous : la sensibilisation – et sa compréhension - au développement durable passerait par le vécu, et le vécu passerait par le jeu, tant les mécanismes du développement durable sont complexes et systémiques...

C'est d'ailleurs la même motivation qui a poussé Maruja Torres et Joseli Macedo de l'université de Floride à concevoir un jeu sur le développement durable basé sur des cartes. « Le développement durable a été choisi (comme sujet de jeu) parce que, lorsqu'il est présenté de manière traditionnelle où un expert explicite le concept devant une audience passive, on observe une résistance. Pour cette raison, nous avons décidé d'explorer si le développement durable pouvait être présenté sous une forme plus attrayante en utilisant un outil de participation comme la simulation ludique » ( Torres M. et Macedo, J., 2000 : 120).

#### **Notre choix pour un jeu de simulation s'est confirmé au regard de quatre analyses :**

- **la situation belge de l'éducation au développement durable**

Nous l'avons vu, actuellement en Belgique, l'éducation au développement durable est quasi absente des programmes de l'éducation formelle. La plupart des initiatives en la matière viennent du secteur associatif, du secteur de l'éducation informelle.

Ce secteur prise particulièrement les méthodes actives et interactives dans ses activités éducatives, non seulement parce qu'il est très empreint de la philosophie qui accompagne ces méthodes, mais aussi parce que ces méthodes « se vendent » bien auprès des publics qu'il cible. En effet, la plupart du temps, les activités éducatives du secteur informel trouvent leur place auprès de leurs publics en tant qu'activité invitée, activité parallèle, activité ponctuelle.

Invités, par exemple, par une école lors de l'organisation d'une journée spéciale, ou dans le cadre de journées de formations au sein d'une entreprise, les éducateurs du secteur informel deviennent des « spécialistes » de l'utilisation de ces méthodes pour le plus grand bonheur de leurs hôtes qui n'ont souvent pas le temps de s'y atteler et qui sont heureux de pouvoir apporter à leur programme un peu de diversité.

Ce double constat – sur la prédominance du secteur informel et sur le succès des méthodes actives comme « invitées »- nous a donc tout de suite poussé à opter pour une de ces méthodes actives.

- **le contenu du développement durable**

Parmi ces méthodes actives, nous avons vu que le jeu de simulation semble être l'outil le plus approprié pour aborder les sujets complexes. Le développement durable étant un sujet complexe et, qui plus est, aux notions parfois abstraites et lointaines pour le grand public, très vite, nous nous sommes penché sur les potentialités du jeu de simulation.

- **Les objectifs de l'éducation au développement durable**

Notre choix s'est confirmé quand on a étudié les méthodes actives en regard de nos objectifs éducatifs.

L'éducation au développement durable, comme l'éducation au développement, l'éducation à la citoyenneté,... ont bien sûr pour but de faire connaître ces thématiques mais surtout de susciter une prise de conscience qui doit amener un changement de comportement.

Au vu de tous les avantages du jeu de simulation cités plus haut, au vu des deux théories d'apprentissage que nous avons évoqué, il nous a semblé mettre toutes les chances du côté du changement de comportement de la part des apprenants en portant notre dévolu sur le jeu de simulation.

- **La diversité du public**

L'UNESCO insiste sur la nécessité que la société dans son ensemble soit éduquée au développement durable et amorce ce changement de comportement. Toutes les couches de la société, en termes d'âge et de classe sociale doivent accéder à l'éducation au développement.

Sans avoir la prétention ici de dire que le jeu qui suit s'adresse à tous sans distinction, ce serait en outre une grossière erreur pédagogique de le penser, il nous semble que le jeu, grâce aux avantages précités, a le grand atout, comparativement à d'autres méthodes interactives plus basées sur la parole, de permettre à un plus grand nombre de s'y intéresser et de s'y retrouver. Pour notre part nous visons un public adulte (plus de 16 ans) pour qui le développement durable n'est qu'une notion à la mode, entendue quelques fois ici et là, mais qui au fond n'en saisissent pas tout le potentiel pour l'émergence d'un nouveau projet de société.

Ce choix étant maintenant expliqué, voyons, dans le prochain chapitre quels sont les messages du développement durable à faire passer par le jeu.

# QUELS MESSAGES FAIRE PASSER ?

---

## I. LE DÉVELOPPEMENT DURABLE, UNE NOTION AMBIGUË.

Le développement durable nous a, d'après notre expérience personnelle, toujours paru comme une notion ambiguë et à fortiori difficile à expliquer, surtout face au grand public dont ce n'est pas la préoccupation majeure.

Cette notion est difficilement cernable à cause de ces nombreuses définitions mais aussi et surtout de ses très nombreuses interprétations : « certains mettent en évidence le respect des conditions environnementales, d'autres des conditions relatives au développement, et portant tantôt sur la non décroissance, la coordination, l'équité, l'amélioration des conditions de vie, ou sur d'autres aspects encore »<sup>28</sup>.

Dans cette section, nous nous efforcerons de mettre en évidence des caractéristiques et des mécanismes du développement durable qui soit compréhensibles et simples à traduire en mécaniques de jeu.

## II. DÉFINITION(S)<sup>29</sup>

La définition du Rapport Brundtland, régulièrement citée, nous paraît la plus complète :

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Deux concepts sont inhérents à cette notion :

- Le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité et,
- L'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale imposent sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »<sup>30</sup>

Cette définition introduit le principe de solidarité intra et inter générationnelle, donne la priorité aux **besoins essentiels**, et présente **l'environnement comme un substrat** et non comme une donnée (E. Zaccāi, 2002). Nous souhaitons retrouver ces points parmi les messages véhiculés dans le jeu.

D'autres définitions ont bien sûr été données. Citons celle de l'UICN : le développement durable est « le fait d'améliorer les conditions d'existence des communautés humaines tout en restant dans les limites de la capacité de charges des écosystèmes »<sup>31</sup>. Cette définition a l'avantage d'introduire très explicitement la finitude des écosystèmes - par l'intermédiaire du concept de capacité de charges - pour l'exploitation du bien-être humain.

---

<sup>28</sup> Zaccāi Edwin, Le développement durable, dynamique et constitution d'un projet, Presses Interuniversitaires Européennes, Bruxelles, 2002.

<sup>29</sup> A partir de ce point, toutes les expressions surlignées ont pour vocation selon nous, d'être des caractéristiques du développement durable susceptibles de faire partie des messages que nous souhaitons véhiculés à travers le jeu (cf. ci-après).

<sup>30</sup> Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (CMED), Notre avenir commun, Ed. du Fleuve, Québec, 1988.

<sup>31</sup> Union Mondial de la Nature, Programme des Nations Unies pour l'Environnement et Fonds Mondial pour la Nature, Sauver le Planète, IUCN, Gland, 1991.

D'autres définitions ont des orientations plus économiques où développement durable serait synonyme de croissance économique durable, c'est-à-dire infinie... E. Zaccai cite dans son ouvrage « le développement durable, dynamique et constitution d'un projet » celle de D. Pearce pour qui, « il s'agit de la non décroissance de la consommation par tête, ou du PNB, ou de quelque indicateur de développement que ce soit »<sup>32</sup>. Cette définition nous semble évidemment à rejeter tant elle est imprécise et met de plus, l'accent sur la croissance durable, si on considère que le PIB se calcule classiquement comme la somme des valeurs ajoutées produites par une société donnée.

### III. AU-DELÀ DES DÉFINITIONS

Les deux définitions retenues peuvent facilement faire l'unanimité tant elles sont faciles à comprendre et surtout, elles apportent du sens dans un monde où le temps a tendance à se réduire devant une échelle géologique qui elle, par contre, ne bouge pas. Tout le monde est à même de percevoir les risques de dérives du développement actuel. Mais un concept aussi large que le développement durable emporte l'adhésion tant qu'on reste à son premier degré de signification c'est-à-dire à une définition ouverte. M. Jacobs n'hésite pas à parler de « *concepts contestables* », car la contestation se fait jour quand on s'intéresse au deuxième niveau d'interprétation<sup>33</sup>. C'est évidemment le cas du développement durable qui, si il commence à apparaître dans tous les textes institutionnels et politiques, a encore du mal à trouver la place qu'il mérite dans une politique exécutive.

Toute une série d'auteurs a évidemment tenté de dépasser le stade de la définition afin de s'approcher d'une interprétation de deuxième niveau en donnant les caractéristiques du développement durable. L'auteur qui a retenu notre attention pour son côté opérationnel, voire économique et donc directement exploitable par nos soins<sup>34</sup> est Philippe Crabbé. Il voit huit caractéristiques au développement durable :

1. « C'est le développement, pas la croissance qui doit être durable ». **Le développement n'exclut pas la croissance mais il en dicte la qualité.**
2. « Seul le système socio écologique est fermé ; le système économique est ouvert ». Contrairement à la théorie Néo-Classique, le système économique n'est pas un système thermodynamique fermé : les flux entrants et sortants, de matières et d'énergie, proviennent de l'environnement. On sent poindre **le caractère systémique du développement durable.**
3. « Il y a complémentarité entre le capital naturel et les autres facteurs de production [...] à un bas niveau de développement. A des degrés de développement plus élevés, plus d'opportunités de substitution peuvent apparaître ». Une telle caractéristique a de quoi soulever bien des débats. Nous y reviendrons quand nous parlerons de « forte durabilité » ou de « faible durabilité ».
4. « Il y a une équité intergénérationnelle, spatiale et intragénérationnelle ».
5. « Il doit y avoir une décentralisation des décisions socio-économiques ».
6. « Augmenter le contenu environnemental dans les décisions socio-économiques »
7. « Allonger l'horizon temporel des décisions socio écologiques »

---

<sup>32</sup> Pearce David, Economics and Environment. Essays on Ecological Economics and Sustainable Development, Edward Elgar, Cheltenham, 1999 in E; Zaccai, 2002.

<sup>33</sup> Jacobs Michael, Sustainable Development as a Contested Concept, in E Zaccai (2002).

<sup>34</sup> Nous reprendrons certains éléments de cette analyse dans le chapitre « quels messages faire passer ? »

8. « Appliquer les **principes de précaution et d'irréversibilité** dans les décisions socio-écologiques »<sup>35</sup>.

Il nous faut, pour être complet, rajouter une caractéristique mise en évidence par E. Zaccāi : le caractère novateur du développement durable, « *l'affirmation de la nouveauté de ce projet* » (E. Zaccāi, 2002). En effet, si les composantes du développement durable n'ont rien de nouveau, la façon dont il envisage de les agencer dans une même vision est novatrice<sup>36</sup>. En cela, le développement durable a le devenir d'une nouvelle idéologie, d'un nouveau mode de régulation. « L'expression « développement durable » contient un pouvoir du fait que la plupart des gens ont envie d'y croire [...] C'est un article de foi, et en ce sens presque une idée religieuse, similaire à la justice, l'égalité, la liberté »<sup>37</sup>.

Ce nouveau paradigme potentiel implique un énorme besoin d'éducation, doublement criant dans le cas du développement durable qu'une de ces caractéristiques les plus généralement admises est la participation de tous. Voilà donc deux raisons supplémentaires pour justifier ce travail.

#### IV. QUELLES CRITIQUES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE?

Tout le monde n'adhère pas au concept de développement durable. Pour Gilbert Rist, professeur à l'Institut Universitaire d'Etude du Développement à Genève, il s'agit « d'un mauvais compromis politique, que celui-ci est par conséquent utilisé pour défendre des objectifs contradictoires, et qu'il est loin de pouvoir mobiliser les citoyens afin d'affronter les problèmes urgents dont on connaît l'existence mais dont on nie la réalité »<sup>38</sup>.

Deux raisons expliquent cet état de fait selon G. Rist. La première tient au fait d'utiliser la notion de « besoins » dans la définition du rapport Brundtland. « Toute théorie construite sur la notion de besoins est fondée sur le vide » (La Revue Durable, 2002). Comment peut-on en effet définir la notion de besoins ; où commencent-ils ? ; où finissent-ils ? Ce n'est pas la pyramide de Maslow qui nous apprendra quelque chose en la matière...

La seconde raison est souvent entendue du côté des défenseurs de la décroissance. Pour eux, comme pour Rist, le problème se prend pour la solution dans le développement durable : le développement aurait été jusqu'ici source de dégradations de l'environnement et il n'y a aucune raison de croire qu'il va devenir subitement la solution, même flanqué de « durable » ; le signifié et le signifiant seraient donc à rejeter. Dès lors, le développement durable devient un oxymore, une contradiction ouverte qui ne propose justement pas de solution, à moins bien sûr qu'il ne faille comprendre l'expression par croissance infinie... Mais les raisons de l'expression s'expliquent par les compromis politiques avec lesquels il a fallu composer lors de la création du concept.

D'autres critiques portent sur les priorités et les logiques particulières qui animent le concept. Certains y voient la prépondérance de l'environnement, d'autres une main mise du social et puis il y a ceux dont nous avons déjà parlé, qui le résument à un développement économique qui dure.

---

<sup>35</sup> Crabbé Philippe, Sustainable Development : concepts, Measures, Market and Policy Failures at the Open Economy, Industry and Firm Levels, CANSEE '97 Conference Paper, McMaster University, Hamilton, 1997.

<sup>36</sup> C'est d'ailleurs cette dynamique entre des éléments très différents qui nous a amenés à s'intéresser à la modélisation des dynamiques de systèmes.

<sup>37</sup> Pearce David, Blueprint 3. Measuring sustainable development, Earthscan, London, 1993 in Zaccāi, 2002

<sup>38</sup> Rist G., Le développement durable : les dangers d'une bonne idée, La Revue Durable, n°1, Septembre-octobre 2002

Certains aspects techniques de la notion sont aussi critiqués : l'éco-efficience ou la dématérialisation ne répondraient pas à aux promesses annoncées (Zaccaï, 2002).

On le voit, la notion est ambiguë – nous l'avons dit d'entrée de jeu- ; le concept est mal défini. Cela le rend fragile et il nous paraît dès lors d'autant plus nécessaire de lui donner du soutien afin d'éviter, justement, qu'il ne soit dévoyé par ceux qui ne veulent pas le voir gagner en profondeur. Quant aux personnes qui désertent la partie, où iront-elles, vers quelle nouvelle utopie ? Elles sont nombreuses à se contenter de la position confortable de la critique ou de la superficialité de la rhétorique sémantique. Y a-t-il un projet de société sérieux du côté des décroissants ou des anti-développements ? Tiennent-ils compte à la fois des grandes difficultés pratiques du non développement et surtout des gigantesques obstacles sociologiques qui s'opposent à leur théorie ? Nous ne le pensons pas.

Le chapitre qui suit a pour but de proposer des caractéristiques du développement durable qui soient compréhensibles par tous.

## V. QUELS MESSAGES FAIRE PASSER À TRAVERS UN JEU ?

Les messages à faire passer résultent de deux réflexions :

1. Le développement durable est un ensemble de caractéristiques liées entre elles. Il est difficile de « trouver de définition autre qu'ouverte, et très vite ce sont des ensembles de caractéristiques qui viennent prendre la place des définitions » (E. Zaccaï, 2002). Ces caractéristiques se décomposent en éléments interdépendants, eux-mêmes issus de l'agencement de points les plus divers.

2. le choix des éléments du développement durable à faire passer est inhérent à la littérature mais également à nos choix personnels. Dans la mesure où le développement durable est une vision, voire une utopie, chacun doit se forger la sienne. C'est bien ce que nous essayons de faire ci-dessous.

Nous devons, dans cette section, être particulièrement attentifs à ne pas faire de confusion entre les mécanismes et les caractéristiques du développement durable et les différents thèmes de celui-ci, dont la somme ne pourrait expliquer l'ensemble. En d'autres termes, nous devons ici distinguer les messages que le développement durable sous-entend, tels que la finitude des ressources naturelles de la Terre par exemple, des thématiques de celui-ci que sont l'eau, les forêts, les énergies renouvelables,... On fera tout de suite remarquer que cette distinction est arbitraire, tant les thématiques concernent les mécanismes et caractéristiques du développement durable. On ne peut traiter par exemple, la finitude des ressources non renouvelables sans aborder les énergies renouvelables (voir plus loin).

### Dès lors, pourquoi faire la distinction ?

La distinction s'opérera sur base de la construction du jeu. En effet, la mécanique du jeu, sa mise en place, comment calculer les points de victoire, etc. devront refléter les caractéristiques et les mécanismes du développement durable, tandis que le contenu, les types de ressources naturelles présents sur l'île, les produits et services qu'il est possible de produire, les cartes 'événements', symbole des conséquences environnementales de la consommation, etc. sont directement lié aux thématiques du développement durable.

On peut résumer ce parti pris de la façon suivante :

- caractéristiques du développement durable, ses messages → mécanique du jeu ;

- Thématiques du développement durable → contenu du jeu ;

## Quelle méthodologie ?

Il nous sera impossible de traiter à travers un jeu toutes les caractéristiques du développement durable. Dans la section qui suit, nous surlignerons tous les éléments qui nous semblent pertinents à faire passer, ce qui ne veut nullement dire qu'ils se retrouveront dans le jeu. La traduction de ces éléments dans la mécanique ou le contenu du jeu fera l'objet d'un chapitre ultérieur.

### 1. LA QUESTION DES LIMITES ENVIRONNEMENTALES OU LA FINITUDE DES RESSOURCES NATURELLES MONDIALES

La question des limites environnementales justifie le terme « durable » flanqué à « développement ». Cet aspect n'était pas présent auparavant dans la littérature du développement et pourtant il souligne aussi une question d'équité. La question des limites environnementales se pose à la fois à l'échelle planétaire et locale, à court terme et à long terme, ce qui en fait un problème délicat à cerner.

Le Club de Rome avec son ouvrage « Halte à la croissance ? » de 1972 a été parmi les premiers à diffuser largement l'idée d'une finitude des ressources naturelles de la planète.

« L'objectif du Club de Rome était de développer la compréhension des interactions entre les diverses composantes économiques, politiques, naturelles et sociales du système global que constitue notre environnement, de faire prendre conscience de ces interactions aux décideurs politiques et à l'opinion publique mondiale et de promouvoir ainsi de nouvelles initiatives politiques »<sup>39</sup>. Ces interactions, sur lesquelles nous reviendrons, sont modélisées dans un modèle mathématique de dynamique des systèmes qui intègre 225 variables rattachées à 5 « facteurs » du système que sont la croissance démographique, l'alimentation per capita, l'état des ressources non renouvelables, la production industrielle per capita, et la pollution. Les deux moteurs de leur modèle sont la croissance démographique et la croissance du capital industriel. On peut déjà faire remarquer qu'à ce niveau, les auteurs n'ont pas changé d'optique dans leur dernier ouvrage « Beyond The limits, the 30-years Update ».

Le modèle baptisé « World 3 » projette l'ensemble de ces variables sur 200 ans pour arriver rapidement à une situation « d'over-shoot » (dépassement des limites) et ensuite de « collapse » (effondrement). Et de conclure que « la croissance exponentielle dans un monde aux ressources finies est intenable »<sup>40</sup> et qu'il nous faut donc viser « l'état stationnaire », soit arrêter les deux moteurs que sont la croissance industrielle et la croissance démographique.

De très nombreuses critiques se sont élevées à l'égard de ce travail et nous y reviendrons dans un chapitre ultérieur, afin de voir comment les auteurs y répondent aujourd'hui en 2004. La question qui nous préoccupe ici est de comprendre comment appréhender la finitude des ressources (renouvelables et non renouvelables) afin de mieux traduire cela en mécanique de jeu.

« Halte à la croissance ? » pose indéniablement **la question de la finitude des ressources mondiales**. Ceci dit, il faut se rappeler que les ressources renouvelables n'ont pas été prises

---

<sup>39</sup> De Roose, Van Parijs, La pensée écologiste, De boeck, Bruxelles, 1991 in E. Zaccà, 2002

<sup>40</sup> Meadows Donella, Meadows Dennis, Randers Jorgen, et Behrens William, Halte à la croissance ?, Fayard, Paris, 1972

en compte dans la modélisation, à l'exception des terres cultivées, et que l'agrégation au niveau mondial gomme un élément fondamental du développement durable: **la territorialité**.

Les auteurs de « Halte à la croissance ? » ont jeté, dans leur dernier ouvrage, un nouveau regard sur la question des limites. Ils s'inspirent de la **théorie d'Herman Daly**<sup>41</sup> qui définit les limites durables de la consommation des ressources de la façon suivante :

- Pour une ressource renouvelable (Sol, eau, forêt et poisson) : sa consommation ne peut excéder sa capacité à se régénérer ;
- Pour une ressource non renouvelable : son taux de consommation ne peut excéder son taux de remplacement par une ressource renouvelable, exploitée de manière durable;
- L'émission de polluants ne peut excéder le taux d'absorption de celui-ci par un puits.

Voilà nous semble-t-il, une façon plus complète d'aborder la finitude des ressources, même si cela ne nous dit rien sur la hauteur des limites et qu'il n'est pas tenu compte de l'éco efficience.

## **2. LA QUESTION DE LA TERRITORIALITÉ**

Autant l'approche mondiale des limites de l'environnement ne pouvait nous apporter satisfaction car elle gomme trop de disparités dans les dotations et les problèmes environnementaux, autant la territorialité ne pourrait se passer d'une approche mondiale. Il est en effet tout à fait imaginable qu'un pays atteigne une durabilité dans l'utilisation de ses ressources, sources et puits, en recourant à l'importation, de façon à maintenir un niveau de consommation insoutenable pour ces avoirs naturels compte tenu des technologies du moment. Il met ainsi la durabilité d'autres pays en péril<sup>42</sup>. Cette question est indissociable de la question de l'équité, voire de l'égalité dans la consommation des ressources naturelles au niveau mondial. Nous y reviendrons.

## **3. LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION ET D'IRRÉVERSIBILITÉ**

Le principe de précaution implique une aversion au risque face à une incertitude sur les conséquences environnementales (et sociales) d'une décision.

Le principe d'irréversibilité est le miroir du principe de précaution et se veut le garant de la préservation du capital naturel.

## **4. LA QUESTION INTRA GÉNÉRATIONNELLE**

### **a. La question du centre et de la périphérie**<sup>43</sup>

- i. A l'expression Nord-Sud ou encore Pays en développement / pays développés, nous préférons l'expression « centre-périphérie » qui accentue le fait que l'essentiel des flux financiers et de marchandises se concentrent dans un nombre de pays restreints (le centre) dont certains se trouvent d'ailleurs au Sud.

---

<sup>41</sup> Daly Herman, Toward some Operational Principles of Sustainable Development, in Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers, Limits to Growth, the 30-years update, Chelsea Green, Vermont, 2004.

<sup>42</sup> Sachs Wolfgang, Loske Reinhard, Linz Manfred et al., Greening the North. A post industrial Blueprint for ecology and equity, 1998, Zed Boks, London et New York.

<sup>43</sup> Amin, Samir, Le développement inégal, Ed. de Minuit, Paris, 1973.

- ii. Nous choisissons d'aborder la question de la population sous l'angle du « centre et de la périphérie », insistant ainsi sur le fait que la démographie doit d'abord être considérée comme une question de développement. Si la question de la démographie fut très centrale dans les années 70<sup>44</sup>, elle l'est encore aujourd'hui avec la transition démographique nécessaire à finaliser entre de nombreux pays, mais aussi par rapport à une équité qu'il serait urgent d'établir en regard d'une surconsommation du Centre.

### iii. La transition démographique

La transition démographique s'est enclenchée à des degrés variables dans les pays industrialisés à partir de 1965. Jusqu'alors on pouvait parler d'une croissance surexponentielle de la population étant donné que le taux de croissance n'a fait que croître depuis 1650, moment où l'on comptait à peine 500 millions de personnes sur la terre (Meadows et al., 2004). Aujourd'hui presque toutes les régions du monde ont au moins abordé leur transition démographique même si certaines sont loin de l'avoir terminée. La transition démographique, c'est à dire une baisse du taux de croissance de la population, se définit comme une baisse de la fertilité moyenne suite à une baisse de la mortalité moyenne. Le décalage temporel entre ces deux baisses successives provoque des explosions démographiques en fonction de la durée du décalage. Les **raisons de la transition démographique** sont l'éducation (surtout pour les filles), l'emploi, les plannings familiaux, le taux de mortalité infantile, la distribution des revenus...

Nombre de pays dans l'hémisphère Sud n'ont pas encore terminé leur transition. **La population mondiale est donc supposée encore augmenter** à l'avenir. Les dernières projections selon les scénarios médians font passer la population mondiale par un maximum de 9.2 milliards en 2075 pour ensuite décliner à 8.3 en 2175 et en fin remonter vers 9 milliards en 2300<sup>45</sup>.

- iv. La question de la démographie est, comme nous l'avons dit, battue en brèche, en tant que préoccupation centrale, par la question de la croissance de la production mondiale, fortement corrélée à celle de la consommation des ressources naturelles. En effet, La croissance de la production mondiale a simplement été plus importante que la croissance démographique. Ajoutons que c'est bien la **consommation du Centre** qui pose aujourd'hui problème puisque les pays industrialisés engendrent 80% des dépenses de consommation alors qu'ils ne représentent que 20% de la population mondiale. Une nouvelle question en cache une autre. Le raisonnement posé ici nous renvoie à la fois à **l'égalité des droits dans la consommation de ressources naturelles**, concept très utilisé dans les cas du droit aux émissions de CO2 par habitant, de la dette écologique, mais aussi à la suffisance que nous traiterons plus loin.

### b. La question de l'inégalité intra territoriale

---

<sup>44</sup> Voir à ce sujet les critiques adressés à « Halte à la croissance ? »

<sup>45</sup> United Nations, Population Division, World Population in 2300, New York, 2004.

Même si c'est une vraie question et un solide message du développement durable, la question intra territoriale, qui relève de questions locales de développement durable (cf les agendas 21 locaux), n'est pas envisagée dans ce mémoire étant donné la difficulté de l'introduire dans le scénario du jeu.

#### **4. LE LOCAL VERSUS LE MONDIAL**

Nous pensons avoir traité de ces questions dans les points précédents. Il nous paraissait simplement important de reprendre cette très populaire expression.

#### **5. LA QUESTION DE L'INTERGÉNÉRATIONNELLE**

Que faut-il comprendre par « sans compromettre la capacité des générations futures de répondre à leurs (besoins) » de la définition du développement durable du rapport Brundtland ? L'utilisation du terme « besoins » est particulièrement délicate dans ce contexte puisque cela nous obligerait à définir les besoins de personnes qui ne sont pas encore nées. Certains contournent la difficulté en introduisant l'approche de la « faible durabilité » (Ph. Crabbé, 1997) qui consiste à ne pas réduire la valeur de l'ensemble du capital de production que l'on lèguera à la génération future. La « faible durabilité » suppose la substitution totale entre les facteurs de production, y compris le capital naturel. Nous ne partageons pas cette position qui nous paraît la porte ouverte à la destruction de l'environnement par une foi aveugle dans la technologie. Dès lors, la solidarité intergénérationnelle supposerait-elle une « durabilité forte » qui définit le capital naturel comme essentiel et unique ? La valeur d'usage de son stock ne pourrait donc diminuer. Une telle approche nous paraît irréaliste. Faudrait-il dès lors parler de « durabilité moyenne » ? Ça ne signifie plus grand chose... Contentons-nous de dire que le capital naturel a une valeur intrinsèque, ce qui ne veut nullement signifier qu'il n'est pas malléable mais qu'il faut, par contre, au moins respecter les trois règles de durabilité mentionnées précédemment.

#### **6. LA QUESTION DE LA POLITIQUE**

##### **a. Participation**

La participation ou la décentralisation des décisions socio écologiques est un des principes du développement durable que l'on rencontre souvent dans les textes. Philippe Crabbé en dresse les raisons ; voici celles qui ont retenu notre attention :

- Les institutions gouvernementales, généralement organisées verticalement, ne sont pas conçues pour aborder les problèmes de développement durable qui requièrent d'avantage une approche horizontale.
- **Le principe politique de subsidiarité** reconnaît plusieurs niveaux de prise de décisions. Le plus haut niveau doit assister les niveaux inférieurs et non pas l'inverse. A chaque problème correspond son niveau de décision. Le réchauffement climatique par exemple, ne peut se résoudre qu'à une échelle planétaire.

## **b. Accès différenciés aux ressources**

Une autre question liée à la politique est celle de l'accès aux ressources. Très présente dans la littérature du développement, elle ne l'est guère dans celle du développement durable. L'idée sous jacente est de dire que si un accès aux ressources est difficile « ce n'est pas seulement parce que la quantité totale de cette ressource décroît ou qu'elle se détériore » (E. Zaccai, 2002), ce peut être dû également à des facteurs d'organisations socio-politico-économiques. Il suffit de penser à la situation de la RD Congo, où tout le monde profite de ses richesses naturelles sauf les Congolais.

## **c. Indicateurs de suivi**

« Les indicateurs représentent une voie qui permet d'espérer sortir de l'indétermination du concept « contestable » de développement durable » (E. Zaccai, 2002). Ils représentent la réponse à une demande des acteurs pour des tableaux de bord du développement durable. Soyons toutefois conscient de la difficulté de résumer des situations complexes et systémiques sous forme d'indicateurs. Ils devront être accompagnés d'analyses qualitatives, tout comme les modèles qui ne peuvent se passer d'une autocritique.

Un indicateur qui nous tient particulièrement à cœur de remettre en cause est le PNB. Le PIB (équivalent du PNB sans la correction des échanges commerciaux entre le pays et le reste du monde) est calculé de trois manières différentes : il est soit la somme des valeurs ajoutées des différentes branches d'activités économiques, soit la somme des rémunérations des facteurs de production ou encore le total monétaire des consommations. Incontournable indicateur des politiques, le **PNB « admet (et contribue à faire admettre) une équation implicite faisant du bonheur une fonction de la consommation (marchande) »**<sup>46</sup>. Le développement durable ne peut se contenter de cet indicateur qui, soulignons-le, enregistre parfois positivement des destructions de l'environnement !

## **7. LE LONG TERME VERSUS LE COURT TERME**

Cette question est aussi traitée dans les points précédents. Elle fait référence à l'équité inter générationnelle.

## **8. L'INTERDÉPENDANCE DES TROIS PÔLES OU L'APPROCHE SYSTÉMIQUE**

Nous renvoyons le lecteur au chapitre de la modélisation du jeu qui explique en quoi l'approche systémique colle à l'analyse du développement durable.

## **9. LA TECHNOLOGIE COMME PARTIE DE LA SOLUTION ? OUI, MAIS AU COTÉ DE LA SUFFISANCE.**

Prenons comme point de départ la fameuse formule de Ehrlich et Ehrlich :  $I = P \times A \times T$  où :

---

<sup>46</sup> Vandermotten, Christian et Marissal Pierre, La production des espaces économiques, Tome 1, Ed. de l'Université de Bruxelles, Bruxelles, 1998.

- I = l'impact sur l'environnement
- P= la population
- A = la consommation par habitant
- T = la technologie

Ayant traité le A et le P, concentrons-nous sur le T. La technologie apparaît pour beaucoup comme la solution pour arriver à une durabilité de nos sociétés sans remettre en cause les tendances actuelles. Comment pourrait-il en être ainsi ? Grâce à la dématérialisation des produits et à l'éco-efficience.

La dématérialisation de nos sociétés est manifestement une réalité au moins dans le Centre. La part des services dans le PNB américain a explosé à partir des années 70 et ils représentent en 2000 une valeur monétaire deux fois et demie plus élevée que l'industrie (Meadows, et al., 2004). Pour certains, cette dématérialisation est cependant un leurre. D'abord parce que les services entraînent de toutes façons une consommation de ressources (pensons aux technologies de l'information), ensuite parce que l'on n'observe pas une diminution de la consommation des ressources par habitant au sein des sociétés les plus dématérialisées et, enfin, parce que tout gain d'éco-efficience se traduit souvent par une augmentation de la consommation de la ressource en question.

Intimement liée à la dématérialisation, l'éco-efficience est l'autre grand espoir de la technologie. **L'éco-efficience** est le fait d'obtenir les mêmes biens et services avec moins de flux de matières et d'énergie. Ce concept fut mis sous les feux de la rampe par le Club Facteur 10, qui, dans sa déclaration de Carmoules, invitait les entreprises à multiplier par 10 le rendement de l'énergie et des ressources utilisées. Si une telle chose est possible, une priorité des politiques de développement durable est d'accélérer **les transferts de technologies vers les pays de la périphérie** de façon à leur faire profiter des meilleurs rendements dans l'utilisation des ressources naturelles et leur permettre ainsi d'atteindre un degré de développement égal au nôtre, à supposer que nous appliquions des principes de suffisance. Car en effet, l'éco-efficience est indissociable d'un effort de réduction de la consommation du centre.

**La suffisance** est le fait d'obtenir le même bien-être à partir de moins de biens et de services. Très difficile à faire passer politiquement, il nous paraît pourtant indispensable de mettre ce message en avant, tant l'utilité marginale de la consommation de biens et services est fortement décroissante à partir d'un certain seuil. Cela nous sera par contre relativement ardu de l'introduire dans la jeu car « il n'existe, déplore Gorz, aucune norme communément acceptée de suffisant qui pourrait servir de référence à l'auto alimentation. Et pourtant celle-ci demeure la seule voie non autoritaire, démocratique, vers une civilisation industrielle éco-compatible »<sup>47</sup>. La suffisance est liée à la satisfaction des besoins. A quoi correspondent les besoins fondamentaux dont parle le rapport Brundtland, quand deviennent-ils suffisants, et quand deviennent-ils excédentaires ? Ces questions représentent un nouveau champ de recherche qui nous a paru sortir du cadre de ce mémoire. Notons cependant l'existence de deux indices qui pourrait nous inspirer pour la construction du jeu :

1. L'IDH. L'indice de développement humain mis en place par le PNUD depuis 1991 mesure la somme pondérée entre le produit monétaire en parité de pouvoir d'achat, l'espérance moyenne de vie et le taux d'alphabétisation chez les adultes.
2. L'ISEW. L'index of Sustainable Economic Welfare élaboré par Daly et Cobb combine le PNB en ajoutant des contributions non monétaires au bien-être et en retranchant des dépenses telles que militaires ou certaines de santé et les pertes de services environnementaux.

---

<sup>47</sup> Dominique Bourg, Les scénarios de l'écologie, Hachette, Paris, in E. Zaccai, 2002.

## **VI. EN RÉSUMÉ,...**

En résumé de ce chapitre, nous listons les caractéristiques et les mécanismes du développement durable que nous aimerions traiter à travers la construction d'un jeu. Ceci sera le point du chapitre suivant.

- 1. La nécessité de répondre aux besoins essentiels de tous les êtres humains ;**
- 2. L'environnement est un substrat, susceptible de modification ;**
- 3. Le développement n'exclut pas la croissance mais il en dicte la qualité ;**
- 4. Il existe des limites aux ressources naturelles mondiales ;**
- 5. Les ressources naturelles doivent aussi être étudiées sous un angle territorial ;**
- 6. La consommation d'une ressource renouvelable (Sol, eau, forêt et poisson) ne peut excéder sa capacité à se régénérer ;**
- 7. Le taux de consommation d'une ressource non renouvelable ne peut excéder son taux de remplacement par une ressource renouvelable, exploitée de manière durable;**
- 8. L'émission de polluants ne peut excéder le taux d'absorption de celui-ci par un puits ;**
- 9. Les principes de précaution et d'irréversibilité ;**
- 10. L'existence d'un centre et d'une périphérie ;**
- 11. La transition démographique est en cours;**
- 12. La population mondiale est supposée augmenter encore à l'avenir ;**
- 13. La consommation du Centre est non durable ;**
- 14. L'égalité des droits dans la consommation de ressources naturelles ;**
- 15. La solidarité intergénérationnelle est partie du développement durable ;**
- 16. La participation comme principe politique du développement durable ;**
- 17. Le principe politique de subsidiarité est essentiel pour une prise de décision efficace ;**
- 18. L'accès différencié aux ressources naturelles pour des raisons socio politico-économiques ;**
- 19. Nécessité d'avoir des indicateurs de suivi pour une politique de développement durable efficace ;**
- 20. Le PNB « admet (et contribue à faire admettre) une équation implicite faisant du bonheur une fonction de la consommation (marchande) ;**

- 21. Le long terme versus le court terme ;**
- 22. Les trois pôles du développement durable s'influencent mutuellement;**
- 23. L'éco-efficience est une voie technologique porteuse d'espoir ;**
- 24. Les transferts de technologies vers les pays de la périphérie sont nécessaires ;**
- 25. La suffisance est nécessaire, essentiellement dans le centre ;**

## ELABORATION DES MÉCANISMES ET DU SCÉNARIO DU JEU

---

Au cours du chapitre précédent, nous nous sommes efforcés de mettre à plat les caractéristiques du développement durable qu'il nous tenait à cœur de faire passer à travers un jeu. Dans ce chapitre, nous tenterons de traduire ces caractéristiques dans la mécanique et les scénarios du jeu.

Il nous a malheureusement été impossible de trouver des ouvrages scientifiques sur la création de jeu de plateau. Bien sûr, il existe une kyrielle d'articles sur les jeux vidéo ou les simulations informatiques, mais ils ne sont que d'un piètre secours quand il s'agit de créer un traditionnel jeu de plateau. C'est donc sur des personnes plutôt que sur la littérature que nous avons dû compter pour nous donner quelques pistes et autres conseils pour nous lancer dans la création du jeu.

En matière de jeu de plateau, il existe manifestement deux écoles, l'une est allemande et l'autre américaine. La première met l'accent sur le concept du jeu, sa dynamique, son mécanisme. Le thème du jeu se greffe ensuite autour de cette mécanique. Cela donne des jeux simples, courts mais originaux. L'école américaine privilégie, quant à elle, une approche par le thème, autour duquel se construit une mécanique de jeu qui tient souvent plus de la simulation. Ces jeux sont en général assez longs et dotés de règles complexes, ce qui ne les empêche pas d'être ludiques et redoutablement efficaces en matière d'éducation<sup>48</sup>.

Entre les deux écoles un champ exploratoire énorme est investi par des centaines, voire des milliers de jeux conçus bien plus sur base de l'imagination et de la culture ludique de leur créateurs plutôt que sur une base bibliographique étendue.

En tenant compte de la structure du mémoire, nous semblons plutôt nous situer dans un démarche de conception de jeu à l'américaine : nous nous sommes d'abord penché sur les caractéristiques du développement durable pour ensuite en arriver à construire une mécanique. Ceci dit, dès le moment où l'on décide de se lancer dans la création d'un jeu, on a déjà une petite idée des mécaniques que l'on souhaiterait voir apparaître. C'est bien ce qui s'est passé : le jeu a mûri à mesure que la question du contenu s'éclaircissait. **Dès lors nous préconisons l'approche suivante**<sup>49</sup> :

1. À partir des caractéristiques du développement durable, **développer les mécaniques centrales du jeu**. L'ordre de transformation des caractéristiques en mécanique de jeu sera fonction de la centralité du mécanisme plutôt que de l'importance de l'argument pour le développement durable. C'est étape est l'objet de ce chapitre.
2. **Calibrage des conditions initiales du jeu.**
3. **Calibrage du fonctionnement de base du jeu.**
4. Elaboration du contenu du jeu : ce sont les détails, la **garniture du jeu**, mais qui peuvent relever de thématiques de développement durable non négligeables, telle les migrations de population.

---

<sup>48</sup> Propos recueillis le 2 juillet 2004 au près de Ilse De Ruyter, directrice de l'équipe création de jeux chez « Informatieve Spelen Centrum »

<sup>49</sup> Faidutti, Bruno, Créer et publier un jeu de société, Casus Belli n° 107, été 1997.

5. **Simplifications itératives** de 1, 2, 3 et 4. Le but de cette démarche est de concevoir un jeu « complet » dans une première mouture, pour ensuite le simplifier afin qu'il soit JOUE. Les jeux trop longs et trop complexes sont, de fait, réservés aux joueurs acharnés et ne trouvent pas de portes d'entrée dans les milieux éducatifs formels ou informels. « Un plateau de jeu doit aujourd'hui avoir des règles simples, assimilables si possible en dix minutes, et en tout cas en moins d'une demi-heure [...] La simplification consiste à partir d'une simulation relativement complexe pour chercher ensuite des synthèses permettant de regrouper plusieurs mécanismes, et pour éliminer tout ce qui n'apporte aucun plaisir au jeu. Une autre méthode est de limiter drastiquement le matériel et la longueur des règles, de s'interdire tout pion en plus, tout dépassement d'une certaine longueur, toute exception », estime Bruno Faidutti (Fadutti, B, 1997). Cette partie n'apparaîtra que fort peu dans ce mémoire car cela nous obligerait à écrire et réécrire les mécanismes de jeu, ce qui mènerait à une consommation de papier inutile et alourdirait surtout le texte. Ce travail se fera, mais en coulisse.
6. **Ecriture des règles** (elles sont présentées en annexe numéro de l'annexe).
7. Construction du prototype
8. 4 à 6 tests avec, à chaque fois, les modifications suggérées par les résultats du test.

**Nous irons dans ce mémoire jusqu'à l'étape 6 incluse.**

## I. INTRODUCTION SUR LE JEU

Le jeu sur le développement durable est un jeu de stratégie à cinq joueurs. Il couvre certaines thématiques classiques du développement durable et vise à mettre en évidence la finitude des ressources naturelles, tant quand il s'agit de les exploiter que de montrer les limites de leurs capacités à assimiler les diverses pollutions.

Chaque joueur dirige et décide du développement d'une ville et de sa population. Les cinq villes (côtières) sont réparties sur la carte d'une île dont les paysages recèlent autant de ressources naturelles exploitables par les joueurs pour assurer le développement de leur ville et de leur population. Chaque paysage (collines, montagnes, désert, cours d'eau, mer, forêts) est un petit hexagone qui, mis bout à bout avec les autres, forment l'ensemble du paysage de l'île. Lorsqu'un joueur souhaite exploiter une ressource, il retourne l'hexagone. Cela laisse apparaître la matière première pour laquelle il reçoit une carte. Il pourra vendre celle-ci lors de la phase de commerce ou l'utiliser lors de la phase de construction.

Le but du jeu est de parvenir à un niveau de développement équilibré entre les trois piliers du développement durable pour sa ville en maximisant les points de victoire bleus, verts et rouges.

Le jeu se déroule en plusieurs tours (entre 10 et 15), dont chacun est divisé en phases :

1. Croissance de la population ;
2. Exploitation des ressources naturelles ;
3. Commerce (des matières premières, des biens de consommation et des technologies);
4. Acquisition des cartes de technologie ;
5. Construction de villes, de routes, d'écoles et fourniture de biens de consommation,... ;

6. Comptage des points de victoire ;
7. Résolution des cartes événement ;

## **II. TRANSPOSITION DES CARACTÉRISTIQUES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE EN ÉLÉMENTS DE JEU.**

### **1. IL EXISTE DES LIMITES AUX RESSOURCES NATURELLES MONDIALES.**

Le jeu prend place sur une île représentée graphiquement sur le plateau de jeu. L'île recèle des ressources naturelles renouvelables et non renouvelables. En dehors de l'île, rien n'est exploitable et il est impossible d'importer des matières premières ou des produits venus de l'extérieur de l'île. Celle-ci exprime donc symboliquement et visuellement la finitude des ressources naturelles mondiales.

### **2. L'ENVIRONNEMENT EST UN SUBSTRAT, SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION.**

Les joueurs sont amenés à exploiter les ressources naturelles pour développer leur ville et répondre aux besoins de leur population. Dès lors, l'environnement se modifie ; il n'est pas sacralisé au point qu'il faille le conserver en l'état original. Cette modification de l'environnement est aussi visuelle puisque l'île – composée au départ d'environ 150 hexagones représentant différents types de paysages - se transforme à mesure que les joueurs exploitent les paysages derrière lesquels se cachent des ressources naturelles. En effet, dès qu'un joueur décide d'exploiter une ressource naturelle (pour autant qu'il en ait les capacités techniques de le faire), il retourne l'hexagone qui laisse alors apercevoir sur son verso, la ressource exploitée, c'est-à-dire la matière première. Ainsi, à mesure de l'avancement de la partie, le paysage de l'île se modifie complètement.

### **3. LES RESSOURCES NATURELLES DOIVENT AUSSI ÊTRE ÉTUDIÉES SOUS UN ANGLE TERRITORIAL.**

La territorialité est un élément important dans la stratégie des joueurs, dans le sens où chacun exploite d'abord les ressources naturelles qui se situent directement autour de sa ville. Pour exploiter des ressources plus éloignées, les joueurs doivent construire des routes. La dotation initiale en ressources naturelles dans les environs immédiats de la ville devient donc une contrainte forte pour répondre aux besoins de la population.

D'autre part, certaines pollutions, comme les déchets, doivent trouver une solution locale.

Il est possible, enfin, dans une phase de commerce, d'acquérir des biens d'autres joueurs et d'importer ainsi des ressources naturelles qui viennent « d'ailleurs ». Le joueur qui recourt à cette importation devra comptabiliser les résultats économiques, environnementaux et sociaux de cet acte dans ses propres points de victoire.

### **4. NÉCESSITÉ D'AVOIR DES INDICATEURS DE SUIVI POUR UNE POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE EFFICACE.**

Si le jeu se veut semi coopératif - à savoir que certaines crises aiguës devront être traitées par la coopération de tous les joueurs ; il n'y a qu'un gagnant à l'issue du jeu.

Pour gagner le joueur doit posséder à l'issue des 10 à 15 tours de jeu, le maximum de points de victoire rouges, verts et bleus. Les points rouges représentent l'avancement du

développement social de la population du joueur ; les verts, la bonne gestion environnementale et les bleus, la valeur économique du développement.

S'il est possible, en théorie, de gagner la partie en accumulant un maximum de points bleus, les conséquences sociales et environnementales se feront sentir de différentes manières. De toute façon- (sans s), le jeu sera calibré de façon à faire de cette stratégie, une option difficile.

#### Remarques :

a. Il est toujours possible de modifier le mécanisme de points de victoire pour insister sur l'un ou l'autre point au moment de la discussion pédagogique de fin de partie. On peut, par exemple, jouer uniquement avec les points bleus et observer les conséquences désastreuses de cette politique. Ou encore imposer au joueur, un- équilibre entre les trois couleurs,...

b. La discussion pédagogique de fin de partie se veut aussi une opportunité pour attirer l'attention sur l'un ou l'autre point- du développement durable qui serait passé inaperçu au cours de la partie. C'est typiquement le cas de ce point-ci qui mérite une discussion pédagogique post jeu – Faut-il cette phrase.

c. Les points de victoire (bleus, verts et rouges) sont calculés suivant la méthode du PNB de la somme des valeurs ajoutées. Exemple : la construction d'une route implique l'utilisation de bois de valeur économique ajoutée 10 (points bleus = 10) et d'énergie également de 10. La route vaudra 25 de points de victoire bleus (10 + 10 + 5 de valeur ajoutée pour la construction de la route). Le même raisonnement s'applique aux points de victoire rouges et verts. On parle bien du PNB et pas du PIB dans la mesure où il est tenu compte des importations et des exportations dans la comptabilisation des points de victoire.

#### **5. LE PNB « ADMET (ET CONTRIBUE À FAIRE ADMETTRE) UNE ÉQUATION IMPLICITE FAISANT DU BONHEUR UNE FONCTION DE LA CONSOMMATION (MARCHANDE) ».**

Cette affirmation est en partie illustrée par le mécanisme des points de victoire, mais il devra surtout faire l'objet d'une attention particulière lors de la discussion pédagogique post-jeu.

Ajoutons que les priorités (imposées par les règles du jeu) des joueurs sont de nourrir leur population, la loger et l'instruire et ce, indépendant de la situation des points de victoire.

#### **6. LE DÉVELOPPEMENT N'EXCLUT PAS LA CROISSANCE MAIS IL EN DICTE LA QUALITÉ.**

Même remarque qu'au point précédent.

#### **7. LES TROIS PÔLES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE S'INFLUENCENT MUTUELLEMENT.**

Déoulant immédiatement de la mécanique des points de victoire, chaque action des joueurs a des conséquences sur les trois pôles du développement durable par une comptabilisation de l'action en termes de points de victoire. La production de voitures individuelles pour satisfaire les besoins de mobilité est, par exemple, comptabilisée en terme de points rouges, verts et bleus.

## **8. LA CONSOMMATION D'UNE RESSOURCE RENOUVELABLE NE PEUT EXCÉDER SA CAPACITÉ À SE RÉGÉNÉRER.**

Les ressources renouvelables disponibles sur l'île sont :

- Les forêts ;
- L'eau douce ;
- La terre (symbolisées par les collines) disponible pour la production agricole et le pâturage ;
- Les poissons ;

Le principe du temps de régénération étant facile à comprendre, il nous fallait mettre en place un mécanisme à la fois simple et frappant pour les imaginations. Voilà nos propositions (avant les tests) :

### 8.1. Les forêts :

Lorsqu'un joueur a l'occasion d'exploiter une ressource forestière, il a le choix entre deux types d'exploitations.

→ L'exploitation responsable lui fournit une carte matière première 'bois' par tour de jeu. Visuellement, l'hexagone de forêt est retourné et laisse apparaître une forêt gérée, plus ordonnée.

→ L'exploitation rapide dans l'optique de maximiser les revenus de matières premières à court terme fournit au joueur six cartes matière première 'bois' immédiatement. Visuellement, l'hexagone de forêt est remplacé par une colline qu'il est alors possible de mettre en agriculture.

### 8.2. L'eau douce

L'eau douce provient soit d'un pompage sur les cours d'eau et les retenues d'eau, soit d'un pompage des nappes phréatiques.

→ Nappes phréatiques

Les nappes phréatiques sont situées sous certaines montagnes. Elles ne sont mises à jour que lorsque le joueur décide d'exploiter la montagne. Le système d'exploitation de l'eau douce est basé sur la même technique que celle des forêts. Soit le joueur opte pour une exploitation durable et reçoit une carte eau par tour de jeu, soit il opte pour un pompage massif et total et reçoit 6 cartes eau. Dans ce dernier cas de figure, l'hexagone est remplacé visuellement par une nappe à sec.

→ Cours d'eau

Le joueur qui décide d'exploiter un cours d'eau pour l'alimentation de la ville en eau reçoit une carte eau par tour de jeu. Il se peut que ce pompage doive être arrêté suite à une carte événement que le joueur aurait pêchée. Cette carte demande au joueur de stopper tout pompage si un barrage est construit en amont du cours d'eau. Par ailleurs, il ne peut y avoir que 5 pompes sur le même cours d'eau.

### 8.3. La terre

La terre, symbolisée par les collines, est disponible pour la production agricole ou le pâturage pour la production de viande.

→ Production agricole :

La production agricole est de deux types : la production agricole « durable » et la production agricole intensive à base d'intrants chimiques et de machines agricoles à haute productivité.

La production « durable » : le joueur qui a l'accès à un hexagone colline met en culture en retournant l'hexagone, qui laisse alors entrevoir des champs entrecoupés de bocages. S'il choisit cette option il aura droit à une carte blé par tour de jeu.

La production « intensive » implique au préalable l'achat de la carte technologie agricole, qui a un coût économique, environnemental et social. La carte n'est valable que pour un seul hexagone et fournit au joueur deux cartes blé pendant 4 tours (la carte technologie est à chaque tour défaussée). Visuellement l'hexagone est remplacé par un champ de type culture intensive.

→ Production animalière :

L'important était ici d'illustrer la charge environnementale de production de viande. Il faut trois hexagones colline pour produire une carte viande. Ils sont remplacés visuellement par des pâturages.

### 8.4. Poissons

L'exploitation des réserves halieutiques est similaire à celle des terres.

L'exploitation « durable » : le joueur qui a l'accès à un hexagone mer l'exploite en le retournant simplement, ce qui laisse entrevoir la vie sous-marine. S'il choisit cette option, il aura droit à une carte poisson par tour de jeu.

L'exploitation « intensive » des réserves halieutiques implique au préalable l'achat de la carte technologie poissons qui a un coût économique, environnemental et social. La carte n'est valable que pour un seul hexagone mer et fournit au joueur deux cartes poissons pendant 4 tours (la carte technologie est à chaque tour défaussée). Visuellement l'hexagone est remplacé par une mer « grise ».

## **9. LE TAUX DE CONSOMMATION D'UNE RESSOURCE NON RENOUVELABLE NE PEUT EXCÉDER SON TAUX DE REMPLACEMENT PAR UNE RESSOURCE RENOUVELABLE, EXPLOITÉE DE MANIÈRE DURABLE.**

Les ressources non renouvelables sont de deux types dans le jeu : le minerai et le pétrole.

### 9.1. Principe de découverte des ressources naturelles non renouvelables

Dans la réalité, il est difficile de prévoir quelle quantité de ressources sera disponible tant que l'exploitation n'a pas commencée. C'est un peu comme si le volume de production dépendait d'un hasard géologique qui aurait formé à tel endroit plus ou moins de ressources. Ce principe est traduit dans le jeu par l'utilisation d'un dé : lorsqu'un joueur décide d'exploiter une montagne ou un désert, il retourne l'hexagone qui laisse percevoir soit du pétrole, soit du minerai. La quantité de chaque ressource qu'il pourra exploiter sera fonction du dé. Si

celui-ci indique un, il en retirera une carte minerai ou une carte pétrole selon ce que l'hexagone laisse apercevoir.

Rappelons que les cartes matières premières mentionnent les valeurs ajoutées économiques, les impacts environnementaux et sociaux éventuels sous forme de points de victoire bleus, verts ou rouges.

### 9.2. L'exploitation du minerai présent dans les paysages de montagnes

Comme il nous est aujourd'hui difficile d'imaginer une société fonctionnant sans minerai, il n'y a pas de raison de faire intervenir un facteur de remplacement. Par contre, il est possible, grâce aux cartes d'éco technologie, de réduire l'utilisation de minerai dans l'industrie (voir point ad hoc ci-dessous). Lorsque le joueur tombe sur un gisement de minerai, il tirera le dé pour connaître le nombre de cartes minerai (acier) auquel il a droit

### 9.3. L'exploitation du pétrole

Le pétrole est potentiellement présent sous les hexagones de désert et de mers. Si le joueur a de la chance en choisissant d'explorer les dessous d'un désert ou d'une mer, il tirera le dé pour connaître le nombre de cartes pétrole auquel il a droit.

L'énergie fournie par le pétrole peut être remplacée par l'installation d'éoliennes sur des terres peu bio productives ou de barrages hydroélectriques sur des cours d'eau (voir plus loin pour le fonctionnement).

## **10. L'ÉMISSION DE POLLUANTS NE PEUT EXCÉDER LE TAUX D'ABSORPTION DE CELUI-CI PAR UN PUIT.**

La pollution est une conséquence d'une action de jeu. Elle n'est pas une action en soi. Or, nous ne connaissons pas à l'avance quelles stratégies les joueurs utiliseront pour maximiser les points de victoire. Dès lors, nous avons opté pour l'introduction de la pollution via des cartes événement de type « si vous avez fait ceci ou cela, vous devez en assumer les conséquences et... ». Ceci étant dit, rappelons que les pollutions induites par les actions sont également comptabilisées en terme de points de victoire verts.

Quelques exemples de cartes événement véhiculant une notion de pollution.

→ Pollution globale : carte réchauffement climatique: voir point « La participation comme principe politique du développement durable ».

→ Pollution locale : pollution des eaux par les intrants de l'agriculture intensive : le joueur qui pêche cette carte perd un hexagone d'eau.

→ Pollution locale : la carte déchets force son détenteur à construire un hôpital si il ne l'a déjà fait et à gérer les déchets.

## **11. LA NÉCESSITÉ DE RÉPONDRE AUX BESOINS ESSENTIELS DE TOUS LES ÊTRES HUMAINS.**

Une des règles du jeu est que les joueurs doivent d'abord nourrir et loger leur population avant de pouvoir entamer d'autres types d'actions. Or, la population des joueurs continue de croître de manière exponentielle tant que ceux-ci n'ont pas construit d'écoles (voir plus loin). Les joueurs chercheront donc à couvrir les besoins de leur population en logement, alimentation et éducation, qui sont trois besoins essentiels.

Par ailleurs aucun joueur ne peut « construire » au-delà de l'alimentation, du logement et de l'éducation tant que des joueurs n'ont pas encore nourri entièrement leur population. Ce point entraîne une solidarité des joueurs les mieux placés afin de « tirer » les moins nantis vers un stade minimal de développement.

## **12. LES PRINCIPES DE PRÉCAUTION ET D'IRRÉVERSIBILITÉ.**

Seul le principe d'irréversibilité intervient dans le jeu. Des exemples de destruction irréversible de l'environnement ont déjà été explicités.

## **13. L'EXISTENCE D'UN CENTRE ET D'UNE PÉRIPHÉRIE.**

L'existence d'un centre et d'une périphérie se traduit dans le jeu par les conditions initiales des joueurs (voir partie « premier calibrage des conditions initiales »). Certains joueurs ont plus de population à nourrir et à loger, ce qui leur confère un retard par rapport aux autres. Si l'on désire insister sur ce point, il est aussi imaginable d'octroyer des points de victoire bleus à certains joueurs, ce qui équivaut à les doter de ressources financières supérieures, donc d'une avance dans le jeu. C'est une option que nous n'étudierons cependant pas dans le présent travail.

## **14. LA TRANSITION DÉMOGRAPHIQUE EST EN COURS ET LA POPULATION MONDIALE EST SUPPOSÉE AUGMENTER ENCORE À L'AVENIR.**

Les populations des joueurs continuent à croître exponentiellement tant que ceux-ci n'ont pas construit des écoles. En effet, l'éducation explique pour beaucoup la transition démographique. La croissance de la population est exponentielle : le joueur qui a moins de 10 pions, se voit rajouter un pion à chaque tour de jeu, celui qui a plus de 10 et moins de 20, se voit attribuer deux pions supplémentaires à chaque tour et ainsi de suite...

## **15. LA CONSOMMATION DU CENTRE EST NON DURABLE.**

Ce point n'apparaît pas directement dans le jeu étant donné que celui-ci est calibré pour favoriser les comportements durables via la mécanique des points de victoire des trois couleurs. Par contre, il est proposé aux joueurs de construire des produits et services non durables dont les conséquences apparaîtront en terme de points de victoire verts et sous forme de cartes événement.

## **16. L'ÉGALITÉ DES DROITS DANS LA CONSOMMATION DE RESSOURCES NATURELLES.**

Le jeu ne contient ni le concept de la propriété privée, ni celui de pays. Les pays qui ont des conditions initiales favorables arriveront les premiers à exploiter les ressources de l'intérieur de l'île, mais à priori rien ne leur donne un droit d'exploitation. C'est au cours de la discussion post jeu que ce point d'apprentissage apparaîtra le plus clairement.

## **17. LA SOLIDARITÉ INTERGÉNÉRATIONNELLE EST UN PRINCIPE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE.**

Comme nous l'avons signalé au cours du chapitre précédent, c'est par la gestion durable des ressources naturelles que ce principe est traduit dans le jeu.

## **18. LA PARTICIPATION COMME PRINCIPE POLITIQUE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE.**

La participation citoyenne n'apparaît pas dans cette mouture du jeu. Cependant, certains éléments imposent la résolution par la participation de tous les joueurs, ce qui en fait un jeu semi coopératif (voir point suivant).

## **19. LE PRINCIPE POLITIQUE DE SUBSIDIARITÉ EST ESSENTIEL POUR UNE PRISE DE DÉCISION EFFICACE.**

Le principe de subsidiarité est véhiculé par la nécessité de coopération entre les joueurs. C'est au plus haut niveau que se règlent des problèmes majeurs d'alimentation de populations entières ou de crises globales. Seule la participation de tous peut en venir à bout. Citons deux exemples dans le jeu :

Aucun joueur ne peut « construire » au-delà de l'alimentation, du logement et de l'éducation tant que des joueurs n'ont pas encore nourri entièrement leur population.

Les crises globales comme celle du CO2 (réchauffement climatique) imposent de réduire drastiquement la consommation d'énergie fossile sinon tous les joueurs perdent un hexagone de terres cultivées. A ce moment, la coopération entre tous les joueurs pour trouver une stratégie de sortie de crise devient nécessaire.

## **20. L'ACCÈS DIFFÉRENCIÉ AUX RESSOURCES NATURELLES POUR DES RAISONS SOCIO POLITICO-ÉCONOMIQUES.**

Ce point est le miroir du point 16.

## **21. LE LONG TERME VERSUS LE COURT TERME.**

Ce principe est clairement traduit dans le jeu dans le sens où les joueurs ont l'urgence de nourrir leur population et de les loger (court terme) mais sont amenés à gérer les ressources naturelles sur le long terme (principe de solidarité intergénérationnelle).

## **22. LA TECHNOLOGIE, TANTÔT ÉCO EFFICIENCE, TANTÔT DESTRUCTRICE D'ENVIRONNEMENT.**

Les cartes technologie ne sont accessibles que lorsque le joueur a construit des écoles. Cependant, rien n'empêche un joueur d'acheter une carte technologie à un autre joueur, plus avancé en la matière (cette opération s'assimile donc à un transfert de technologie (voir infra)). Chaque carte a un coût économique, social et environnemental. En voici quelques exemples.

La carte technologie agricole représente le coût d'investissement et le fonds de roulement nécessaire à la production agricole de type « intensive ». Elle a donc un coût économique, mais aussi environnemental et social dans la mesure où l'agriculture intensive a fortement modifié le paysage social rural.

La carte éoliennes se présente sous forme d'hexagone placé sur la carte de l'île à un endroit inexploité, en général peu bio productif. Elle confère au joueur une carte énergie par tour de

jeu. Evidemment, elle a un coût économique (contrairement à l'exploitation du pétrole) mais remporte des points en termes social et environnemental.

La carte technologie éco efficiente n'est utilisée que dans la phase de la production et non dans celle de l'exploitation des ressources. Elle permet au joueur qui l'achète de réduire de moitié (à tester) l'utilisation de matières dans la production de biens commerciaux. Elle ne s'applique donc pas par exemple, à l'eau et à l'énergie qu'il faut fournir à la ville. Dans ce cas, on pourrait imaginer une carte sensibilisation ce qui de surcroît, illustrerait le point 15. « La consommation du centre est non durable ».

La carte barrage hydroélectrique se place sur un cours d'eau qui n'en possède pas. Elle engendre dans le chef du joueur une carte d'énergie par tour de jeu.

La carte technologie poissons fonctionne suivant la même logique que la carte technologie agricole.

### **23. LES TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES VERS LES PAYS DE LA PÉRIPHÉRIE SONT NÉCESSAIRES.**

Les transferts de technologies se déroulent via une carte solidarité, qui impose au joueur qui l'a pêchée d'aider un joueur en mauvaise position (par le transfert de marchandises ou de technologies). Les transferts de technologies peuvent aussi s'opérer durant la phase de commerce, où un joueur qui n'a pas encore construit toutes les écoles nécessaires pour stopper la croissance de la population, peut acheter à un autre joueur la carte éco efficacité ou énergies renouvelables.

### **24. LA SUFFISANCE EST NÉCESSAIRE, ESSENTIELLEMENT DANS LE CENTRE.**

Ce point est le pendant du point 15. La mécanique du jeu amène les joueurs à restreindre leur consommation de produits et services non durables.

## **III. CONCLUSION DU CHAPITRE**

Nous pensons avoir traduit dans ce chapitre une grande partie des caractéristiques du développement durable étudiées précédemment en une mécanique fondamentale de jeu. Seuls les tests pourront nous dire avec fiabilité si ces caractéristiques passent au travers du jeu et si elles entraînent une réflexion susceptible de modifier des comportements.

Il nous reste à calibrer les pions de populations et les ressources naturelles pour que cette mécanique de jeu maximise les chances de faire passer les messages identifiés. Le reste de l'élaboration du jeu (les détails, la garniture) se réalisera en fin de travail sur base de quelques documents ; l'ensemble (mécanique et « garniture ») sera évidemment retranscrit dans les règles de jeu.

# CALIBRAGE DES CONDITIONS INITIALES DE JEU

---

## I. INTRODUCTION

*Comment déterminer les conditions initiales de chaque joueur dans le jeu ?*

On pourrait les déterminer de manière aléatoire en fixant à priori des quantités de pions de population pour chaque joueur, le nombre de ressources à proximité de leur ville, le nombre de ressources totales sur l'île, etc. L'étape suivante serait alors de mener de nombreux tests pour arriver à déterminer **quelles sont les conditions initiales les plus appropriées pour faire passer les messages pédagogiques que nous avons sélectionnés** au cours des chapitres précédents.

Il nous a cependant semblé préférable dans le cadre d'un mémoire d'aborder la question sur base de la littérature scientifique. **L'idée est donc de prendre des données réelles de pays et de les transposer en conditions initiales de jeu. De cette manière, nous espérons réduire le nombre de tests nécessaires et proposer une meilleure méthodologie pour la construction d'un jeu de ce type** que si celui-ci était conçu sur base d'une pure vue de l'esprit.

## II. MÉTHODOLOGIE DU CHAPITRE

Si l'objectif de ce chapitre est donc bien de **déterminer des conditions initiales de jeu basées sur des données réelles, le chapitre suivant testera, quant à lui, ces conditions initiales et la mécanique de jeu par rapport à nos objectifs pédagogiques**. Elles seront par conséquent éventuellement modifiées si cela s'avère nécessaire d'un point de vue pédagogique.

**L'essentiel du calibrage des conditions initiales est basé sur la notion de bio capacité** des différentes ressources naturelles renouvelables des pays. La bio capacité des différentes surfaces bio productives est la base du calcul de l'empreinte écologique des pays. Après une explication de l'empreinte écologique et des calculs des bio capacités, nous justifions notre choix par rapport au jeu. Viendra l'heure des critiques du concept de l'empreinte écologique, souvent décrié dans la presse scientifique. Nous finirons le chapitre par sa raison d'être : la calibration des conditions initiales.

## III. L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE

D'après certains auteurs<sup>50</sup>, le calcul le plus abouti de l'empreinte écologique revient à Mathis Wackernagel<sup>51</sup>. Sa méthodologie est à vrai dire entièrement reprise par le WWF dans son rapport « Planète Vivante 2002 » auquel il a d'ailleurs participé et sur lequel nous basons une grande partie de ce chapitre. S'il nous est impossible de donner l'ensemble de la méthodologie, il nous a semblé utile d'en donner les éléments principaux.

### 1. DÉFINITION ET EMPREINTE ÉCOLOGIQUE EN 1999.

---

<sup>50</sup> Meadows D., Randers J., Meadows D., Limits to Growth, The 30-years update. Vermont, Chelsea Green, 2004.

<sup>51</sup> Wackernagel M. et al., Ecological Footprints of Nations : How Much Nature do They Use ? How Much Nature Do They Have. Mexico, Center for Sustainability Studies, 1997 in Meadows, 2004.

**L’empreinte écologique mesure la quantité de productivité biologique de la Terre qu’une population humaine (mondiale, d’un pays, ...) consomme au cours d’une année donnée.** Elle compare donc la consommation des ressources naturelles renouvelables et la capacité biologiquement productive de la nature. Une troisième et dernière façon de l’exprimer est de dire que l’empreinte écologique est la surface totale requise pour produire la nourriture et les fibres qu’une population donnée consomme, pour répondre à sa consommation d’énergie et pour fournir l’espace nécessaire à son infrastructure<sup>52</sup>. En d’autres termes, cet indicateur vise à mesurer si une population avec ses dynamiques de production et de consommation dépasse ce que la Terre peut offrir.

Remarquons déjà que l’empreinte écologique ne tient pas compte de l’épuisement des ressources non renouvelables, phénomène qui intervient par contre dans le déroulement du jeu.

L’empreinte écologique de la population humaine mondiale en 1999 était de 13,7 milliards d’hectares, soit 2,3 hectares globaux<sup>53</sup> par personne. Or, la capacité de la Terre calculée la même année était d’environ 11,4 milliards d’hectares, soit 1,9 hectares globaux par personne ou encore un peu plus du quart de la surface totale (en effet le reste, désert, calotte glaciaire, océans, a une productivité faible). La conclusion est limpide et effrayante : **la consommation humaine des ressources naturelles (renouvelables) a dépassé en 1999 la capacité biologique de la terre de 20%!** (WWF Fonds Mondial pour la Nature, 2002 : 4).

## 2. COMPOSITION DE LA BIO CAPACITÉ D’UNE SURFACE ET DE L’EMPREINTE ÉCOLOGIQUE

**La bio capacité globale, sur laquelle l’empreinte se marque, est composée de 5 types de surfaces** (WWF Fonds Mondial pour la Nature, 2002 : 31) :

1. Les surfaces des **terres cultivées** : elles sont estimées par la FAO à environ 1,5 milliards d’hectares ;
2. Les surfaces des **pâturages** : elles sont estimées à 3,5 milliards d’hectares par la FAO ;
3. Les surfaces des **forêts naturelles ou artificielles** : la FAO estime qu’il y a, à travers le monde, 3,8 milliards d’hectares de forêts.
4. Les surfaces de **pêches** sont les zones de haute productivité situées sur les plates-formes continentales. Ces zones fournissent 95% de la capture marine et pourtant ne représentent que 2 milliards d’hectares sur les 36,3 milliards d’hectares d’océan dans le monde. A cela il faut ajouter les 0,3 milliards d’eaux intérieures.
5. Les surfaces d’**infrastructures** représentent les terrains construits (logements, transports, productions industrielles et production d’énergie hydroélectrique) qui s’élèvent à peu près 0,3 milliards d’hectares.
6. Les surfaces d’**énergies** : elles sont calculées de différentes manières suivant le type d’énergies considéré :
  - La combustion des combustibles fossiles est traduite en surface de deux manières. La première consiste à calculer la surface biologiquement productive nécessaire à absorber le CO<sub>2</sub> émis de façon à éviter toute augmentation de son taux dans l’atmosphère et en tenant compte que 35% du CO<sub>2</sub> dus à la

---

<sup>52</sup> WWF Fonds Mondial pour la Nature, Rapport « Planète Vivante » 2002. Gland, WWF, 2002.

<sup>53</sup> Voir définition infra.

combustion des énergies fossiles sont, quoi qu'il arrive, absorbés par les océans<sup>54</sup>. L'autre façon est de calculer la surface biologiquement productive dont la combustion donnerait la même quantité d'énergie que celle fournie par les énergies fossiles. Cette deuxième méthode de conversion totale en bois de chauffage semble donner les mêmes résultats que la première.

- L'empreinte de l'énergie nucléaire est calculée de la même manière que pour les combustibles fossiles.
- L'empreinte de l'énergie hydraulique est la surface occupée par les barrages et les réservoirs.

La bio capacité totale est, après conversion des différentes surfaces en hectares globaux, l'addition que des 5 premiers types de surface. Il n'y a donc pas de calcul de bio capacité énergie. Un tel calcul serait en effet soumis au bon vouloir de trop d'hypothèses. L'empreinte écologique est par contre, l'addition des consommations anthropiques des 6 types de surfaces.

**Les prélèvements en eau douce** pour l'agriculture, l'industrie et l'usage domestique **ne sont pas inclus dans le calcul de l'empreinte écologique**. Cependant, le rapport du WWF les présente pays par pays, ce qui nous sera bien utile pour le calibrage des ressources en eau douce du jeu.

### 3. CALCUL DE LA BIO CAPACITÉ ET HECTARE GLOBAL

La question qui se pose est la suivante :

*Comment est-il possible de convertir des surfaces de natures différentes (pâturages, terres cultivées, forêts) et de rendements variables d'un endroit à l'autre, en une seule unité commune, l'hectare global, que l'on peut dès lors additionner à sa guise ?*

Le calcul procède en trois étapes :

1. la moyenne des productivités primaires de la biomasse d'une surface, par exemple les pâturages, est mise en relation avec la moyenne mondiale de la productivité primaire de la biomasse totale pour une année donnée, grâce à un facteur d'équivalence. Par exemple, un hectare de pâturage a un facteur d'équivalence de 0,47 car en moyenne un hectare de pâturage a une productivité primaire de moitié inférieure à la productivité moyenne des hectares bio productifs de la surface de la Terre.
2. Les différentiels de productivité d'un même type de surface à travers les pays sont pris en compte grâce au facteur de rendement. Un hectare de pâturage en Nouvelle Zélande produit ainsi deux fois plus de viande qu'un hectare de pâturage en Jordanie. Il aura un facteur de rendement deux fois plus élevé, mettons 2.
3. Pour calculer la bio capacité d'un pays, on multiplie les cinq types de surfaces de la nation par leur facteurs d'équivalence (un facteur pour chaque de type de surface ; ils sont constants à travers tous les pays) et ensuite par le facteur de rendement de chacune des surfaces (les facteurs de rendement sont donc

---

<sup>54</sup> Groupe Intergouvernemental pour l'étude du changement climatique (GIEC), Climate Change 2001 : The Scientific Basis, Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

propres au pays). Ainsi un hectare de pâturage en Nouvelle-Zélande est multiplié par le facteur d'équivalence 0,47 et ensuite par 2 dans notre exemple. Cet hectare de pâturage vaut donc 0,94 hectare global en Nouvelle-Zélande, alors qu'il ne vaut plus que 0,47 dans le cas jordanien<sup>55</sup>. Après conversion en hectares globaux, les 5 surfaces bio productives sont additionnées pour donner la bio capacité totale.

Un hectare global se définit donc comme un hectare d'espace biologiquement actif avec pour productivité, la moyenne mondiale.

#### 4. POURQUOI UTILISER LES BIO CAPACITÉS POUR LE CALIBRAGE DU JEU ?

Deux raisons expliquent ce choix, une première, fondamentale ; une seconde, accessoire pour le calibrage mais centrale pour la pédagogie.

1. Le recours aux bio capacités des surfaces en hectares globaux est une aubaine pour la calibration du jeu sur base de données réelles. Sans elles, nous aurions dû calculer nous-même les facteurs de conversion et de rendement pour obtenir une distribution des ressources naturelles renouvelables entre les pays choisis dans le jeu (voir infra) qui soit proportionnellement réaliste. Soyons honnêtes, nous n'y serions jamais arrivés... Mais voilà que nous avons à notre disposition, une unité commune, l'hectare global, qui permet de comparer en termes de surfaces bio productives, les rendements d'une forêt au Brésil avec un pâturage en Belgique! Or, **nous travaillons non pas en hectares globaux, mais en hexagones ce qui, toutes proportions gardées, est exactement la même chose.** Il nous suffit dès lors de transposer des hectares globaux en hexagones et ainsi accorder 6 hexagones de jeu pour, par exemple, 10 km<sup>2</sup> de forêts amazonienne contre un seul pour 10 km<sup>2</sup> de campagne belge. Nous pouvons le faire car cela a un sens en terme de bio productivité de ces espaces naturels.
2. **L'empreinte écologique est ensuite une notion extrêmement facile à comprendre** : c'est une notion visuelle, impressionnante, car aujourd'hui effrayante, et par laquelle il est possible d'entrevoir rapidement ce que pourrait vouloir dire (en tout cas pour les aspects environnementaux et économiques) un « développement durable ». Gardons-nous cependant de tout amalgame, le développement durable ne pourrait se réduire à l'empreinte écologique qui n'aborde pas les aspects sociaux. Les besoins essentiels, chers au rapport Brundland sont par exemple totalement absents du concept. La force pédagogique de l'empreinte écologique est mise aujourd'hui en avant par nombre de sites d'éducation relatif à l'environnement qui proposent à l'internaute de calculer sa propre empreinte écologique et de déterminer le nombre de planètes nécessaires si tout le monde vivait comme lui. Certaines critiques de l'empreinte écologique n'hésitent pas également à affirmer que la valeur du concept est surtout pédagogique avant d'être une manière scientifique de déterminer la durabilité de nos sociétés actuelles. « C'est moins une mesure scientifique qu'une manière d'éveiller le public et les politiques »<sup>56</sup>.

---

<sup>55</sup> Ces chiffres sont purement fictifs puisque les facteurs de rendement ont été fixés totalement aléatoirement pour faciliter l'exemple.

<sup>56</sup> van Kooten, G.C. and E.H. Bulte, The Ecological Footprint: Useful Science or Politics?, Ecological Economics, n°32, Mars 2000, p385.

## Remarques méthodologiques et transpositions éventuelles dans le jeu

- L’empreinte écologique est basée sur 7 hypothèses qui ne présentent pas d’intérêt à être reprises ici, sauf la dernière. Celle-ci précise que la demande en surfaces peut être supérieure à la surface disponible comme par exemple, dans le cas d’une forêt exploitée au double de sa capacité de régénération, situation qui serait alors représentée par une empreinte du double de la surface de la forêt. La toute première mouture du jeu ne prenait pas cet aspect d’exploitation avec ou sans dépassement écologique. Bien que cela induira une nouvelle complication dans le jeu, le message pédagogique véhiculé nous paraît trop important pour pouvoir en faire l’économie.
- L’empreinte écologique sous-estime la pression humaine sur la nature, notamment parce qu’elle ne prend pas en compte l’utilisation de matériaux que la biosphère est incapable d’assimiler, tel que les CFC ou encore les processus qui endommagent la biosphère de façon irréversible, telles l’extinction des espèces ou tout simplement l’exploitation des ressources non renouvelables. Le jeu prend en compte l’épuisement des ressources non renouvelables et les dommages causés à la biodiversité par l’exploitation non durable des forêts.
- La demande sur les terres cultivées ne tient non plus pas compte des dommages à long terme causés par l’agriculture : érosion des sols, pollution des nappes phréatiques par les intrants chimiques, etc. Ses aspects interviennent par contre dans le jeu : l’agriculture intensive qui peut être un choix des joueurs, soumet les terres à un tel régime qu’elles ne tiennent guère plus de quatre tours de jeu.
- L’empreinte de chaque pays est calculée en fonction de la comptabilité nationale c’est à dire qu’on prend en compte la production nationale à laquelle on soustrait les exportations et rajoute les importations. Le calcul de l’impact écologique dans le jeu se calcule (sur base des points de victoire verts) après la phase de commerce, c’est-à-dire que les importations sont comptabilisées chez le joueur acheteur, tel que le suggère le calcul de l’empreinte écologique. On peut également imaginer un calcul de l’empreinte écologique de tous les joueurs confondus en fin de partie, mais dans ce cas, les ajustements des importations et exportations n’importent plus.

## 5. CRITIQUES DE L’EMPREINTE ÉCOLOGIQUE ET TRANSPOSITIONS ÉVENTUELLES DANS LE JEU.

Tout une littérature s’est attachée à démontrer les failles scientifiques de l’empreinte écologique ; nous reprenons ici les critiques principales rassemblées dans un rapport publié en 2002 par l’Institut for Miljøvurdering<sup>57</sup>. Il faut savoir également que le directeur de cet Institut n’est autre que Lomborg, ce qui devrait aider à relativiser certaines critiques...

La première critique est bien sûr que l’empreinte énergétique est **une vue statique de la situation écologique du monde**. Bien que certaines projections soient faites en fin de rapport (elles sont d’ailleurs basées sur le modèle « World 3 »), on ne peut pas dire que l’empreinte écologique en tant que telle permette des considérations sur l’avenir. Ceci est d’autant plus vrai que ce concept est basé sur le principe de durabilité forte qui implique une non substitution entre le capital naturel et les autres types de capitaux. Les seules solutions lors du dépassement de la bio capacité de la Terre ne peuvent être alors que de réduire la consommation ou travailler sur l’éco-efficacité de la production. La durabilité forte lui donne

---

<sup>57</sup> Institut for Miljøvurdering, Assessing the Ecological Footprint, A Look at the WWF’s Living Planet Report 2002, Institut for Miljøvurdering, København, 2002.

donc un air alarmiste, surtout lors des projections qui prévoient un effondrement du système vers 2050.

En fait, la question de la durabilité forte et donc des critiques se posent surtout dans le calcul de l'empreinte énergétique. Certaines critiques méritent d'être mentionnées (Institut for Miljovurdering, 2002 : 15-25).

La taille de l'empreinte énergétique compte pour à peu près la moitié de l'empreinte totale ! L'empreinte énergétique est basée sur le nombre d'hectares de forêts qu'il faudrait planter pour absorber les émissions de CO<sub>2</sub> émis par la combustion d'énergies. Cette idée illustre le mieux le **concept de durabilité forte véhiculée dans l'empreinte écologique**. Il faut stabiliser les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, quel qu'en soient les coûts. De plus, la question est évidemment de savoir sur quelles terres va-t-on planter les arbres ? Sur celles qui ont été justement prises sur les forêts pour l'agriculture et le pâturage ? Le coût d'une telle politique est évidemment questionnable, d'autant qu'il y a d'autres solutions pour stabiliser les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et donc de calculer l'empreinte énergétique... l'Institut for Miljovurdering s'est ainsi proposé de calculer l'empreinte écologique sur base d'une méthode plus économe en terres pour un résultat similaire : la stabilisation des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. La méthode est basée sur l'espace nécessaire aux énergies renouvelables pour produire la même quantité d'énergie que les énergies fossiles. C'est une méthode particulièrement économe en terres puisque le solaire et l'éolien, pour ne citer que ceux-là, peuvent occuper des terres très peu productives. Les résultats sont confondants : L'espace nécessaire est réduit de 93 à 99 % et par conséquent l'empreinte écologique globale repasse sous la bio capacité de la terre au moins jusqu'en 2100 et ce, malgré l'augmentation de population !

Néanmoins, aujourd'hui, nous sommes en présence d'une sérieuse menace due à la concentration de CO<sub>2</sub> et ce n'est pas avec des calculs aussi rassurants que les politiques se décideront à faire un pas décisif vers les énergies renouvelables.

Cette critique nous a inspiré pour le jeu : les joueurs qui le décideront, pourront construire des champs éoliens sur tous types de terres, y compris les déserts et les surfaces marines. Cette option leur permet de produire de l'énergie renouvelable sans sacrifier de terres bio productives.

Une autre critique qui saute aux yeux dans le rapport du WWF est **d'avoir inclus le nucléaire dans le calcul de l'empreinte énergétique suivant les mêmes méthodes appliquées aux énergies fossiles**. Non seulement le nucléaire ne produit pas de CO<sub>2</sub> mais le problème principal des déchets ne se pose pas en termes de diminution de la bio capacité de la terre, puisqu'ils ne sont pas stockés à la surface de la terre. La rectification conséquente du calcul de l'empreinte énergétique provoquerait une baisse de celle-ci de 7.1% et non de 4% comme mentionné dans le rapport WWF (cette erreur a d'ailleurs été reconnue par Wackernagel).

Mais si l'aspect technologique est radicalement absent du calcul énergétique et de la solution proposée, il est présent dans les autres calculs d'empreintes écologiques des surfaces. Ces dernières sont en effet calculées sur base des produits et services consommés, produits suivant les technologies actuelles. Intrinsèquement, l'empreinte écologique varie donc en fonction de :

- La taille de la population ;
- La consommation moyenne par personne ;
- Les technologies utilisées ;

Cela n'est pas sans nous rappeler la fameuse formule d'Ehrlich-Holden :  $I = P \times A \times T$  où

- I = Impact ;
- P = Population ;
- A = Affluence (consommation par personne) ;
- T = Technologies ;

Cette notion d'impact est intrinsèquement véhiculée dans le déroulement du jeu. Celui-ci faisant intervenir des aspects de consommation, d'exploitation de ressources naturelles, de production et de technologies de production, il serait envisageable de calculer l'impact écologique de chacun des joueurs par l'intermédiaire de cette formule. Cette possibilité ne sera cependant envisagée qu'à l'issue des tests, car nous avons à notre disposition des moyens plus facile de calculer l'empreinte des joueurs en fin de partie : soit via la comparaison des points de victoire verts, soit encore par le comptage des hexagones exploités. Néanmoins la méthode des points de victoire se rapproche d'avantage du calcul de l'empreinte basé sur le PNB.

Dernière critique, toutefois absente du rapport de l'Institut for Miljovurdering : **les infrastructures de production hydro-électricité sont doublement comptées**, à la fois dans l'empreinte énergétique et dans l'empreinte des surfaces urbanisées.

Concluons cette partie par deux remarques :

L'institut for Miljovurdering conclut son rapport par la phrase suivante : « les projections du WWF vont à l'encontre des projections futures générées par les organisations internationales officielles (UNDP, UNEP, World Bank et UN DESA) qui unanimement, concluent que les générations futures seront très probablement plus riches, en meilleure santé et plus égalitaires » (l'Institut for Miljovurdering, 2002 : 40). Quel rêve ! Si cela pouvait être vrai ! D'abord la lecture de GEO 3 (PNUE, 2002) ne nous a pas laissé cette impression. Ensuite, une telle réalisation implique que dès aujourd'hui on fasse prendre conscience à tous les citoyens de la nécessité de changer de comportement, comme l'ont reconnue les institutions internationales en lançant la décennie de l'éducation au développement durable. Un tel objectif oblige à communiquer une certaine urgence de la situation comme cela a été le cas dans le règlement du trou dans la couche d'ozone.

**Ces critiques de l'empreinte ne nous concernent guère pour la calibration du jeu puisque nous utilisons uniquement les bio capacités des surfaces dont les calculs n'ont pas été remis en cause.** Cependant, le jeu met en scène des populations qui démarrent leur développement à zéro, un peu comme si on se situait à l'aube de l'ère industrielle. Il y a donc un biais à les doter de ressources naturelles (basées sur les bio capacités des surfaces) qui représentent ce qui reste aujourd'hui, compte tenu de toute l'exploitation déjà réalisée effectivement. Les propositions pour surmonter ce biais sont les bienvenues...

## IV. CALIBRAGE DU JEU

### 1. LA POPULATION

Les cinq joueurs (ou cinq équipes !) représentent, sans que cela ne leur soit mentionné, des pays (Nigeria, Inde, Fédération de Russie, France et Etats-Unis). **Nous avons hésité longtemps entre cette représentation de réalités nationales et la représentation de réalités continentales dont l'addition résumerait la situation mondiale.** Plusieurs raisons justifient notre choix :

- Les grands groupes masquent des disparités. Quels écarts entre l'Afrique subsaharienne et l'Afrique du Sud ou encore entre l'Asie centrale et le moyen Orient

comprenant l'Arabie Saoudite ou les Emirats Arabes ! Un calcul sur l'écart type des principales variables socio-économiques et environnementales montre une plus grande différence entre les pays choisis, qu'entre les blocs auxquels ils appartiennent. C'est bien connu qu'il y a un Nord dans le Sud et un Sud dans le Nord. Pédagogiquement, il est donc plus intéressant de prendre des situations de départ fort différentes, surtout dans l'option de jeu où les joueurs entament leur partie avec des points de victoire bleus basés sur le PNB des pays. Cette option ne sera cependant pas étudiée dans le présent travail mais pourrait faire l'objet de tests.

- Dans une optique de cohérence statistique entre les différentes sources utilisées, il nous paraissait plus prudent de prendre des pays plutôt que des blocs qui peuvent varier dans leur composition d'une source à l'autre.
- Pourquoi ces pays ? Le Nigeria a été choisi parce qu'il ne possède presque rien en termes de bio capacités au regard de sa population importante et explosive ; l'Inde parce qu'elle a une population gigantesque et en pleine expansion ; la Fédération de Russie pour ses réserves d'énergies fossiles ; la France parce que c'est un pays représentatif de l'Europe et relativement peuplé et les Etats-Unis pour leur richesse en termes de bio capacités.

Remarque : Nous ne considérerons pas les croissances démographiques réelles de ces pays car il est plus commode de doter tous les joueurs de la même règle pour la progression de leur population (voir chapitre suivant).

## 2. LES BIO CAPACITÉS

Pour garder une cohérence dans le calibrage du jeu et permettre des comparaisons, **on travaillera, comme nous l'avons expliqué, en hectares globaux.**

**Tableau de départ des situations réelles de chaque pays (source : WWF, 2002)**

(a)	Nigeria	Inde	Féd. de Russie	Etats-Unis	France	Total
Population (en millions, arrondis au mio supérieur).	111	993	146	280	59	1589
Bio capacité	0,88	0,68	4,84	5,27	2,88	17,03
Empreinte totale	0,91	0,77	4,49	9,7	5,09	20,96
Surfaces urbanisées	0,11	0,05	0,05	0,37	0,23	0,81
Ressources naturelles						
Terres cultivées	0,51	0,28	0,97	1,77	1,43	4,96
pâturages	0,13	0	0,22	1,26	0,34	1,95
Forêts	0,1	0,31	3,17	1,42	0,78	5,78
Pêches	0	0,04	0,41	0,44	0,1	0,99
ressources en eau (b)	2,19	1,89	30,77	8,92	3,35	47,12
Empreinte énergie	0,25	0,3	2,52	5,94	2,09	11,1

a. Tous les chiffres sont de l'année 1999 sauf spécification

b. Estimations de l'année 2000<sup>58</sup>, en milliers de mètres cube par an et par personne.

<sup>58</sup> Gleick, PH, The World's Water 2002-2003. Washington, Island Press, 2002 in WWF, 2002.

### 3. DÉTERMINER LES CONDITIONS INITIALES

**Notre but est ici de déterminer les conditions initiales de chaque joueur en termes de pions représentatifs de la population et en hexagones de jeu de ressources naturelles renouvelables et non renouvelables de l'île.** Concentrons-nous d'abord sur les données que l'on peut extraire du rapport du WWF, à savoir :

- Population ;
- Bio capacité totale ;
- Bio capacité des terres cultivées ;
- Bio capacité des pâturages ;
- Bio capacité des forêts ;
- Bio capacité de la pêche ;
- Les ressources en eau douce ;
- Urbanisation (simplification des terrains construits) ;
- Empreinte énergie.

Remarquons que les deux derniers points n'interviennent pas dans la calibration des conditions initiales. Nous les conservons pour souligner la disparité entre les pays.

Il nous restera ensuite à calibrer les dotations en ressources naturelles non renouvelables (énergies fossiles et réserves en minerais).

#### a. Calibrage de la population

Quelques essais d'équivalence en pions des populations nous ont rapidement permis de constater que la population de l'Inde était trop importante par rapport aux autres (en termes de pions). S'il est important pédagogiquement parlant qu'un des pays doive faire face à une explosion démographique – à l'heure où nous écrivons ces lignes, l'Inde vient de franchir le cap du milliard d'habitants -, il est aussi primordial que son poids en pions population ne réduise proportionnellement à néant ceux des autres joueurs. En conséquence, nous diminuons la population de l'Inde à 600 millions, ce qui lui confère tout de même la moitié des pions de population dans le cas où ceux-ci sont limités à 100.

	<b>Nigeria</b>	<b>Inde</b>	<b>Féd. de Russie</b>	<b>Etats-Unis</b>	<b>France</b>	<b>Total</b>	<b>Total (en mio de pers.)</b>
Population (en pions ; 1 pion = 11,96 mio de pers.)	9	50	12	23	5	100	1196

b. Calibrage des bio capacités des terres cultivées, des pâturages, des forêts, de la pêche, des ressources en eau douce, des surfaces bâties et de l’empreinte énergétique.

Commençons par multiplier les différentes bio capacités, ainsi que les autres indicateurs écologiques par personne, par le nombre de pions représentant la population (100).

	Nigeria	Inde	Féd. de Russie	Etats-Unis	France	Total
Empreinte totale (1)	8	39	55	227	25	356
Surfaces urbanisées (2)	1	3	1	9	1	14
Total surfaces en ressources renouvelables (3)	7	32	59	113	13	224
Terres cultivées	5	14	12	41	7	79
Pâturages	1	0	3	29	2	35
Forêts	1	16	39	33	4	93
pêches	0	2	5	10	0	17
Ressources en eau (4)	20	95	378	209	17	719
Empreinte énergie (5)	2	15	31	139	10	198

(1) L’empreinte totale est mentionnée à titre indicatif puisqu’elle n’intervient pas dans les dotations de départ. Elle pourrait éventuellement servir à comparer les résultats des joueurs en fin de partie à la réalité. Elle est exprimée, tout comme chaque surface de ressources renouvelables en 11,96 millions d’hectares globaux.

(2) La surface construite pourrait nous servir à doter initialement chaque joueur de bâtiments (la ville au commencement du jeu serait donc plus ou moins construite suivant les pays) pour loger la population. Un joueur qui commence la partie avec une ville bien construite possède évidemment une avance sur les autres puisque la construction de logements est une des premières étapes du jeu avec la production alimentaire. La surface construite est ici également exprimée en 11,96 millions d’hectares globaux. Ceci étant dit, doter les joueurs de villes plus ou moins construites est une option ; la version normale (sujet du mémoire) ne présente des différences entre les joueurs en début de partie qu’en termes de populations.

(3) Le total des surfaces de ressources renouvelables est la somme des différents types de surfaces. Il est également exprimé en 11,96 millions d’hectares globaux. Le total s’élève à 224 ce qui signifie qu’il faut au moins 224 hexagones sur le plateau de jeu si nous voulons respecter les proportions. C’est trop, d’autant qu’il faut encore compter les hexagones des montagnes, des déserts, des ressources en eau, et des mers. Par conséquent, nous divisons ce montant par deux, ce qui nous laisse au moins 112 hexagones représentant chacun 23,92 millions d’hectares globaux. Nous présentons le nouveau tableau ci-après avec les modifications sur toutes les dotations qui s’expriment en hectares globaux. Les modifications se feront tantôt au chiffre supérieur, tantôt au chiffre inférieur de façon à garder un total d’environ 112.

(4) Les ressources en eau sont en 11,960 milliards de mètres cube par an. Le total est évidemment trop élevé pour faire de chaque unité un hexagone du plateau de jeu. Rappelons que l’eau douce se présente soit sous forme de cours d’eau, soit sous forme de nappes phréatiques cachées sous les montagnes, ou encore sous forme de retenues (lacs). Fixons pour le moment le nombre de points d’eau à 40, soit :

- 10 nappes phréatiques ;
- 10 lacs ;

- 20 cours d'eau ;

Chaque hexagone d'eau fournissant la même quantité d'eau, il représente chacun 215 milliards de mètres cube par an  $((11,960 \times 719) / 40)$ .

- (5) L'emprunte énergie n'est mentionnée ici qu'à titre d'information puisqu'elle ne dit rien sur les ressources énergétiques du pays. Elle est exprimée en 11,96 millions d'hectares globaux.

Remarque :

Après répartition des hexagones d'eau, le Nigeria et la France se retrouvent sans surface de pêche, ce qui n'est évidemment pas réaliste, puisque les deux pays possèdent des côtes. De plus, cela les désavantage fortement vis-à-vis des autres joueurs et nous obligerait à situer leurs villes à l'intérieur des terres. Dès lors il est préférable de leur ajouter à chacun une surface de pêche. Le total passe ainsi de 112 à 114.

Le tableau ajusté est présenté ci-dessous :

	<b>Nigeria</b>	<b>Inde</b>	<b>Féd. de Russie</b>	<b>Etats-Unis</b>	<b>France</b>	<b>Total</b>
Empreinte totale	4	40	28	114	13	177
Surfaces urbanisées	1	2	1	5	1	10
Total surfaces en ressources renouvelables	6	16	29	55	8	114
Terres cultivées	3	7	6	20	4	40
Pâturages	1	0	1	14	1	17
Forêts	1	8	19	16	2	46
pêches	1	1	3	5	1	11
Ressources en eau	1	5	21	12	1	40
Empreinte énergie	1	8	16	70	5	98,5

Il nous reste à calibrer les ressources en énergies fossiles et celles en minerais.

### c. Calibrage des ressources en énergies fossiles

Ici nous cherchons à connaître quelles sont les ressources en énergies fossiles des cinq pays représentatifs. Nous partons des statistiques de l'Agence internationale de l'énergie pour l'année 2001.

Production intérieure d'énergie (en milliers de tonnes équivalent pétrole)<sup>59</sup>

	Charbon	Pétrole brut	Gaz	Nucléaire	Hydro	Energies Renouvelables	Déchets combustibles	Total
<b>Nigeria</b>	39	119115	13285	0	595	0	73990	207024
<b>Inde</b>	163750	34727	23209	5035	6366	166	204843	438096
<b>Féd. De Russie</b>	122123	347570	468637	36050	14955	78	6747	996160
<b>Etats-Unis</b>	573405	363244	461254	210605	17302	14795	71209	1711814
<b>France</b>	1588	1792	1509	109734	6403	222	11947	133195
<b>Total</b>	860905	866448	967894	361424	45621	15261	368736	3486289

Plusieurs modifications s'imposent par rapport au tableau :

- Les énergies fossiles charbon, pétrole et gaz doivent être additionnées.
- Les énergies renouvelables, l'hydroélectricité et les déchets combustibles doivent être soustraits du total.
- Il s'agit des flux d'énergies annuels et non des réserves.
- Que faire du nucléaire ? Le considérer comme une énergie fossile comme semblerait le faire le WWF dans son rapport « planète vivante, 2002 » ou l'exclure dans la mesure où il ne s'agit pas réellement d'une énergie fossile et que de plus elle n'émet pas de CO<sub>2</sub>. Le débat bat son plein dans les milieux politico environnementaux quant au sort qu'il faut réserver à l'énergie nucléaire. James Lovelock, père de l'hypothèse « Gaïa » a déclaré récemment dans le quotidien « The Independent » que « seule l'énergie nucléaire peut maintenant stopper le réchauffement climatique », affirmation qui n'a pas manqué de faire bondir les associations « Les Amis de la Terre Royaume-Uni » et « Greenpeace Royaume-Uni »<sup>60</sup>. Nous ne souhaitons pas ici rentrer dans ce débat épineux, mais dans la mesure où le problème du stockage des déchets est un réel problème environnemental, nous préférons ne pas tenir compte de la production nucléaire dans le cadre de la dynamique des énergies fossiles. Par contre, il serait possible de l'introduire sous forme de centrale occupant un hexagone et fournissant au joueur une carte énergie par tour de jeu. Cela reflèterait également une avance technologique réelle du Centre. Nous gardons à l'esprit cette possibilité qui peut être combinée avec des cartes 'événement' sur le problème des déchets.

<sup>59</sup> Agence internationale de l'énergie, IEA energy statistics by country, available from the World Wide Web : <  
<http://library.iea.org/dbtw-wpd/Textbase/stats/index.asp>>

<sup>60</sup> La Revue Durable, Le père de l'hypothèse Gaïa plaide pour l'atome, in La revue durable, Numéro 11, juin, juillet, août 2004, p 10.

Production intérieure d'énergie fossiles et nucléaire (en milliers de tonnes équivalent pétrole)

	Charbon	Pétrole brut	Gaz	Total énergies fossiles	Nucléaire
<b>Nigeria</b>	39	119115	13285	132439	0
<b>Inde</b>	163750	34727	23209	221686	5035
<b>Féd. De Russie</b>	122123	347570	468637	938330	36050
<b>Etats-Unis</b>	573405	363244	461254	1397903	210605
<b>France</b>	1588	1792	1509	4889	109734
<b>Total</b>	860905	866448	967894	2695247	361424

*Comment traduire ces chiffres en conditions initiales de jeu en matière d'énergie ?*

Le rapport WWF « Planète Vivante, 2002 » ne fournit pas la bio capacité d'énergie des pays ; seule l'empreinte énergétique est donnée mais elle ne nous fournit évidemment aucune donnée sur les limites énergétiques du pays à ne pas dépasser sans recours à l'importation (et sans tenir compte des pollutions de la combustion).

Si nous fixons à 15 le nombre d'hexagones (nombre raisonnable compte de la taille de l'île), les rapports deviennent les suivants :

	Total énergies fossiles	Nucléaire
<b>Nigeria</b>	1	0
<b>Inde</b>	1	0
<b>Féd. De Russie</b>	5	0.5
<b>Etats-Unis</b>	7	1
<b>France</b>	1	0.5
<b>Total</b>	15	2

Chaque hexagone donnera, toute chose restant égale par ailleurs, une carte énergie par tour de jeu pour 6 tours maximum (c'est le dé qui décide !). Une carte représente environ 5.400.000 kilos TEP si on considère que les réserves de ces cinq pays s'épuiseraient sur un échéancier de 1 à 6 ans.

#### d. Calibrage des ressources en minerais

Les minerais sont tellement nombreux et les méthodes de comptabilisation si variées qu'il nous paraissait impensable de nous aventurer dans une calibration des hexagones de minerais sur base de chiffres réels.

Dès lors utilisons le bon sens.

Sous une montagne se cache tantôt le minerai, tantôt la nappe phréatique. Si nous décidons de placer 30 hexagones de montagnes sur l'île, 5 n'auront rien à offrir, 10 auront une nappe et 15, des minerais.

## V. CONCLUSIONS

**Ce chapitre nous a permis d'éviter de faire des choix arbitraires dans la calibration du jeu, validés à posteriori par les tests.** C'est d'autant plus important de calibrer le jeu sur une méthode solide qu'on n'évitera pas l'arbitraire à d'autres moments de la conception. Ainsi la population, les ressources en eau, en terres cultivées, en pâturages, en forêts, en poissons, en énergie fossiles sont basées à priori sur des données réelles. Les ressources en minerais ont quant à elles été déterminées par le bon sens.

Soyons conscients que **cette calibration**, bien que réalisée sur des données réelles, **n'est pas forcément la meilleure pour faire passer les messages du développement durable identifiés précédemment.** Ainsi elles seront soumises à l'épreuve du feu via un modèle de dynamique des systèmes qui déterminera si, oui ou non, les ressources sont suffisantes pour assurer un développement minimal durable à tous et pas trop pléthoriques pour qu'aucune limite environnementale n'apparaisse au cours du jeu. Les tests finiront par affiner ces calibrages.

**L'autre intérêt de ce chapitre est de nous avoir appris à manier les concepts de bio capacité et d'empreinte écologique**, tous deux exprimés en hectares globaux, mais aussi et surtout de prendre conscience de son caractère limité, voire manipulateur dans sa version actuelle la plus répandue. Entre science, communication, conscientisation et pédagogie, l'empreinte écologique nous donne l'impression de ne pas encore avoir trouvé sa juste place. Ceci dit, préserver l'ambiguïté est parfois efficace.

# CALIBRAGE DU MÉCANISME DE JEU.

---

## I. INTRODUCTION

Malgré une curiosité constante mais éloignée, l'intérêt de la dynamique des systèmes ne nous est clairement apparu qu'au cours du DES en environnement, et ce, pour deux raisons.

La première tient au cours du professeur Kunsch proposé en option libre aux étudiants du DES en environnement. Ce cours offre un outil d'analyse de situations complexes aux comportements non linéaires, la modélisation des systèmes. On sent déjà poindre l'intérêt de l'outil pour l'analyse de problématiques de développement durable. C'est personnellement ce qui nous a conquis. Cet outil n'a rien d'une baguette magique, il participe d'une démarche scientifique d'analyse. D'abord, il faut se creuser les méninges, bien comprendre son problème avant de commencer à écrire la moindre équation. Modéliser un problème suivant la dynamique des systèmes nous force donc à mettre à l'épreuve notre propre modèle mental, à l'affiner puis à le coucher sur papier. Ensuite il faut calibrer le système. Voilà une autre démarche scientifique qui nous force à manier les chiffres, à nous interroger sur la qualité de ceux-ci, voire à poser des hypothèses réalistes et justifiées quand l'absence de chiffres l'impose. Enfin, vient le moment de faire le premier « run ». Il faut l'analyser puis proposer des solutions pour enrayer des effondrements éventuels de systèmes. Peut être faudra-t-il revoir éventuellement le modèle de base dans un esprit de procédure itérative,... Et de plus, la base de la modélisation est assimilable par tout étudiant en une trentaine d'heures seulement ! Un indispensable du DES, selon nous.

La deuxième raison que j'évoquais tout à l'heure est que la dynamique des systèmes se marie bien avec le développement durable. Essayons de comprendre pourquoi.

## II. INTÉRÊT DE LA DYNAMIQUE DES SYSTÈMES POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La dynamique des systèmes se définit comme « **un outil mathématique pour la simulation temporelle des comportements d'une tranche de la réalité socio-économique en vue d'en appréhender les mécanismes et les causalités et d'en anticiper les évolutions.** Ces caractéristiques sont :

- La modélisation continue et non linéaire à base d'un système d'équations différentielles résolues numériquement ;
- La modélisation à partir des diagrammes causaux ;
- L'importance des boucles de causalité fermées. »<sup>61</sup>

Démontrer l'intérêt de la dynamique de systèmes (SD) pour le développement durable impliquerait de reprendre les caractéristiques du développement durable et étudier dans quelle mesure la SD est en mesure de reproduire chacune d'elles de manière satisfaisante. Ce travail bien qu'utile nous mènerait hors des limites du mémoire. Prenons les choses plus simplement.

Nous aimerions d'abord insister sur le fait que la SD « repose sur un schéma multidimensionnel dans lequel l'information des différentes disciplines et domaines peut être

---

<sup>61</sup> Kunsch P.L., La dynamique des systèmes, un outil pour les politiques d'environnement, Note de cours de P.L. Kunsch, IGEAT (ULB), 2003.

intégrée sans pour autant être traduite en une unité commune». <sup>62</sup> « C'est une représentation graphique décrivant les interconnexions et les liens entre toutes les variables du problème » <sup>63</sup>.

**La SD permet donc d'aborder le développement durable de manière transversale par rapport aux différentes disciplines qui le concerne.** Contrairement à des approches économiques de coûts – bénéfiques par exemple, **la SD n'opère pas de transformation d'unités des différentes informations traitées**, ce qui limite la perte de substance dans l'analyse du problème étudié.

C'est pour cette raison que nous pensons que la SD est un outil particulièrement adapté à l'analyse des causes et de conséquences de l'entrecroisement de différentes dynamiques, classiquement étudiées dans le champ de leur discipline respective (économique, social, environnement,...). « Les évolutions de l'action de chacune des forces motrices ne se développent pas isolément. Les problèmes s'entremêlent et il sera sans doute difficile de rattacher à une source précise l'enchaînement des causalités » <sup>64</sup> (PNUE, 2002 : 323).

Enfin, **la SD permet de proposer des scénarios sur ce qui pourrait arriver dans l'avenir.** « Les scénarios sont des descriptions des itinéraires de plusieurs variables, facteurs ou encore moteurs qui nous mèneraient à différents futurs possibles » (PNUE, 2002 : 320). Leur utilité réside dans l'éclairage qu'ils font de l'avenir. Celui-ci dépendra en grande partie des décisions qui seront prises aux différents niveaux de compétences aux échelles nationales et internationales. Les scénarios peuvent apporter une contribution décisive quant à ces processus décisionnels. Il est généralement admis que les scénarios ne décrivent pas l'avenir mais décrivent des futurs possibles suite à des modifications des hypothèses de travail. « La question à laquelle répondent ces scénarios n'est pas de savoir ce qui va se produire mais ce qui pourrait se produire et comment les hommes peuvent agir ensemble pour encourager ou contrecarrer des événements et des tendances particulières » (PNUE, 2002 : 320). Ainsi, « Limits to Growth, the 30 year update » (Meadows et al., 2004) présente une dizaine de scénarios, construits sur « World 3. 03 » (la mise à jour du modèle de dynamique des systèmes du Club de Rome), qui représentent chacun des grandes tendances que pourrait prendre l'évolution du monde.

Si **la SD permet** d'éclairer politiciens et citoyens sur des évolutions possibles pour les aider à faire les bons choix, elle permet également l'inverse c'est-à-dire **d'étudier l'impact sur différentes variables d'un choix politique.** Kunsch, Springael et Brans ont ainsi analysé l'impact de l'introduction d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> dans le secteur résidentiel (Kusch et al., 2001).

Evidemment, la SD souffre de carences et l'analyse du développement durable ne peut se résumer à son utilisation. Nous savons, au regard des critiques adressées à « Halte à la croissance ? », que la SD ne rend pas compte de toutes les caractéristiques du développement durable. Pensons à l'aspect de la territorialité des ressources naturelles ou à la difficulté de modéliser précisément les liens entre les dynamiques qui s'entrecroisent lorsque celles-ci sont trop agrégées.

---

<sup>62</sup> Clayton A et Radcliffe J.N., Sustainability, a System Approach, Earthscan, London, 1996.

<sup>63</sup> P.L. Kunsch, Springael, J., and Brans, J.P., An adaptive control methodology based on system dynamics and MCDA case study: the CO<sub>2</sub> energy tax in the residential sector", in, A. Colomi, M. Paruccini, B. Roy (Eds.), Aide Multi Critère à la Décision/Multiple Criteria Decision Aiding, Report of the Commission of the European Communities, Joint Research Centre JRC-ISPRA, EUR-report 19808 EN, 145-162, 2001.

<sup>64</sup> Programme des Nations Unies pour l'Environnement, L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir, PNUE, Nairobi, 2002.

### III. INTÉRÊT DE LA MODÉLISATION DE DYNAMIQUE DES SYSTÈMES POUR CE TRAVAIL.

La modélisation des dynamiques de systèmes peut servir de deux façons dans l'élaboration d'un jeu.

1. **Il peut être la source même du jeu, sa mécanique.** Cela donne des jeux qui tournent autour d'une boîte noire : après chaque tour de jeu, les participants encodent leurs résultats dans le système informatisé afin d'obtenir, après calculs de l'ordinateur, leur nouvelles conditions de jeu pour le tour qu'ils entament. Ces jeux mettent l'accent sur la précision des chiffres mais ralentissent énormément l'aspect ludique. L'encodage des données est en effet un temps mort dans le jeu. On citera à titre d'exemples les grands jeux de simulation du MIT : « People Express »<sup>65</sup>, « STRETEGEM » (Meadows, D., 1999 : 346), « BEER GAME » (Meadows, D., 1999 : 345),... La complexité et la précision de certaines de ces simulations peuvent masquer des messages pédagogiques importants. Dennis Meadows dira à propos de « BEER GAME » (jeu sur la problématique des stocks dans une usine de fabrication de bière) qu'il avait été si déconcerté par les règles et les mécanismes du jeu lors de sa première partie en 1967, que peu de leçons en avait été tirées (Meadows, D., 1999 : 345). Cette perte de « rentabilité pédagogique » dans les jeux complexes est une des raisons qui fera évoluer la création ludique de Dennis Meadows de la simulation vers les jeux cognitifs (voir chapitres précédents).
2. **La modélisation des dynamiques de systèmes peut être « détournée » de son objet principal et servir à calibrer les conditions initiales et les mécanismes fondamentaux du jeu non informatisé.** C'est de cette façon que nous entendons nous servir de la modélisation des systèmes.

**L'objectif dans la modélisation des fondements du jeu est de tester que les conditions initiales (Quelles quantités de réserves de pétrole, de forêts, etc. faut-il mettre sur le plateau de jeu ?) et la mécanique de jeu (Que rapporte l'exploitation d'une colline, d'une terre cultivée, etc. ?) permettent bien un développement minimal des populations de l'île sans risquer un effondrement du système ou au contraire sans créer une sensation, chez les joueurs, d'absence de limites environnementales.**

Avons-nous prévu trop ou trop peu de ressources ? L'exploitation de telle ressource naturelle est-elle trop rentable, pas assez ?... L'idée n'est pas de modéliser toutes les caractéristiques du jeu – nous verrons bien par les tests ce qu'il donne – mais de voir si il est possible de répondre aux besoins essentiels des populations en exploitant durablement les ressources de l'île. Si ce n'est pas le cas, le modèle nous permettra de tester toute une série d'ajustements et de choisir parmi ceux-ci, celui qui semble convenir le mieux.

### IV. LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie pour construire le modèle du jeu est empruntée à Richardson et Pugh<sup>66</sup>. Ceux-ci définissent une approche itérative en 7 étapes.

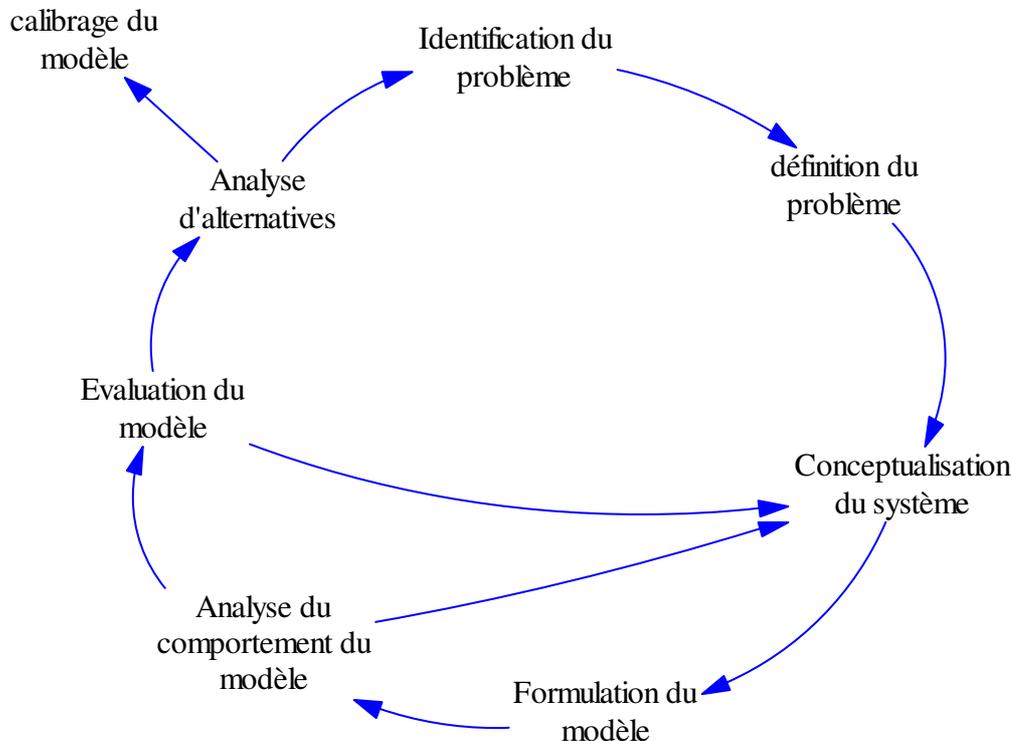
1. Identification du problème et définition ;
2. Conceptualisation du système ;

---

<sup>65</sup> John D. Sterman, People Express, Management Flight Simulator, MIT, Cambridge, 1988.

<sup>66</sup> Richardson and Pugh, Introduction to System Dynamics Modelling, Productivity Press, Portland, 1996

3. Formulation du modèle ;
4. Analyse du comportement du modèle (simulation) ;
5. Evaluation du modèle ;
6. Analyse d'alternatives ;
7. Utilisation du modèle et dans notre cas, calibrage du modèle.



## V. CONSTRUCTION, ANALYSE ET UTILISATION DU MODÈLE

### 1. IDENTIFICATION DU PROBLÈME.

Le problème que nous désirons modéliser est le suivant :

***Peut-on, compte tenu des ressources naturelles de l'île, arriver à la satisfaction des besoins essentiels – que nous définissons comme l'alimentation, le logement et l'éducation - de toutes les populations présentes, sans faire effondrer le système naturel ou au contraire, rester avec des réserves pléthoriques?***

Plusieurs remarques s'imposent :

- S'il est sans doute possible de modéliser toute la mécanique de jeu, nous en serions personnellement incapable dans l'état actuel de nos connaissances et dans l'état de notre logiciel (Vensim PLE) qui ne permet pas la fonction « gaming »<sup>67</sup>. Et une telle prouesse n'apporterait pas beaucoup de valeur ajoutée au développement du jeu, puisque nous cherchons ici à savoir si les ressources données sur l'île sont suffisantes (ni trop importantes) pour assurer un développement *durable* minimal à tous et si non, comment les recalibrer de façon à y parvenir.

<sup>67</sup> Cette fonction permet d'arrêter le modèle à chaque tour de jeu afin d'encoder des décisions des joueurs et les remettre les nouvelles données pour le tour de jeu suivant.

- Par conséquent, nous ne prendrons en compte que les mécanismes fondamentaux de la mécanique de jeu :
  - L'accroissement de la population démographique et la transition démographique grâce à la scolarisation ;
  - L'alimentation grâce à une agriculture durable sur les collines ;
  - La construction de logements ;
  - L'alimentation des villes en eau et en énergie ;
  - L'accroissement de la superficie des villes.

Les astuces, les cartes événements, les cartes technologie, etc. ne seront pas modélisées afin de nous concentrer sur l'essentiel.

- Les joueurs ne seront pas différenciés dans la construction du modèle. Toutes les populations seront rassemblées en une unité (un stock).
- Les besoins essentiels sont ici limités à l'alimentation, le logement et la scolarisation. Nous aurions pu ajouter la santé (via la construction d'hôpitaux par exemple), mais cela ne changerait pas beaucoup les résultats par rapport aux notions de limites. De plus, l'alimentation (premier facteur qui a permis un accroissement de l'espérance de vie), la scolarisation (et donc l'apprentissage de l'hygiène) et le logement contiennent intrinsèquement des facteurs d'amélioration de la santé.

## 2. DÉFINITIONS DU PROBLÈME

Définir le problème consiste dans le cas présent à déterminer quelles sont les limites du système.

### a. Les limites

Les limites du système sont d'abord les ressources naturelles renouvelables et non renouvelables, exprimées en hexagones.

Détaillons les conditions initiales :

- Les ressources renouvelables (en hexagones) :

Terres cultivées	57
Forêts	46
Réserves halieutiques	11
Ressources en eau	40

- Les ressources non renouvelables :

Energies fossiles (réserves)	15
Gisements de minerais	15

Une deuxième limite est la taille de l'île. Celle-ci est limitée par le nombre d'hexagones, ce qui pose une contrainte forte au développement des villes lorsqu'elles dépassent une certaine taille et qu'elles commencent à « manger » sur les hexagones bios productifs.

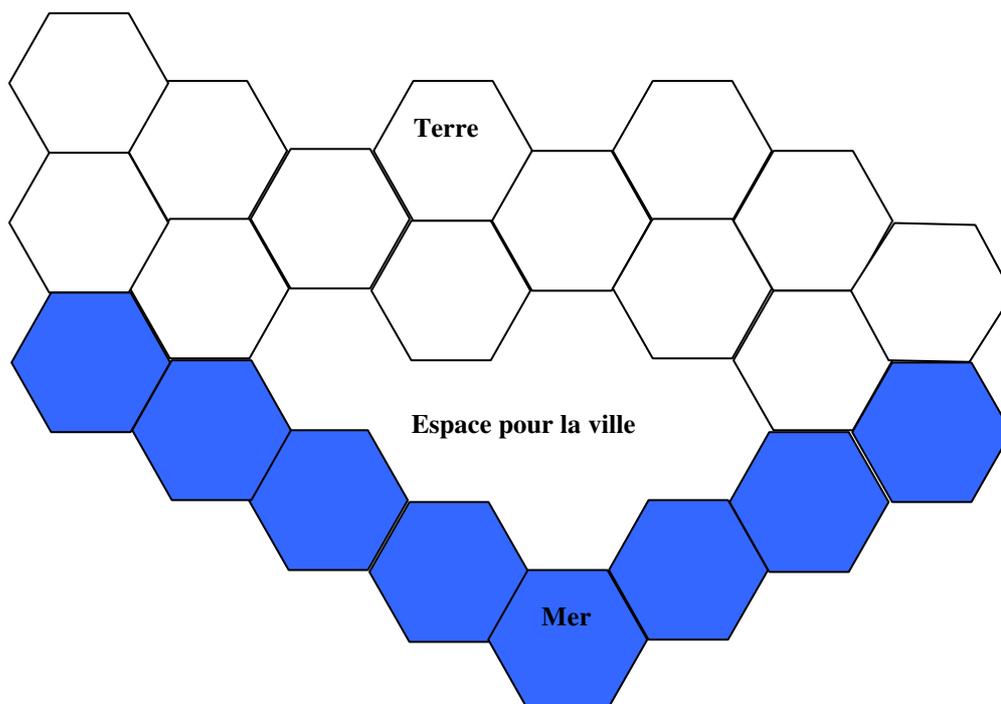
Combien d'hexagones y a-t-il sur l'île ?

- 57 terres cultivées ;
  - 46 forêts ;
  - 30 cours d'eau ou lacs (les 10 nappes phréatiques se cachent sous les montagnes) ;
  - 15 déserts (dont 7 cachent des réserves de pétrole) ;
  - 30 montagnes (qui cachent les réserves de minerais) ;
  - 5 x 5 hexagones disponibles pour construire les villes ;
- 
- Total = 203 hexagones

Il reste évidemment les hexagones mers abritant les réserves halieutiques et une partie des réserves d'énergies fossiles, mais elles ne représentent pas une contrainte pour l'extension des villes. On ne construit pas encore des villes sur ou sous la mer !

A y regarder de plus près, les villes sont souvent historiquement construites sur des terrains fertiles<sup>68</sup>. Toute extension urbaine mange par conséquent des terres cultivables à haut rendement. Reproduisons cette contrainte en imposant dans le modèle que toute extension de la ville se fait sur les terres cultivées.

Chaque joueur dispose de cinq hexagones pour construire sa ville (voir dessin), au-delà, il devra sacrifier un des 57 hexagones de collines, terres cultivables en devenir. Chaque construction (bâtiments ou écoles) occupe un tiers d'hexagones. La limite pour le développement des villes est donc de 75 bâtiments construits.



---

<sup>68</sup> Programme des Nations Unies pour l'Environnement, L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir, PNUE, Nairobi, 2002

### 3. CONCEPTUALISATION DU SYSTÈME

**La conceptualisation du système consiste à décrire le comportement dynamique des principales variables du système à savoir la population, les écoles, les terres cultivées, le logement, et les surfaces urbanisables.**

Le modèle tourne autour de la croissance démographique de la population qu'il faut nourrir, loger et scolariser. Le jeu tourne quant à lui autour des moteurs de l'accroissement de la population et de l'accumulation des points de victoire qui ne sont pas modélisés ici.

#### a. La population

Les conditions initiales équivalent aux cinq populations de l'île réunies, càd 100 pions (1,196 milliards de personnes).

	Nigeria	Inde	Féd. de Russie	Etats-Unis	France	Total	Total (en mio de pers.)
Population (en pions ; 1 pion = 11,96 mio de pers.)	9	50	12	23	5	100	1196

La croissance de la population étant exponentielle (voir précédemment), la population des joueurs augmente de 10% par tour de jeu à partir de 10 pions. Dans le modèle, la population augmentera de 10 au premier tour, de 11 au second, etc. Ceci surévalue la croissance de la population par rapport au déroulement du jeu normal où, dans l'ensemble, 8 pions seulement seraient ajoutés au premier tour (5 pour l'Inde, 1 pour la Russie, et 2 pour les Etats-Unis). La population continue à croître tant que des écoles ne sont pas construites.

La population ne meurt pas. Par contre des catastrophes environnementales ou humanitaires font baisser les effectifs, mais elles ne sont pas modélisées.

#### b. Les écoles

Une des premières démarches des joueurs va être de stopper la progression démographique en construisant des écoles.

- Pour atteindre cet objectif, il faut 0,2 écoles par pion de population.
- La construction d'une école implique l'utilisation d'une carte bois (un unité bois) obtenue par l'exploitation des forêts.
- Une forêt exploitée durablement donne au joueur une carte bois par tour de jeu.

#### c. Les terres cultivées

Une seconde démarche des joueurs sera de nourrir leur population. C'est là une priorité qui leur est imposée par les règles, tout comme le logement d'ailleurs.

- Pour nourrir sa population « correctement », le joueur doit lui fournir une carte blé pour deux pions.
- une terre cultivée (un hexagone) donne, pour une exploitation durable, une carte blé par tour de jeu. L'agriculture intensive donne deux cartes blé par tour de jeu mais seulement

pendant 4 tours, traduisant le fait qu'un tel type d'agriculture entame le capital naturel. Rappelons que nous n'avons pas cherché à modéliser les comportements non durables.

- Une terre devient cultivée par la mise en culture d'une colline.

#### d. Le logement

Le logement se réalise par la construction de bâtiments de logement.

- Pour loger correctement sa population, il faut construire un bâtiment pour deux pions.
- La construction d'un bâtiment exige l'utilisation d'une carte acier et d'une carte bois.
- Une carte acier s'obtient en exploitant les minerais.
- Un minerai exploité donne de une à six cartes acier selon le résultat du dé, tiré par le joueur, découvreur du minerai. En moyenne, les joueurs recevront donc trois cartes acier par minerai découvert.

Les joueurs doivent également alimenter leur ville en eau et en énergie.

- Il faut une carte eau et une carte énergie par bâtiment construit.
- Une réserve en eau exploitée durablement donne droit à une carte eau par tour de jeu.
- L'exploitation des réserves pétrolières donne droit de une à six cartes énergie selon le résultat du dé, tiré par le joueur. En moyenne, les joueurs recevront donc trois cartes énergie par réserve pétrolière découverte.

#### **Remarque :**

Chacune des ressources naturelles ne peut être pleinement exploitée dès le premier tour. Il faut y accéder, certaines sont à proximité des villes, d'autres sont éloignées des villes et nécessite la construction de routes non modélisées ici. Chaque ressource naturelle du modèle est par conséquent flanquée de son taux d'exploitation. Dès le premier tour de jeu, 20 hexagones de ressources naturelles sont exploités (quatre ressources maximum par joueur et par tour de jeu). Comme les joueurs donneront la priorité d'exploitation aux forêts et aux collines (pour l'alimentation et la construction d'écoles), ceux-ci ont un taux d'exploitation de 5 dans le modèle. Les autres ressources ont un taux d'exploitation de 3 par tour de jeu.

#### e. Les surfaces urbanisables

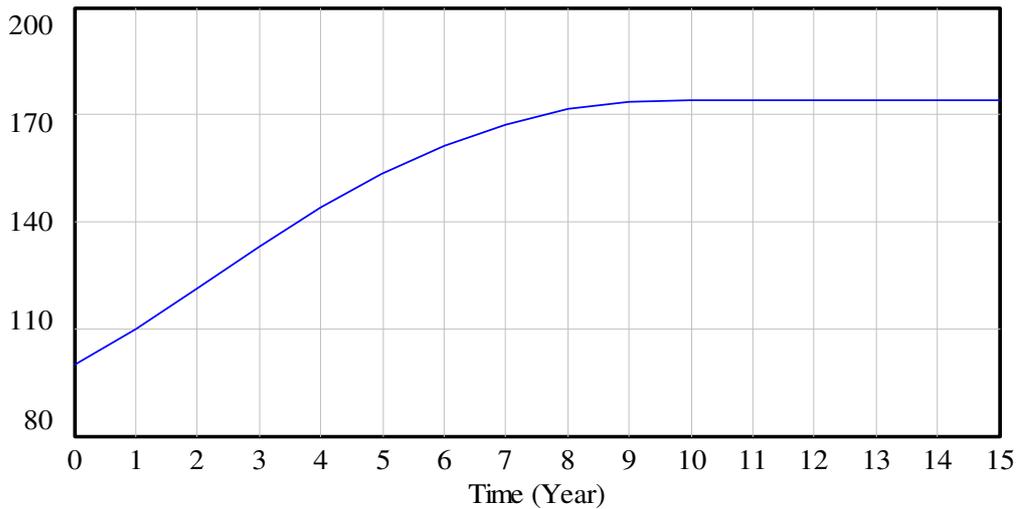
Les surfaces urbanisables sont au nombre de 25 hexagones. Chaque hexagone peut accueillir 3 bâtiments ou écoles. Au delà, il faut « sacrifier » des terres cultivables pour satisfaire les appétits des villes.



## 5. ANALYSE DU COMPORTEMENT DU MODÈLE<sup>69</sup>

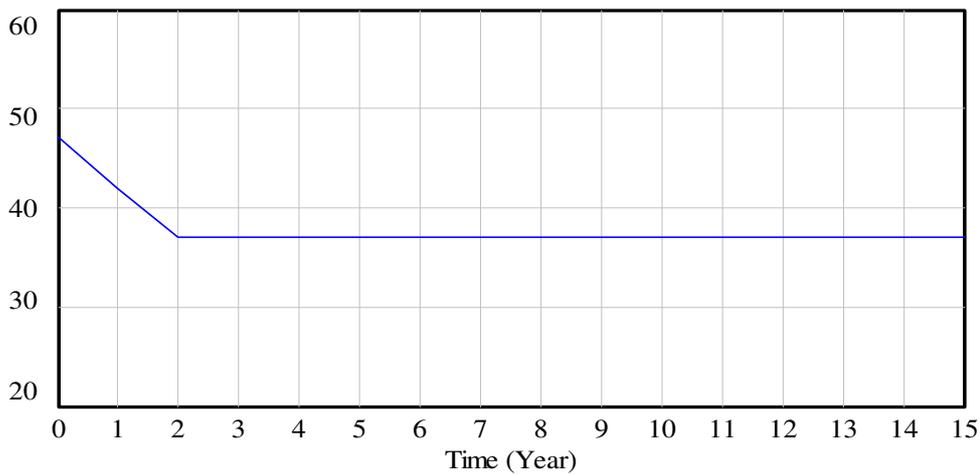
En guise d'analyse du comportement du modèle, nous donnerons l'état des stocks principaux du modèle compte tenu des données de la phase de conceptualisation du modèle. Nous commenterons chacun des résultats dans « l'évaluation du modèle ».

Population (en pions)



"Population (en pions)" : population - 100 — pion

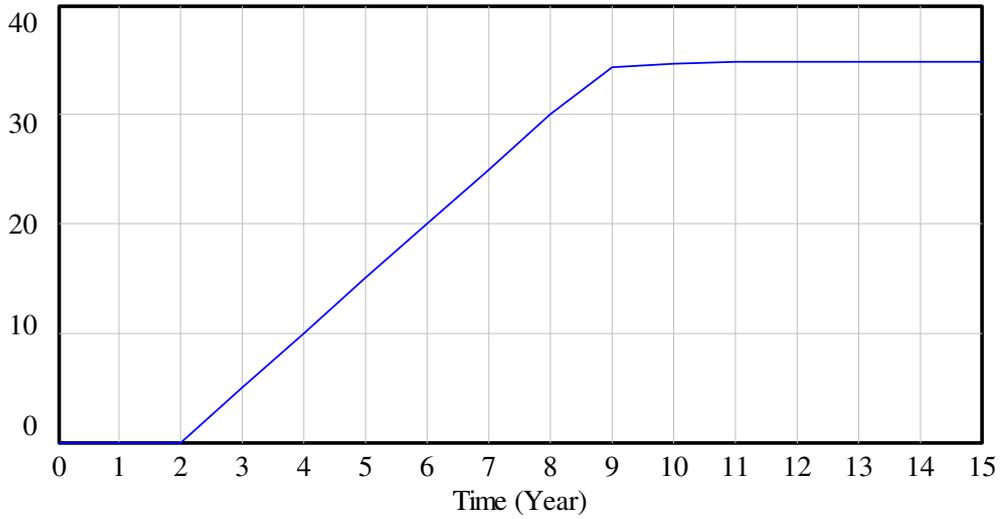
# forêts



"# forêts" : population - 100 — forêt

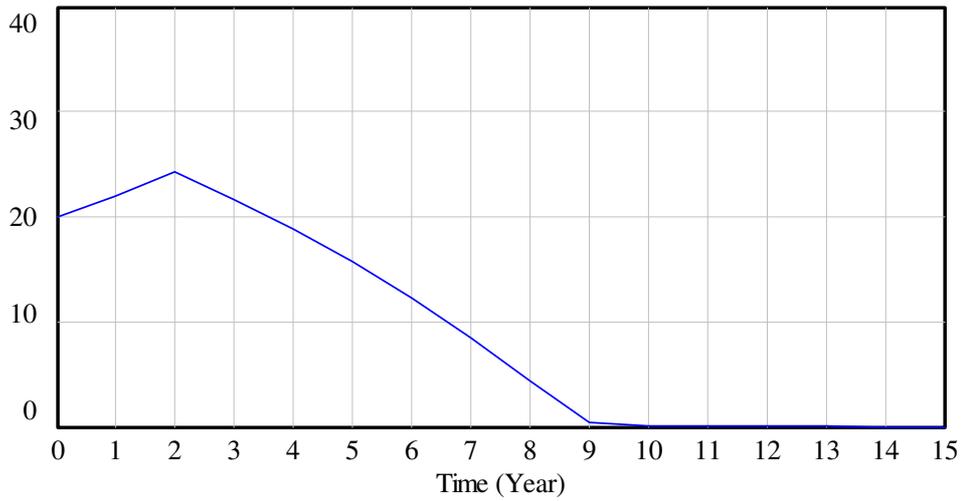
<sup>69</sup> Les équations différentielles du modèle sont présentées en annexe 2.

### # écoles



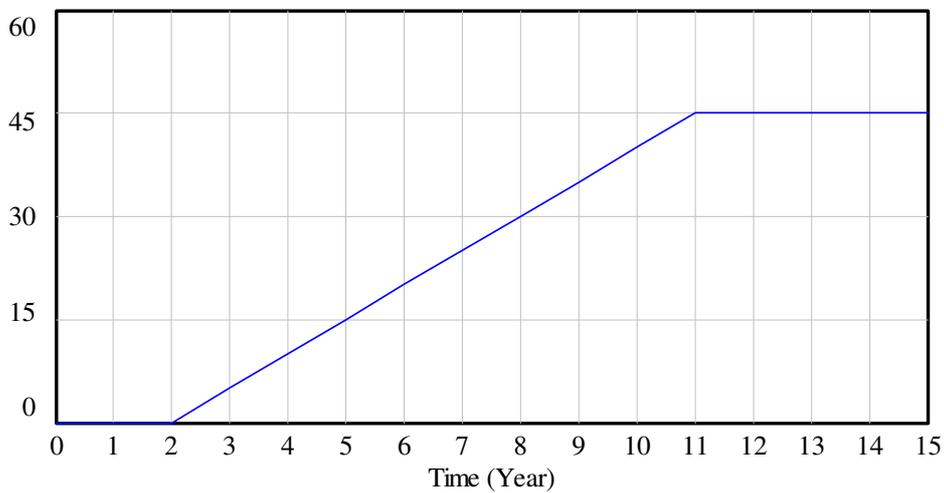
"# écoles" : population - 100 ——— école

### #écoles à encore construire



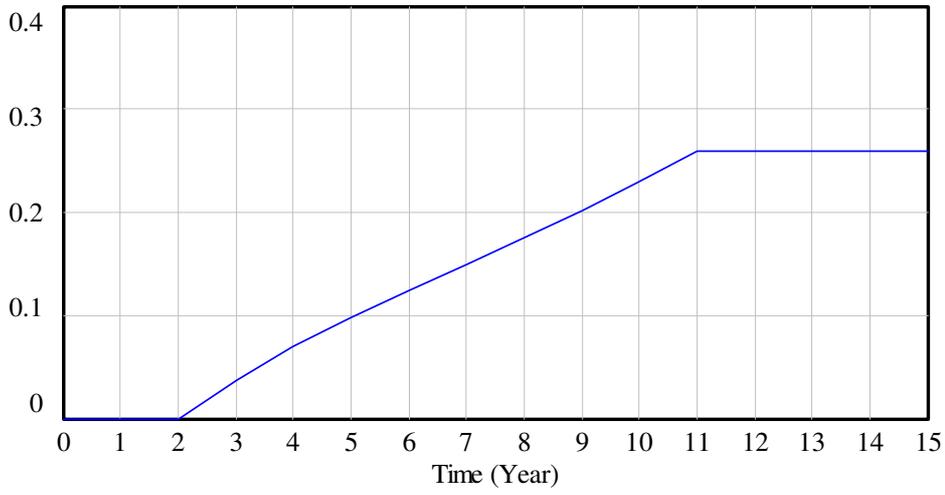
"#écoles à encore construire" : population - 100 ——— école

### Bâtiments



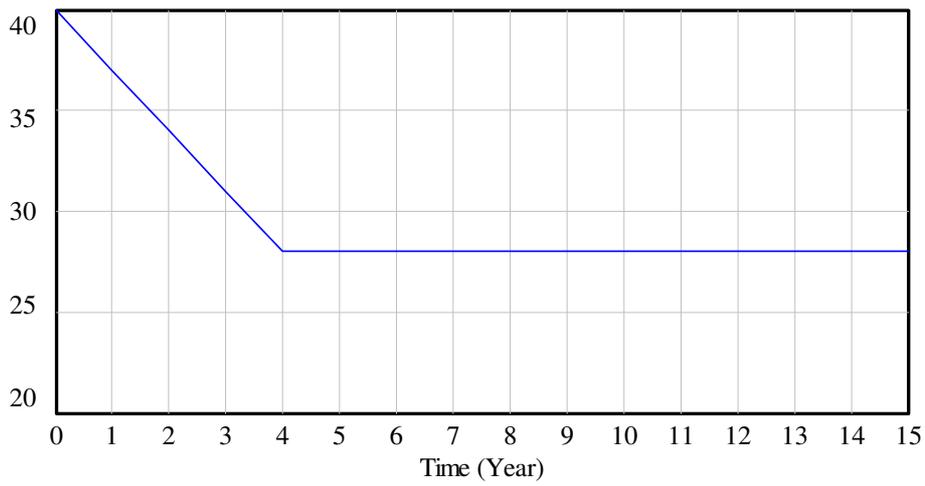
Bâtiments : population - 100 ——— batiment

# Bât./ pion (réel)



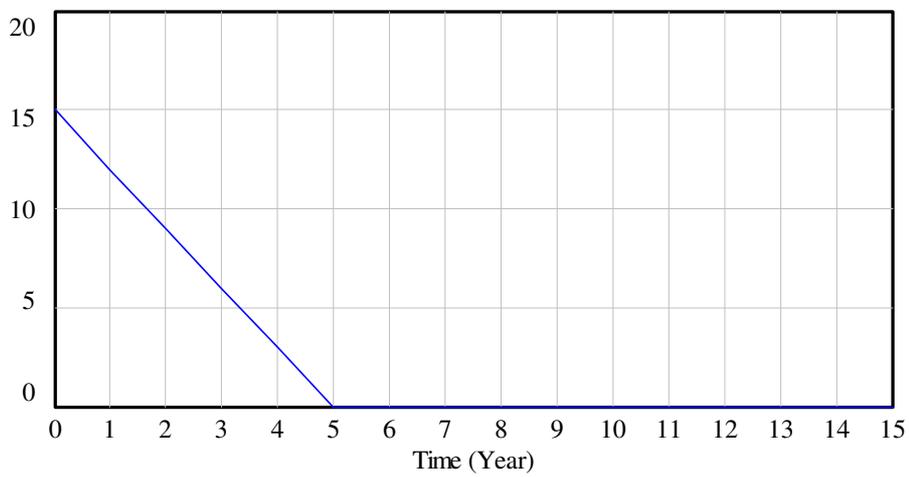
"# Bât./ pion (réel)" : population - 100 ————— batiment/pion

# Réserves eau



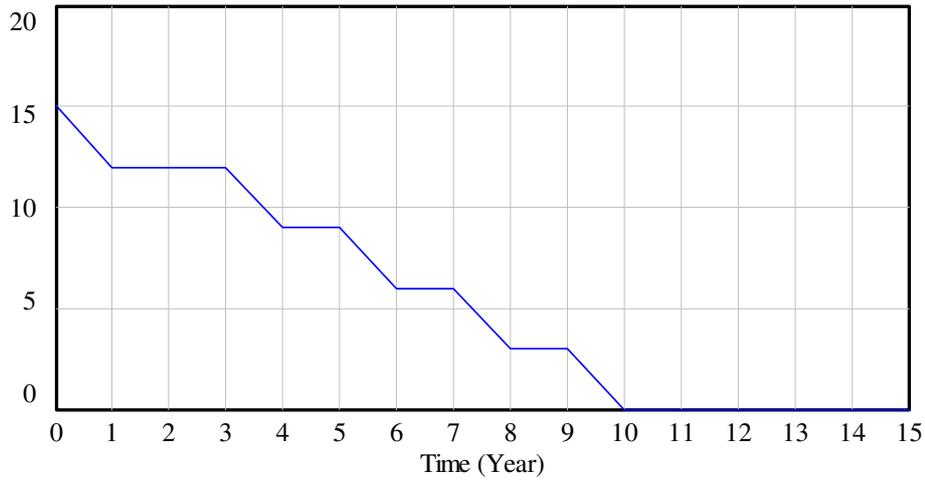
"# Réserves eau" : population - 100 ————— réserve eau

# minerais



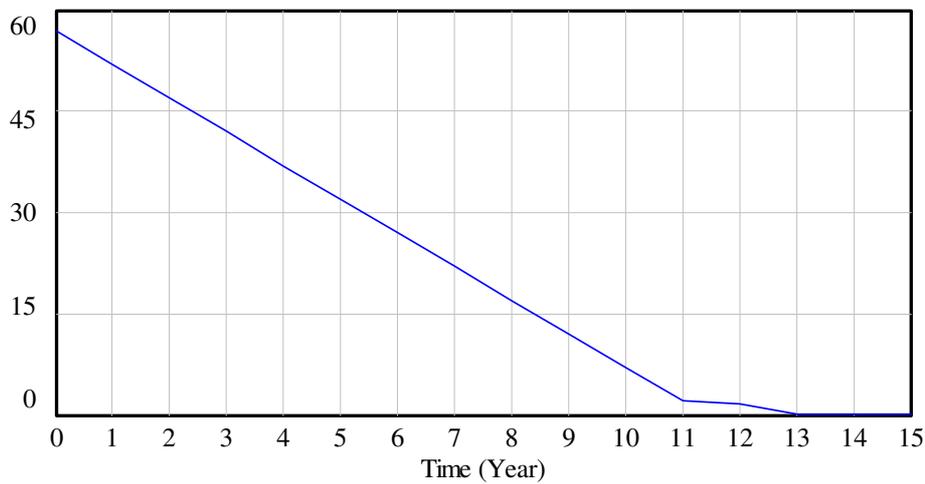
"# minerais" : population - 100 ————— minerais

# pétrole



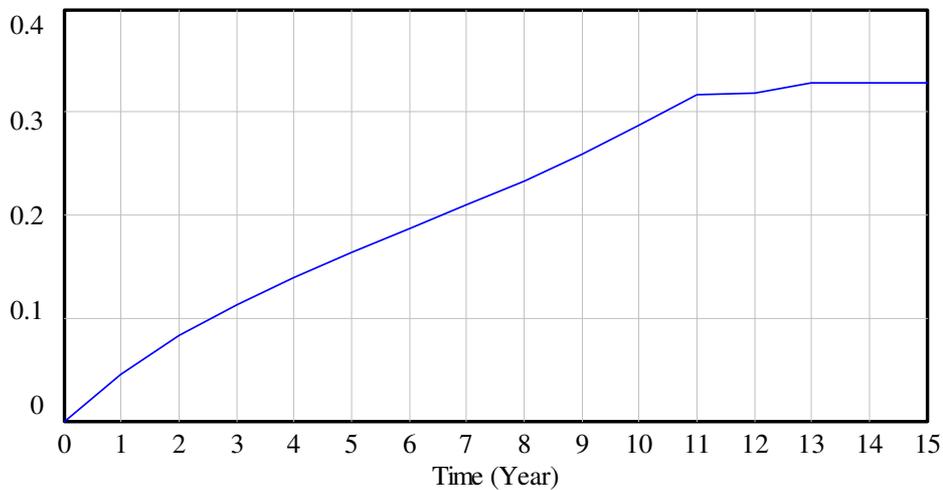
"# pétrole" : population - 100 ————— pétrole

# Collines



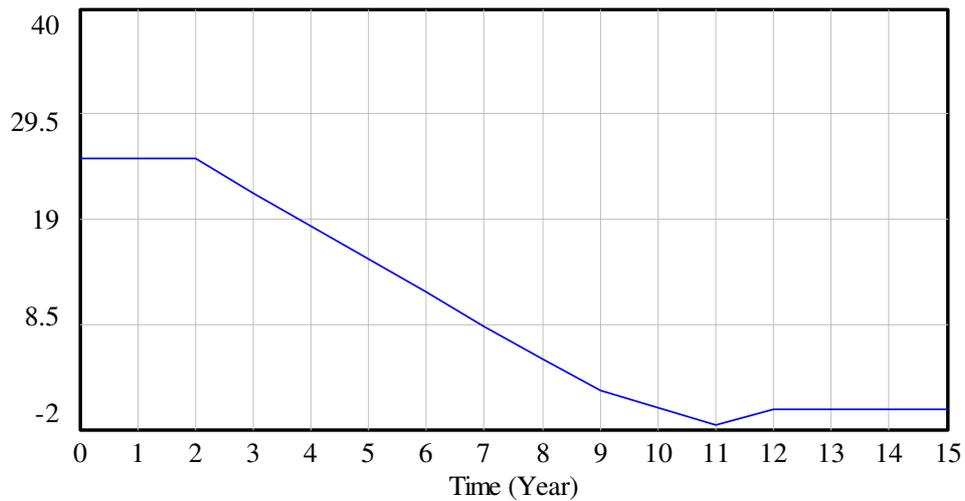
"# Collines" : population - 100 ————— terre

#blé/pion\*année (réel)



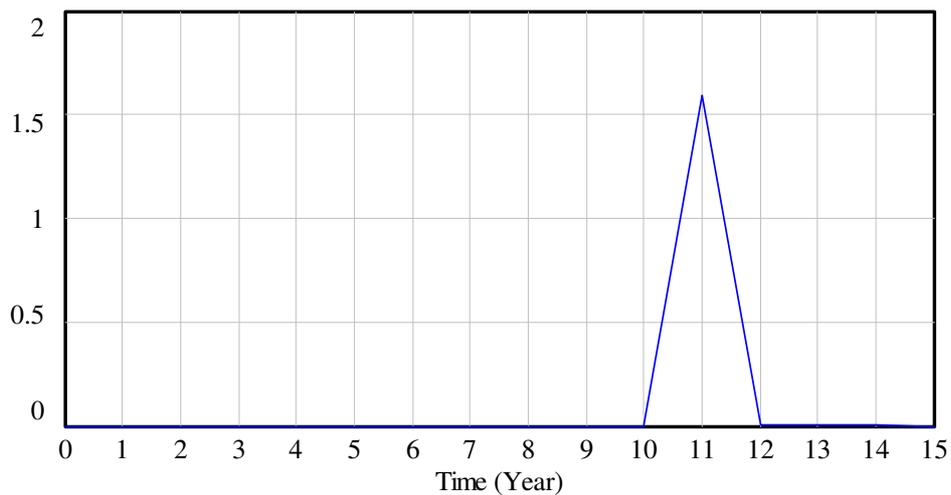
"#blé/pion\*année (réel)" : population - 100 ————— année\*blé/pion

### Espaces urbanisables



Espaces urbanisables : population - 100 — hexagone

### Décroissance des terres cultivées



Décroissance des terres cultivées : population - 100 —

## 6. EVALUATION DU MODÈLE ET ANALYSE D'ALTERNATIVES

Dans cette section, nous analyserons les résultats de la simulation et proposerons, pour chaque indicateur, des alternatives afin que le jeu soit mieux calibré. Nous entendons par « mieux calibré » le fait que chaque indicateur ne soit ni trop généreux, ni trop restrictif. Pour transmettre toutes les caractéristiques du développement durable, certains joueurs devraient dépasser en effet le stade de développement minimal (logement, scolarisation et alimentation) et entamer des processus de production de biens de consommation. D'autres joueurs, plus mal lotis dans leurs conditions initiales, ne pourront sans doute pas dépasser le stade de développement minimal, ce qui marquera bien le caractère « centre – périphérie » du jeu. Pour arriver à ce clivage, il faut que des ressources puissent encore être exploitées, au-delà du développement minimal de tous.

## Evaluation

La population se stabilise au neuvième tour à 174 pions pour l'ensemble des 5 joueurs, grâce à la construction de 35 écoles. Celles-ci ont pu voir le jour parce que 10 forêts sont exploitées de manière durable, fournissant de fait, un stock de bois suffisant, et pour la construction d'écoles et pour la construction de bâtiments.

L'ensemble des collines est transformé en terres cultivées dont un peu plus d'« une » finie mangée par l'expansion des villes. Ces terres n'arrivent pas à nourrir correctement la population puisqu'elles offrent à peine 0,33 de blé par pion de population, alors qu'il en aurait fallu 0,5. On peut évidemment faire remarquer que la pêche (non prise en compte dans le modèle) peut pallier à ce déficit.

La simulation parvient à construire 45 bâtiments de logement alors qu'il en faudrait presque le double à savoir 86. On remarque que les facteurs limitatifs sont l'énergie et l'acier dont les ressources tombent rapidement à zéro. Une telle situation permet évidemment de limiter le développement des villes et de rester grosso modo dans les limites urbanisables imposées.

Rappelons une fois encore que les résultats sont globaux et que certains joueurs seront évidemment beaucoup plus mal lotis que l'image que nous venons de décrire.

### **Alternative 1** (ligne 2 dans les graphiques)

La description des résultats que nous venons de faire appelle quatre propositions:

- D'abord, la population est trop nombreuse. Gérer 173 pions sur un plateau de jeu paraît impossible même si ceux-ci sont répartis entre les 5 joueurs. Diminuons la population totale initiale à 50.
- Ensuite, le capital des forêts est relativement peu entamé. Les forêts sont-elles trop nombreuses ? Peut-être pas si les joueurs sont amenés à utiliser du bois pour la construction des routes devant les mener aux ressources de l'intérieur de l'île et que, de plus, nous souhaitons que des forêts soient préservées dans une optique de sauvegarde de la biodiversité. Gardons l'état actuel de son capital pour le moment, sachant qu'une réduction de leur nombre dans la simulation n'apporterait pas d'enseignement majeur à ce stade-ci.
- Les collines ne doivent pas être augmentées puisque la population a diminué.
- Quant aux ressources non renouvelables, il s'agit d'introduire la carte d'éco efficacité disponible aux joueurs et les énergies renouvelables. La carte d'éco-efficacité permet de doubler le rendement de la production d'acier et la construction d'éoliennes permet d'obtenir de l'énergie à chaque tour de jeu. Ces deux éléments sont évidemment payants en points de victoire (non modélisés ici).

### **Alternative 2** (ligne 1 dans les graphiques)

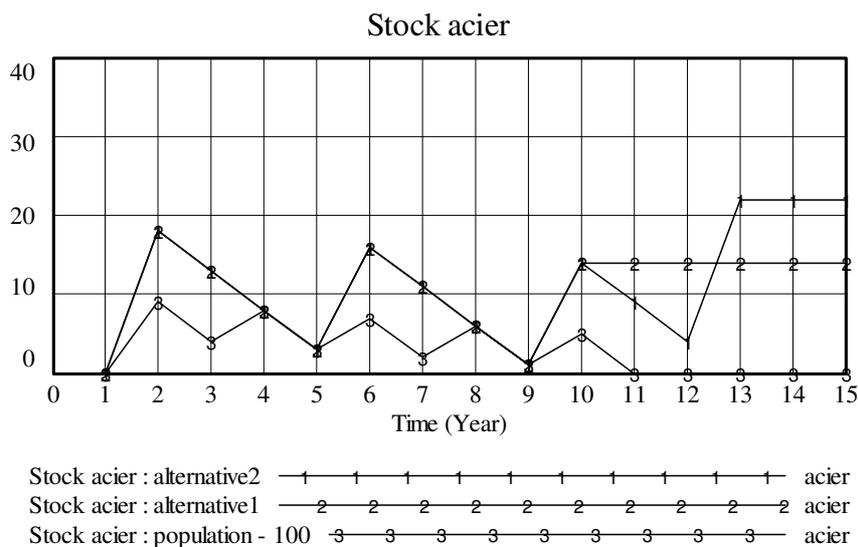
Nous proposons un deuxième alternative, intermédiaire entre les deux simulations précédentes :

- Population initiale : 60 pions ;
- Collines : 47, réduites de 10 ;
- Forêts : 32, réduites de 15 ;
- Reste : idem alternative 1.

Analyse des alternatives







## 7. UTILISATION DES RÉSULTATS DANS LE SYSTÈME.

L'alternative 2 nous semble la plus judicieuse pour commencer les tests dans la mesure où les joueurs seront beaucoup plus vite confrontés aux limites du système que dans l'alternative 1 et ils seront, par conséquent, obligés de trouver des solutions durables pour ne pas voir le système environnemental s'écrouler. On peut imaginer une règle supplémentaire pour laisser respirer les joueurs les plus mal lotis dans cette alternative : transformer les forêts en terres cultivées en ayant exploité les premières à un taux maximal de productivité. Cette règle est évidemment non durable mais est, par contre, cruellement réaliste.

## VI. CRITIQUES ET CONCLUSIONS

Nous sommes bien conscient du caractère limité de cette simulation informatique. Elle mérite les mêmes critiques par rapport au jeu qu'elle tente de modéliser que le « Halte à la croissance ? » vis-à-vis du monde réel.

Retenons essentiellement que le modèle agrège les données des joueurs et ne tient pas compte de la territorialité des ressources. Si on n'observe aucun phénomène d'effondrement dans l'alternative 2 (bien qu'on atteigne assez justement certains quotas), il est probable que les résultats du jeu de plateau présentent une situation radicalement différente : certains joueurs seront pris à la gorge et on observera non seulement des effondrements environnementaux (exploitation non durable des forêts, des terres, ....) mais également des effondrements sociaux... A moins bien sûr que les joueurs mieux dotés ne leur viennent en aide, ce que le jeu proposera au travers des cartes 'événement' et des transferts de technologies.

Une deuxième critique est la calibration mathématique des liens qui unissent les différentes variables. Pourquoi faut-il une carte bois pour construire une école ? Pourquoi pas deux cartes métaux, une carte bois, de la terre et de l'eau ? Pourquoi pas, en effet... Il est évident que ces rapports importent peu dans le jeu ; ils ne véhiculent aucun point d'apprentissage. Il en est tout autre dans la réalité... Ils ont dès lors été fixés afin de faciliter la manipulation des règles de jeu.

La modélisation du fonctionnement de base du jeu nous a permis de calibrer les conditions initiales du jeu et les rapports entre les variables. Nous sommes donc partis de données

réelles, transformées proportionnellement pour finalement les modifier au travers de la simulation. L'idée derrière cela est de favoriser les points d'apprentissage plutôt que la simulation d'une réelle situation, tendance visible dans beaucoup de méthodes pédagogiques.

# CRITIQUES AU CLUB DE ROME ET TENTATIVES DE RÉPONSES 30 ANS PLUS TARD ?

---

## I. INTRODUCTION

Il nous a paru important de nous arrêter quelques pages sur la nouvelle publication du Club de Rome, « Limits to Growth, the 30 year Update » et ce pour plusieurs raisons :

- Ce n'est pas un hasard si ce chapitre suit celui sur la modélisation du jeu. En effet, le chapitre précédent a exposé la modélisation de la mécanique de base du jeu qui a été réalisée en utilisant les mêmes types d'outils que ceux utilisés par le Club de Rome.
- Les discussions sur les sources et les puits dans « Limits to Growth, the 30 year Update » ont été une source d'inspiration pour la conception du jeu.
- Les auteurs sont convaincus, comme nous, de la valeur ajoutée de la dynamique des systèmes pour aborder des questions de développement durable.
- Le Club de Rome est un classique de la littérature sur l'environnement et le développement durable et ,de plus, nous avons la chance d'avoir sous la main leur dernière mise à jour datant de juin 2004<sup>70</sup>. Nous le retrouvons dans les projections de l'empreinte écologique dans le rapport « Planète vivante, 2002 » du WWF international qui fut également utilisé dans ce travail. C'est d'autant plus amusant que ces projections se sont faites sur base du nouveau modèle (World 3.03) avant que celui-ci ne soit rendu public mi-2004. L'Institut for Miljovurdering a donc ouvertement critiqué les projections du WWF sans avoir accès à World 3.03 mais en se basant sur World 3.92, le modèle de la première mise à jour de 1992, « Beyond the Limits ».

Nous voulions, au travers de ce chapitre, non pas chercher de l'inspiration pour le jeu, mais plutôt de **tenter de répondre à la question de savoir si les auteurs de « Halte à la croissance ? » ont surmonté les critiques qui leur furent adressées depuis la publication de cet ouvrage** et, si oui, de quelle manière ils l'ont fait dans leur dernier ouvrage. Peut-être cherchions nous là une manière de les défendre. Nous n'y sommes pas entièrement arrivés.

## II. CRITIQUES ET RÉPONSES DES AUTEURS<sup>71</sup>.

Les **critiques** de « Halte à la croissance ? »<sup>72</sup> ont été fort nombreuses. E. Zaccaï (E. Zaccaï , 2002) en énumère les principales dans son ouvrage. Nous les reprenons ci-après et les commentons par rapport à la mise à jour de « World 3 ».

Les deux moteurs du modèle « World 3.03 » restent la croissance de la population et celle du capital industriel, tout le reste n'est que dérivées ou variables atténuant l'effet des croissances exponentielles. On verra dans le chapitre suivant que les scénarios proposés par le PNUE sont par contre construits au départ de 7 forces motrices. Mais peut-on

---

<sup>70</sup> Nous nous sommes procuré l'ouvrage de Grande-Bretagne via Internet.

<sup>71</sup> En italique (ci-dessous) ce sont les critiques.

<sup>72</sup> Meadows Donella, Meadows Dennis, Randers Jorgen, et Behrens William, Halte à la croissance ?, Fayard, Paris, 1972.

comparer ces deux approches de projections du monde dans le futur ? Répondre à cette question demanderait un travail en soi.

***La modélisation mathématique des interactions sont approximatives tant les données de l'époque sont lacunaires surtout en matière de pollution.***

30 ans séparent les deux publications. 30 années où une conscience environnementale s'est franchement affirmée au sein de la population, des gouvernements et des institutions internationales. Pas étonnant donc que les études et les indicateurs de suivi des thématiques environnementales ont explosé tant par leur nombre que par leur qualité. Les auteurs, dans leur souci d'alimenter leur modèle en données fiables, s'appuient sur les publications les plus récentes des institutions internationales. Est-ce que les interactions sont pour autant mieux modélisées qu'en 1972 ? On peut le supposer, les outils techniques se sont grandement améliorés (World 3 tourne depuis 1990 sur STELLA, programme similaire à Vensim que nous avons nous-même utilisé et qui présente de grandes possibilités dans la mise en équations différentielles des interactions). Cependant, la mise en équation d'interactions de variables agrégées contient une part d'arbitraire. Les variables agrégées entraînent des interactions entre elles également agrégées et par conséquent une mise en équation approximative. Plus on agrège, plus on s'éloigne des données sources et de la réalité. Toutefois, pour les auteurs, « les interactions primaires de World 3.03 sont de bonnes représentations des mécanismes causaux importants de la société humaine [...] en conséquence nous avons confiance dans les comportements dynamiques du modèle » (Meadows et al., 2004 : 141).

***Les variables sont des variables agrégées. Ainsi la pollution est agrégée en une seule variable.***

Les auteurs ne s'en cachent pas, ils utilisent des variables agrégées. « Le modèle est une grande simplification de la réalité. Il ne distingue pas les différentes parties du monde et ne distingue pas les riches des pauvres [...] World 3.03 capture les influences des nombreux polluants sous forme de deux variables agrégées, l'une représente les pollutions de l'air d'une courte durée de vie et l'autre les matériaux toxiques de longue durée de vie. Le modèle distingue les sources renouvelables qui produisent les aliments et les fibres, des sources non renouvelables qui produisent les énergies fossiles et les minéraux, mais il ne présente pas de variables pour chaque type d'aliments, de fibres, d'énergies fossiles ou de minéraux. Il omet les causes et les conséquences de la violence. Il n'y a pas de capital militaire et la corruption est absente du modèle » (Meadows et al., 2004 : 134). Mais, sans le démontrer, ils affirment qu'un modèle plus fin n'apporterait pas de valeur ajoutée supplémentaire. Il y a eu donc un affinement du modèle mais cela paraît loin d'être satisfaisant, surtout au regard de l'absence de modélisation des facteurs politiques.

***Le modèle est global et ne tient pas compte des spécificités territoriales tant dans les ressources que dans les pollutions, ce qui est pourtant fondamental dans la prise de décisions.***

Le commentaire précédent est explicite sur cette question. C'est pour nous une des plus grosses failles de World 3.03, sauf à supposer que l'on ait à notre disposition un gouvernement mondial, ce qui est encore loin d'être le cas...

***La question des conditions politiques de la régulation du développement n'est pas traitée : la répartition des terres, l'accès aux ressources et aux produits,...***

Les auteurs présentent quatre conclusions à l'issue de la discussion sur les limites. L'une d'elles est exprimée de la façon suivante : « l'importance de ces flux (de matières et d'énergie) n'est pas nécessaire. Des changements techniques, distributionnels et institutionnels pourraient énormément les réduire tout en maintenant et même en améliorant la qualité moyenne de la population mondiale » (Meadows et al., 2004 : 56). Après un tel commentaire, on s'attend à ce qu'un des scénarios modélise ces changements. Or, une lecture attentive du scénario 9, le scénario de la durabilité, ne nous permet pas de conclure que les changements institutionnels auxquels ils font référence, ou les questions de distribution et d'accès aux ressources aient été modélisés.

Oui, dans le scénario 9, les familles s'auto-régulent pour limiter le nombre d'enfants à deux ; oui, la production industrielle est limitée, et des technologies de réduction de la population, et de protection des ressources sont mises en œuvre dans le but d'atteindre globalement la durabilité. Mais par quels mécanismes atteint-on ces changements ? Comment les fruits de la durabilité sont-ils distribués ? Le modèle ne dit mot sur ces questions d'autant plus essentielles que l'indicateur de bien-être humain du modèle (très similaire à l'indice de développement humain du PNUD) se stabilise à un niveau similaire à celui d'aujourd'hui ! Que faut-il en conclure sur la distribution de ce bien-être au sein de la population mondiale ? Le modèle ne permet pas d'y répondre. C'est d'autant plus incompréhensible que c'est une question fondamentale du développement durable – rappelons-nous la définition du rapport Brundtland – et qu'il est possible de modéliser cette question de la répartition !

***Les limites de l'environnement sont constituées uniquement du côté des sources par les ressources non renouvelables à l'exception des terres cultivées et, du côté des puits, par la pollution globale. Pas un mot donc sur les ressources renouvelables dont les croissances économique et démographique pourraient aussi entamer le capital.***

Les auteurs ont inclus dans cette version-ci du modèle de quoi calculer l'empreinte écologique (terres cultivées, pêche, forêts, développement urbain, empreinte énergie, pâturage). Il nous faudrait toutefois regarder à l'intérieur de la boîte noire pour être certain que l'indicateur « empreinte écologique » est bien modélisé suivant la méthode de Wackernagel. A la lecture de « Limits to Growth, the 30 year Update », rien ne pourrait conclure que la pêche, les forêts, le développement urbain et les surfaces de pâturage aient été modélisés.

***Il y a eu une surévaluation des prévisions concernant les cinq facteurs de base, notamment ceux de la population et de la croissance économique. Rappelons que le rapport est écrit juste avant la première crise pétrolière, au moment où la croissance était encore forte.***

La population est supposée atteindre 9,2 milliard de personnes en 2050, ce qui est dans la veine des projections que nous avons eu l'occasion de voir. Pour le reste, nous l'avons dit, le modèle se calibre sur les diverses publications récentes des Nations Unies.

***Les possibilités technologiques de réduire la pollution ne sont pas prises en compte.***

Les possibilités technologiques de réduire la pollution sont ici prises en compte au côté des technologies éco efficaces.

***Son appel à stopper la croissance et la progression démographique comme solution durable est évidemment critiquable. De plus, aucune solution politique de partage des richesses n'est envisagée, ce qui donne au travail un petit air malthusien.***

Cette critique nous semble rester d'actualité. Le scénario de la durabilité a exactement cette ambition : faire stopper la croissance démographique et la production industrielle afin d'arriver à un état d'équilibre, ce qui ne signifie pas « équilibré » pour tout le monde. Le développement durable est, à ce niveau, beaucoup plus conciliable.

### III. CONCLUSIONS

La lecture du scénario 9 (celui de la durabilité) nous amène à penser que si le modèle World 3.03 a été fortement amélioré et affiné depuis trente ans, **le message que les auteurs veulent faire passer n'a, quant à lui, pas changé et dit en substance qu'il faut contenir la progression de la population mondiale, réduire sa consommation au risque de dépasser les limites du système et de voir l'ensemble s'effondrer même si les technologies peuvent aider à ralentir ce processus.**

Les auteurs nous donnent donc l'impression d'être tout autant omnibusés qu'en 1972 par la mécanique mathématique des croissances exponentielles de la population et du capital industriel qui viennent se fracasser sur les limites du système environnemental. Il suffit, pour s'en convaincre, d'observer la façon dont Dennis Meadows a fait évoluer ces jeux éducatifs sur l'environnement et le développement (voir chapitres précédents).

# FINITIONS SUR L'ÉLABORATION DU JEU

---

## I. INTRODUCTION

*Où en sommes-nous dans la conception du jeu ?*

Nous avons créé une mécanique de jeu basée sur les caractéristiques du développement durable. Certains éléments de cette mécanique ont été calibrés : ils s'agit essentiellement des quantités de pions de population par rapport à celles des ressources naturelles de l'île. Il reste à imaginer ce que les joueurs feront au delà du développement durable minimal, quelles pourraient être les conséquences de leurs décisions et sous quelle forme ces conséquences apparaîtront.

Afin de nous aider à avancer dans ce type de conceptions qui dépendent, à vrai dire, essentiellement de l'imagination, nous avons eu recours au rapport « L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir » du PNUE, que nous croisons avec certaines informations issues de « Limits to Growth, the 30 Year Update ».

Soyons clair sur la démarche : nous ne cherchons pas à nous inspirer de l'ensemble de GEO-3, ou de reprendre un des scénarios proposés. Il s'agit ici de **glaner quelques éléments, quelques thématiques incontournables du développement durable ou de l'environnement et qui, à ce titre, devraient se retrouver dans le jeu d'une manière ou d'une autre. L'écriture des règles finira la conception du jeu.**

Après une courte description de cet important rapport, nous aborderons les caractéristiques les plus importantes de l'état des grands secteurs de l'environnement. Ensuite, nous aborderons la question des forces motrices identifiées par le PNUE comme étant responsables de ce qui arrivera à l'avenir dans chacun des quatre scénarios proposés. Nous en profiterons pour les comparer avec celles qui animent « World 3.03 ». Ce faisant, nous commenterons certains éléments par rapport au jeu. Tantôt, nous justifierons un choix, tantôt nous tenterons de transposer l'élément dans le jeu.

## II. GEO-3

Le rapport « L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir »<sup>73</sup> est une publication du programme publié des Nations Unies pour l'environnement. Troisième du genre, il a été programmé pour contribuer aux débats du Sommet mondial pour le développement durable, à Johannesburg.

Après avoir brossé les événements et développements de 1972 à 2002, ce rapport approfondit l'évolution de l'état des grands secteurs environnementaux durant la même période, en détaillant, pour chacun, la situation mondiale, puis régionale. Ces secteurs sont la terre, les forêts, la diversité biologique, les eaux douces, la mer et les côtes, l'atmosphère, les zones urbaines et les catastrophes environnementales.

Une dernière partie tente de décrire quatre futurs possibles pour les trente prochaines années (2002-2032) sur base de différents modèles (présentés brièvement, mais non détaillés) qui font varier sept forces motrices considérées comme explicatives des futurs. Ces forces sont la démographie, le développement économique, le développement humain,

---

<sup>73</sup> Programme des Nations Unies pour l'Environnement, L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir, PNUE, Nairobi, 2002

la technologie et les sciences, la gouvernance, la culture et l'environnement. Ces forces ont donc été calibrées dans les modèles de façon à produire quatre scénarios d'avenir extrêmement différents les uns des autres. Vraisemblablement aucun d'eux ne se produira in extenso ; par contre, ils contiennent tous des éléments que l'on pourrait voir se produire durant ces trente prochaines années. Les scénarios sont « Marché d'abord », « Politique d'abord », « Sécurité d'abord » et « Durabilité d'abord ».

Ces scénarios sont essentiellement descriptifs. Le quantitatif vient appuyer des considérations sur l'avenir. Ils sont donc plus souples et quelque part plus réalistes que « World 3.03 » dans la mesure où ils tiennent compte de considérations politiques, institutionnelles et géographiques qui sont - comme nous l'avons vu - absentes du modèle du Club de Rome. Pour comparer ces travaux, il faudrait un travail approfondi, ce qui sort de l'objet de ce mémoire.

### III. LES SECTEURS ET THÉMATIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

Nous présentons ici les éléments qui présentent le plus d'intérêt dans l'aménagement du jeu.

#### 1. LA TERRE

Lorsqu'on étudie la période de 1985 à 1995, on observe que l'augmentation de la population va plus vite que l'accroissement de la production vivrière dans de nombreuses parties du monde et surtout en Afrique. On estime que 23 % de l'ensemble des terres utilisables, en excluant les montagnes et les déserts, ont subi des dégradations qui ont provoqué des pertes de productivité. Ces dégradations sont essentiellement dues à :

- La déforestation pour 30% (voir plus loin) ;
- Le surpâturage pour 35% (environ 20% des surfaces de pâturages ont été endommagées) ;
- La consommation de bois de feu ;
- La mauvaise gestion agricole pour 27% (salinisation des terres dues à l'irrigation et utilisation abusive d'intrants chimiques. Cet effet rentre en compte dans le jeu) ;
- La surexploitation végétale pour 27% ;
- Dans une moindre mesure, l'industrie et l'urbanisation pour 1%.

→ **Dans le jeu** : Les surfaces de collines peuvent être exploitées de plusieurs manières :

- Pour assurer la production de viande que cela soit par des techniques de pâturage ou par la production d'oléagineux qui sert à nourrir le bétail ;
- Pour transformer les surfaces de collines en terres cultivées dont les produits sont exclusivement destinés à la consommation humaine ;

Et éventuellement :

- Pour faire une plantation de bois ;
- Pour recréer des zones naturelles afin de préserver/augmenter la bio diversité.

La question se pose donc sur les rapports entre production de viande et production de céréales. Les chiffres varient bien évidemment d'une source à l'autre en fonction de la méthodologie de calcul. Les rendements de production de viande varient aussi fortement suivant le type de production : la production d'un kilo de volaille nécessite 3,4 kg d'équivalent alors qu'un kilo de porc en nécessite 8,4. La production de 31,2 millions de tonnes de toutes

viandes confondues, aux Etats-Unis en 1993 a consommé 192,7 millions de tonnes d'équivalent maïs, ce qui donne un très faible ratio de 6,17 :1<sup>74</sup>. Nous avons fixé le ration à 3 :1 dans le jeu, pour ne pas décourager d'emblée les joueurs d'aller vers la production animale.

## 2. LES FORÊTS

Les forêts sont définies comme toutes les superficies d'au moins 0,5 hectare dont au moins 10% sont recouvertes de canopée. Ainsi, la superficie totale des forêts est d'environ 3 866 millions d'hectares, ce qui représente près d'un tiers de la superficie des terres émergées ; 95% sont des forêts naturelles et 5% sont des forêts de plantation<sup>75</sup>. Quelque 80% de ces forêts sont concentrées dans 15 pays dont trois ont été schématiquement représentés  **dans le jeu**  de manière tout à fait fortuite : la Fédération de Russie, l'Inde et les Etats-Unis.

Les forêts font évidemment l'objet d'un conflit entre gestion environnementale et exploitation commerciale. Ainsi, 70% de la déforestation dans les années 90 est due à l'expansion des terres agricoles. Il en va de même pour la déforestation pour le bois de chauffage ou l'usage domestique (cuisine) dans les PVD où 137 millions d'hectares de forêt seraient partis en fumée.

→ **Dans le jeu** : Il sera possible pour les joueurs de « liquider une forêt » pour transformer l'hexagone en terre cultivées.

Il nous faut encore préciser le rôle des forêts dans la séquestration du carbone qui va se préciser d'avantage avec la mise en place des règles et les modalités de comptabilisation du carbone séquestré.

→ **Dans le jeu** : Un des moyens de résolution de la crise globale du réchauffement climatique (qui arrive sous forme de carte 'événement') peut être de planter des forêts sur des collines non encore exploitées. La coopération apparaît dans la prise en charge de cette opération et est poussée par une situation où, si personne ne bouge, tous en pâtissent.

## 3. L'URBANISATION

GEO-3 ouvre son chapitre sur l'urbanisation par ces mots : « [...] la gestion durable de l'environnement urbain sera un des grands défis de l'avenir » (PNUE, 2002).

Les 30 dernières années (et sans doute les 30 suivantes) ont été l'occasion de grands bouleversements dans la distribution de la population entre les villes et les campagnes. En 2007, la moitié de la population vivra dans des zones urbaines et en 2050, 65% de la population habitera des villes alors que la même proportion était en faveur de la campagne en 1950. En 2002, 70% de la population urbaine mondiale était concentrée dans les PVD<sup>76</sup>.

→ **Dans le jeu** : Le scénario du jeu suppose implicitement que la population de chaque participant est à 100% urbaine. Ce choix s'explique par un souci de ne pas trop complexifier le scénario du jeu par une population mi-urbaine, mi-rurale, mais c'est un choix qui n'est pas non plus tout à fait détaché de la réalité car, comme nous le voyons, l'urbanisation va bon

---

<sup>74</sup> United States Department of Agriculture, Agricultural Statistics 1997, USDA, Washington, 1997.

<sup>75</sup> FAO, Global Forest Resources Assessment 2000, FAO Forestry Paper 140, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2001 in PNUE 2002.

<sup>76</sup> CNUEH, Cities in a Globalizing World : Global Report on Human Settlements 2001, Londres, Earthscan, 2001 in PNUE, 2002.

train. La gestion de la ville se résume au logement de la population, à la fourniture de biens publics et privés et éventuellement à la gestion des déchets municipaux avec des cartes 'événement'.

La pauvreté urbaine s'aggrave. On estime qu'un quart de la population urbaine vit en dessous du seuil de pauvreté et que cette pauvreté est surtout marquée dans les ménages ayant à leur tête une femme (CNUEH, 2001 in PNUE 2004). Ces pauvres habitent souvent des zones urbaines marginales, en tout cas dans les PVD, particulièrement sensibles aux dégradations de l'environnement auxquels ils participent, faute de pouvoir faire autrement. Ils font face à des inondations et des glissements de terrain et n'ont évidemment pas accès aux services de base tels que l'adduction d'eau ou l'assainissement.

→ **Dans le jeu** : L'aspect pauvreté intra urbaine n'intervient pas dans le jeu.

Les villes sont souvent situées sur des terres très fertiles de par leur histoire.

→ **Dans le jeu** : Une ville qui se développe au-delà des hexagones urbains mange sur les terres cultivées.

Quelques chiffres frappants : Moins de 35% des villes dans les PVD traitent les eaux usées ; 30 à 50 % des déchets solides des villes de faibles à moyens revenus ne sont pas ramassés ; Les minibus et bus sont les premiers moyens de locomotion dans les villes, suivis par les voitures et la marche à pied<sup>77</sup>.

En conclusion, si la ville a une empreinte écologique forte (jusqu'à 125 fois sa surface dans le cas de Londres), elle peut également favoriser un développement durable dans le sens où elle crée énormément de synergies par la concentration importante de populations sur une surface réduite.

#### 4. L'ATMOSPHÈRE

En matière de pollution de l'air, nous nous limiterons à la question des gaz à effet de serre et les conséquences du changement climatique induit. Si toute une controverse entoure les causes et les conséquences du changement climatique, nous nous placerons du côté des thèses environnementalistes dont certaines sont des certitudes volontairement niées par les opposants. Nous savons que les concentrations de CO<sub>2</sub>, responsables de 60% de l'augmentation de l'effet de serre, ont augmenté de 30% depuis 1750 et ce, très largement à cause des émissions anthropiques. Le GIEC – Groupe Intergouvernemental d'experts sur le changement climatique – a conclu en 2001 à de nouveaux éléments de preuves entre émissions anthropiques et réchauffement climatique. Ainsi, le XX<sup>ième</sup> siècle a vu sa température croître de 0,6°C (+/- 0,2) et 1998 a été l'année la plus chaude depuis qu'on tient des registres de températures (1861). Les niveaux des mers ont monté de 10 à 20 cm et ce, probablement en grande partie à cause de l'augmentation de la température<sup>78</sup>. Les conséquences concrètes seront évidemment variables en fonction des régions mais il est évident qu'il créera un précédent environnemental dans l'histoire moderne de l'homme qu'il est aujourd'hui difficile de prédire avec certitude : phénomènes climatiques variés, inondations, sécheresse, tornades, perte de biodiversité, baisse des rendements agricoles, ....Le GIEC prévoit notamment une augmentation de la fréquence et de l'intensité des

---

<sup>77</sup> GUO, Monitoring the Implementation of the Habitat Agenda, Observatoire mondial des villes, Nairobi, Centre des NU pour les établissements humains, 2000 in PNUE 2002.

<sup>78</sup> GIEC, Climate Change 2001 : The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge et New-York, Cambridge University Press, 2001 in PNUE 2002.

tempêtes et autres événements météorologiques extrêmes comme celui de El Nino (GIEC 2001 in PNUE, 2002).

→ **Dans le jeu** : voir commentaires précédents sur le réchauffement climatique

## 5. LA MER ET LES CÔTES

Par rapport au scénario du jeu où tous les participants ont à gérer une ville, on peut dire qu'en 1994, 37% de la population mondiale vivait à moins de 60 km d'une côte, plus que la population mondiale en 1950<sup>79</sup>.

Les prises de poissons de mer fluctuent autour de 80 à 90 millions de tonnes depuis le milieu des années 80 et restent donc relativement stables. Par contre la production de l'aquaculture a fortement augmentée surtout en Asie et au Pacifique. Ceci dit, l'exploitation des réserves<sup>80</sup> poissonnières reste intensive et on considère que les trois quarts des stocks sont déjà exploités au maximum.

L'expansion des prises a été permise par l'utilisation d'une technologie toujours plus poussée qui permet de pêcher des espèces de plus en plus petites, à des niveaux toujours plus bas sur la chaîne alimentaire marine car les espèces de grands prédateurs ont été progressivement épuisées.

→ **Dans le jeu** : dans ce domaine le jeu se limite à mettre en perspective les problèmes de sur-pêche.

## 6. LA BIO DIVERSITÉ

10 des 25 médicaments les plus vendus dans le monde en 1997 provenaient de sources naturelles. 75% de la population mondiale se soignent au moyen de médicaments traditionnels qui proviennent directement de sources naturelles<sup>81</sup>. Les pertes de la bio diversité se font à un rythme sans précédent mais variable selon les surfaces naturelles et sont essentiellement dues à la mise en culture des terres, le changement climatique, la pollution, la surexploitation des ressources naturelles et l'introduction des espèces exotiques.

Précisons encore que les forêts tropicales renferment 90% des espèces vivantes sur la terre alors qu'elles ne couvrent que 10% de la surface de la terre.

→ **Dans le jeu** : la bio diversité n'apparaît que sous forme de carte « événement ». Ceci est assez léger au regard de l'importance de la bio diversité pour l'homme et son environnement et l'ampleur de la disparition actuelle.

## 7. LES CATASTROPHES

Une catastrophe est définie « comme un dysfonctionnement grave de la société, qui provoque des pertes humaines, matérielles ou environnementales étendues auxquelles la

---

<sup>79</sup> Cohen, Small, Mellinger, Gallup et Sachs, Estimates of coastal population, Science 278, 1211-1212, 1997.

<sup>80</sup> FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2000, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2001 in PNUE 2002.

<sup>81</sup> PNUD, PNUE, Banque Mondiale et WRI, World Resources 2000-2001, Washington, Institut des Ressources Mondiales, 2000 in PNUE 2002.

société touchée ne peut faire face par ses propres moyens »<sup>82</sup>. Il faut distinguer les catastrophes qui résultent d'un risque naturel ou anthropique. Les catastrophes naturelles sont :

- Les séismes ;
- Les éruptions volcaniques ;
- Les glissements de terrain ;
- Les tsunamis ;
- Les cyclones tropicaux ;
- Les tornades et vents de tempête ;
- Les inondations des zones fluviales ou côtières ;
- Les incendies de forêt ;
- Les sécheresses (qui provoquent des famines),...

Le nombre de grandes catastrophes ces dernières années a été multiplié par trois par comparaison avec les années 60, les pertes économiques ont été, quant à elles multipliées par neuf au cours de la même période<sup>83</sup>, bien que les estimations, souvent basées sur les chiffres des sociétés de réassurance sous-estiment les coûts puisque tout les dégâts ne sont pas assurés, surtout dans les PVD.

Il nous faut évidemment distinguer les pertes humaines et les pertes financières provoquées par les catastrophes. Ainsi, durant les 10 dernières années, les séismes ont causé 30% des dommages estimés, mais 9% seulement des pertes de vies humaines dues à des catastrophes. Par contre les famines ont causé 42% des pertes humaines et seulement 4% des dommages<sup>84</sup>. On remarquera également le rapport étroit qui existe entre niveau de développement de la zone touchée et impact de la catastrophe : en moyenne, il meurt 22,5 personnes par catastrophe dans les pays développés, contre 145 dans les pays à développement humain moyen et 1052 dans les pays à faible niveau de développement humain (FICR, 2001). Cet élément nous est particulièrement instructif pour un jeu où les différences de développement entre zones sont particulièrement marquées, en tout cas dans les conditions initiales de jeu.

Les catastrophes anthropiques sont liées à des matières chimiques et radioactives et sont de nature à attirer l'attention du public. Elles provoquent chez les législateurs la prise de mesures, certes variables, mais bien réelles. Quelques exemples pour nous aider à se faire une image de la nature de ces catastrophes : Seveso (Italie, 1976), Bhopal (dont on célèbre tristement le 20 anniversaire cette année ; Inde, 1984), Sandoz (Suisse, 1989), Three Mile Island (Etats-Unis, 1979), Tchernobyl (Ukraine, 1986), Exxon Valdezo (Alaska, 1984).

→ **Dans le jeu** : les catastrophes apparaissent essentiellement sous forme de cartes « événement » dont les conséquences dépendent des actions antérieures des joueurs.

#### **IV. LES FORCES MOTRICES DES QUATRE SCÉNARIOS PNUE:**

Les sept forces motrices qui entrent en jeu dans l'explication des quatre scénarios sont :

---

<sup>82</sup> Nations Unies, Bureau de la coordination des affaires humanitaires, Glossaire international multilingue agréé des termes relatifs à la gestion des catastrophes. Stratégie internationale de prévention des catastrophes, 2001. <http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm>

<sup>83</sup> Munichoise de réassurance, Topics 200 : Natural Catastrophes – Current Position. Numéro spécial de Millénaire. Munich, Munichoise de réassurance, 2001 in PNUE 2002.

<sup>84</sup> Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, World Disaster Report 2001, FICR, 2001. <http://ifrc.org/publicat/wdr2001/>

## 1. LA DÉMOGRAPHIE :

La démographie croît surtout dans les PVD, mais la transition démographique est en cours partout, cependant variable en fonction des scénarios. L'effet de la démographie dépend de la structure d'âge par régions. La population des pays dits développés vieillit quelque soit les scénarios ; les régions en développement ont une population très jeune qui vieillit néanmoins dans les 30 prochaines années sans pour autant percevoir nettement une stabilisation de la population étant donné les effets d'inertie. La démographie augmente aussi la pression sur les ressources naturelles et la demande en flux matériels ; elle accroît les flux de déchets et des émissions et augmente l'urbanisation et la demande en transport, surtout dans des régions à faible urbanisation telles que l'Afrique, l'Asie et le Pacifique. L'urbanisation est ainsi particulièrement marquée dans les régions côtières, ce qui nous conforte dans notre choix des villes côtières comme base de scénario de jeu. La démographie provoque enfin des migrations de populations, plus forte dans les scénarios « sécurité » et « marché » que dans les deux autres où une meilleure répartition des richesses atténue ce phénomène.

La démographie est le premier moteur de « World 3.03 » qui accentue la pression - via la consommation essentiellement - sur les ressources naturelles. A la différence de GEO-3, les classes d'âges ne sont pas modélisées et l'absence de différenciation géographique implique un non flux de population.

→ **Dans le jeu :** La démographie induit également une pression sur les ressources (c'est donc aussi un des moteurs du jeu), par contre, les classes d'âges sont absentes du scénario. Nous aimerions reprendre la notion de migration de population. Nous l'introduirons suivant une carte 'événement' qui obligera le joueur l'ayant pêchée à accepter un ou plusieurs pions du joueur qui possède la plus mauvaise situation en terme de points de victoire verts, bleus et rouges.

## 2. LE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE :

Le développement est de plus en plus intégré au niveau de la planète. Ceci est dû à l'élimination des barrières douanières et au progrès des technologies de l'information. Ce phénomène est toutefois le moins avancé dans le scénario « développement durable ».

On observe une concentration des facteurs de production entre les mains de quelques multinationales et par conséquent des inégalités dans la répartition des revenus inter et intra pays et dans l'utilisation des ressources. Il y a de moins en moins d'Etat et en conséquence, l'informel se développe dans les scénarios « marché » et « sécurité » avec des variantes régionales pour ce dernier : alors que des régions intensifient leur intégration, d'autres sont laissées sur le carreau. On observe une meilleure prise en compte des facteurs sociaux et environnementaux dans les scénarios « politique » et « développement durable ». La croissance des revenus moyens est la plus faible dans « sécurité ». L'inégalité dans la répartition est la moins prononcée dans « durabilité ».

La croissance industrielle est le deuxième et dernier moteur de « World 3.03 ». Encore une fois, les questions des inégalités économiques et de l'accès aux ressources y sont totalement absentes.

→ **Dans le jeu :** La mécanique des points de victoire verts (environnement), bleus (économique) et rouges (social) devrait permettre une meilleure prise en compte de critères de durabilité dans les décisions des joueurs.

### 3. LE DÉVELOPPEMENT HUMAIN :

Le développement humain équivaut à la satisfaction des besoins alimentaires, de santé, de sécurité, ... il est freiné par la poids de la dette et la baisse de l'aide publique, mais également par une faible gouvernance, les violations de droits de l'homme, l'absence de démocratie et de médias libres, les conflits, la pandémie du SIDA,...Un faible développement humain accélère les migrations et la dégradation de l'environnement. Les résultats obtenus en matière de développement humain dans les différents scénarii varient fortement étant donné les différences philosophiques de chacune d'eux : le scénario « marché » part de l'hypothèse que le développement économique, s'il n'est pas contraint de quelques façons, conduit naturellement à la satisfaction des besoins humains. Le scénario « sécurité » met avant tout l'accent sur la sécurité matérielle avant la sécurité sociale.

### 4. LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE :

La science et la technologie se concentrent sur la télématique et la biotechnologie qui galvanisent ? l'agriculture, la pharmacologie( ?) tout en suscitant de nombreuses questions. La science et la technologie transforment la nature de la production, du travail et des temps de loisirs. Elles peuvent provoquer et aggraver une fracture numérique si les transferts de connaissances et de technologies ne voient pas le jour.

→ **Dans le jeu** : les transferts de technologie sont possibles via les cartes 'événement' ou la phase de commerce et ce, même si le pays n'a pas construit son quota d'écoles.

On est en droit de questionner les coûts et avantages de toutes ces avancées scientifiques. Le scénario « marché » utilise la technologie en rapport avec l'environnement dans le seul but d'en augmenter sa productivité. Dans « politique » et « durabilité », des instruments publics comme les taxes sur la pollution et les comportements des consommateurs et des producteurs, soucieux des questions environnementales et sociales, ralentissent le progrès des technologies mais en préviennent également les retombées dommageables.

→ **Dans le jeu** : La technologie est liée à l'amélioration des rendements d'exploitation des ressources naturelles, quitte à entamer le capital comme dans le cas de l'agriculture et de la pêche. La technologie est aussi liée à l'éco-efficience dans la production des biens de consommation.

### 5. LA GOUVERNANCE

La gouvernance équivaut à l'ensemble des variables qui déterminent l'exercice du pouvoir. Tous les acteurs de la société sont concernés par la gouvernance : pouvoirs publiques, entreprises, ONG, ...La gouvernance favorise actuellement les droits individuels et une délégation du pouvoir central (national) à de plus petites entités, et ce, y compris dans la sphère privée. Paradoxalement, on observe une intégration régionale, voire mondiale poussée par le développement de réseaux. Dans « marché », l'accent est mis sur les institutions qui encouragent le bon fonctionnement du marché. « Politique » part de l'hypothèse d'une plus grande coordination entre le public et le privé, provoquée par le haut. « Durabilité » fait la part belle à la participation de la base ; les autorités publiques sont amenées à partager le pouvoir avec la société civile. « Sécurité » met en jeu une gouvernance centralisée, autoritaire, efficace chez les riches mais mitigée chez les pauvres.

→ **Dans le jeu** : La gouvernance est basée sur les indicateurs du développement durable. La participation est absente du processus de jeu, sauf à considérer que le règlement des crises globales doit se réaliser en coopération entre tous les joueurs.

## **6. LA CULTURE :**

Ensemble de valeurs et d'institutions qui permettent au pays de préserver et de développer son identité. C'est l'ensemble des conceptions qui déterminent la position de la société par rapport au développement économique comme force d'intégration par rapport à l'équité, la justice, la nature, le progrès scientifique et technologique,... Il existe une tendance actuelle à l'homogénéisation de la culture, individualisme matériel ici et envie de niveaux de consommation occidentaux là-bas. L'ensemble est freiné par des poches de réflexion/résistance au nord, particulièrement présentes dans le scénario « durabilité », et des mouvements de rejet, notamment au travers du terrorisme, au sud dans le scénario « sécurité ».

## **7. L'ENVIRONNEMENT :**

Les ressources environnementales et les problèmes varient d'une région à l'autre ; néanmoins, il existe des dotations globales et que l'inégalité de la répartition est parfois balayée par les ressources financières. C'est notamment le cas pour le pétrole. L'environnement représente l'atmosphère, l'eau, le sol et la bio diversité. Aucune région du monde n'est à l'abri des réactions de l'environnement même si elles seront touchées à des degrés variables suivant le type de catastrophes. Le scénario « durabilité » véhicule des valeurs qui orientent la recherche et le développement vers une plus grande préservation de l'environnement. Celui-ci subit les conséquences les plus néfastes dans « sécurité ».

## **V. CONCLUSIONS**

Ce rapide tour d'horizon de l'imposant rapport du PNUE nous a permis, outre de glaner quelques éléments intéressants pour le jeu, de mettre à jour nos connaissances en matière de secteurs de l'environnement. Nous ne saurions trop conseiller la lecture de ce travail fouillé et très bien renseigné.

La dernière étape de ce travail a sonné pour nous : l'écriture des règles de jeu. Elles sont présentées en annexe.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

---

Comme il est difficile de conclure un travail qui ne fait pas le point sur une thématique particulière mais qui en parcourt plusieurs dans le but d'enrichir la conception d'un jeu qui du reste, dépend de l'imagination.

On peut évidemment rappeler le cheminement chronologique qui a été présenté ici, en gardant à l'esprit que le processus fut plus itératif, comme cela avait été précisé dès l'introduction.

La conception du jeu s'est réalisée en 6 étapes.

Il a d'abord fallu choisir quel type de jeu nous souhaitions développer, et pourquoi nous pensions que ce type de pédagogie active présentait un intérêt pour l'éducation au développement durable. Notre choix s'est donc porté sur un jeu de simulation de plateau au regard de quatre arguments :

- Les sujets complexes et systémiques sont plus à même d'être « assimilés » par le public, via des méthodes pédagogiques actives tels que les jeux de simulation, car les participants font face aux conséquences de leurs choix et leur stratégie. Ils vivent ce qu'ils apprennent.
- En Belgique, l'éducation au développement durable est quasi absente des programmes de l'éducation formelle. La plupart des initiatives en la matière viennent du secteur associatif de l'éducation informelle qui utilisent des méthodes actives particulièrement appréciées du public.
- L'UNESCO insiste sur la nécessité que la société dans son ensemble soit éduquée au développement durable et amorce un changement de comportement. Toutes les couches de la société, en termes d'âge et de classe sociale doivent, d'après l'organisation, accéder à l'éducation au développement durable. Sans avoir la prétention de dire que le jeu s'adresse à tous sans distinction, il nous semble que le jeu, grâce ses avantages, a le grand atout, comparativement à d'autres méthodes interactives plus basées sur la parole, de permettre à un plus grand nombre de s'y intéresser et de s'y retrouver.
- Nous ne voulions pas non plus créer un jeu informatisé car notre expérience personnelle nous a permis de constater que ces jeux munis d'une « boîte noire informatique » comportaient beaucoup de temps morts dans leur déroulement et que les mécanismes associés n'apparaissent pas clairement aux yeux des participants.

Ensuite, nous avons tenté de mettre le développement durable sous forme de 24 messages caractéristiques, tous relativement simples à comprendre individuellement. Il y en a sans doute d'autres mais nous pensons que les principaux sont présents. L'étape suivante consistait à transposer ces messages en éléments de jeux. C'est l'heure de l'imagination, il faut concevoir un scénario de jeu. Le résultat est une île aux paysages idylliques que les joueurs vont peu à peu modifier pour assurer le développement de leur ville et répondre aux besoins de leur population. Ce faisant, vont-ils réussir à concilier un développement qui tienne compte des besoins essentiels de tous tout en préservant une partie l'environnement ou vont-ils le saccager pour maximiser leurs revenus financiers ? Un seul coup d'œil sur l'île en fin de partie permettra d'y répondre.

Reste à savoir combien de forêts, de collines, de cours d'eau, de montagnes, etc. contient l'île ? Comment faut-il les transformer ? En quoi ? et quelle quantité de blé pourra s'obtenir

sur une colline mise en culture par exemple ? etc. Nous avons répondu à ces nombreuses questions en deux étapes. La première consistait à calibrer les ressources de l'île et ses habitants sur base de chiffres réels de cinq pays. Les bio capacités des surface bio productives de ces cinq pays nous ont beaucoup aidé dans cette tâche, qui a été également pour nous l'occasion d'approfondir la question controversée de l'empreinte écologique. La deuxième étape fut centrer sur la construction d'un modèle mathématique reproduisant les mécanismes essentiels du jeu. Il nous a permis, non seulement de nous replonger dans la dynamique des systèmes, domaine que nous affectionnons particulièrement, mais aussi d'ajuster nos calibrages pour maximiser nos chances de transmettre les messages caractéristiques, les leçons du développement durable.

On a terminé par une revue de l'état des secteurs de l'environnement ce qui a permis d'agrémenter le jeu de l'une ou l'autre précision.

Ce travail se voulait personnel dès le départ ; la difficulté étant de l'être tout en respectant une démarche scientifique, voir transdisciplinaire puisqu'il s'inscrit dans des études qui le sont. Au vu des domaines abordés et de leur enchevêtrement résultant de la conception du jeu, nous pensons honnêtement qu'il s'agit là d'un travail transdisciplinaire à la mesure d'un étudiant de troisième cycle.

Si le mémoire s'arrête ici, la vie de ce jeu, elle, n'a pas encore commencé. Il nous reste à affiner les règles, construire un prototype et le tester plusieurs fois avec de nouvelles modifications. Seuls les tests permettront d'affirmer son efficacité. Élément encourageant : le Parc d'Aventures Scientifiques et Sociologiques et le « informatieve Spelen Centrum » sont volontaires pour nous aider dans cet ultime travail.

Reste que l'essentiel dans ce travail est que nous avons appris énormément, sur le jeu, la pédagogie, le développement durable et la dynamique des systèmes.

## BIBLIOGRAPHIE

---

Agence internationale de l'énergie, IEA energy statistics by country, available from the World Wide Web : < <http://library.iea.org/dbtw-wpd/Textbase/stats/index.asp>>

Agenda 21, Chapitre 36, A. Réorienter l'éducation vers un développement durable. Principes d'action, [http://www.agora21.org/rio92/A21\\_html](http://www.agora21.org/rio92/A21_html) (12 juin 2004)

Agenda 21, Les chapitres de l'Agenda 21, texte disponible sur le site [http://www.agora21.org/rio92/A21\\_html](http://www.agora21.org/rio92/A21_html) (12 juin 2004)

Amin, Samir, Le développement inégal, Ed. de Minuit, Paris, 1973.

Chalvin Dominique, Utiliser tout son cerveau. De nouvelles voies pour accroître son potentiel de réussir, séminaire de l'ESF, 2000.

Clayton A et Radcliffe J.N., Sustainability, a System Approach, Earthscan, London, 1996.

Clermont Gautier et Tardif Maurice (sous la direction de ), La pédagogie. Théories et pratiques de l'Antiquité à nos jours, Montréal, Gaëtan Morin, 1996.

CNUEH, Cities in a Globalizing World : Global Report on Human Settlements 2001, Londres, Earthscan, 2001 in PNUE, 2002.

Cohen, Small, Mellinger, Gallup et Sachs, Estimates of coastal population, in Science 278, pp 1211-1212, 1997, in PNUE 2002. .

Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement (CMED), Notre avenir commun, Ed. du Fleuve, Québec, 1988.

Crabbé Philippe, Sustainable Development : concepts, Measures, Market and Policy Failures at the Open Economy, Industry and Firm Levels, CANSEE '97 Conference Paper, McMaster University, Hamilton, 1997.

Daly Herman, Toward some Operational Principles of Sustainable Development, in Meadows D. et al., 2004.

De Grandmont Nicole, Pédagogie du jeu. Jouer pour apprendre, De Boeck, Bruxelles, 1997.

De Roose, Van Parijs, La pensée écologiste, De boeck, Bruxelles, 1991 in E. Zaccaï, 2002

Dominique Bourg, Les scénarios de l'écologie, Hachette, Paris, in E. Zaccaï, 2002.

Dumblekar, Vinod, Management simulations: Tests of effectiveness, in Simulation & Gaming, 2004, available from the WWW: [http://www.unice.fr/sq/resources/articles/dumblekar\\_2004\\_management.htm](http://www.unice.fr/sq/resources/articles/dumblekar_2004_management.htm) (15 juin 2004).

Edwin Zaccaï, Le développement durable, dynamique et constitution d'un projet, Presses Interuniversitaires Européennes, Bruxelles, 2002.

Faidutti, Bruno, Créer et publier un jeu de société, in Casus Belli n° 107, été 1997.

FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2000, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2001 in PNUE 2002.

FAO, Global Forest Resources Assessment 2000, FAO Forestry Paper 140, Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2001 in PNUE 2002.

Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, World Disaster Report 2001, FICR, 2001. <http://www.ifrc.org/publicat/wdr2001/> (5 juillet 2004)

GIEC, Climate Change 2001 : The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge et New-York, Cambridge University Press, 2001.

Gleick, PH, The World's Water 2002-2003. Washington, Island Press, 2002 in WWF, 2002.

GUO, Monitoring the Implementation of the Habitat Agenda, Observatoire mondial des villes, Nairobi, Centre des NU pour les établissements humains, 2000 in PNUE 2002.

Hermann N., Shkade L., Potvin A., The creative Brain, NASSP, Bulletin, septembre 1982. Institut for Miljovurdering, Assessing the Ecological Footprint, A Look at the WWF's Living Planet Report 2002, Institut for Miljovurdering, Kobenhavn, 2002.

Jacobs Michael, Sustainable Development as a Contested Concept, in E Zaccai, 2002. John D. Sterman, People Express, Management Flight Simulator, MIT, Cambridge, 1988.

Kunsch P.L., La dynamique des systèmes, un outil pour les politiques d'environnement, Note de cours de PL Kunsch, IGEAT (ULB), 2003.

Kunsch, P.L., Springael, J., and Brans, J.P., An adaptive control methodology based on system dynamics and MCDA case study: the CO2 energy tax in the residential sector", in, A. Coloni, M. Paruccini, B. Roy (Eds.), Aide Multi Critère à la Décision/Multiple Criteria Decision Aiding, Report of the Commission of the European Communities, Joint Research Centre JRC-ISPRA, EUR-report 19808 EN, , 2001, pp 145-162.

La Revue Durable, « Situation de l'éducation pour un développement durable », in La Revue Durable, n°8, décembre 2003-janvier 2004, pp. 12-13.

La Revue Durable, Le père de l'hypothèse Gaïa plaide pour l'atome, in La revue durable, Numéro 11, juin, juillet, août 2004, p 10.

Meadows D., Randers J., Meadows D., Limits to Growth, The 30-years update. Vermont, Chelsea Green, 2004.

Meadows Dennis L., Learning to be simple : my odyssey with games, in Simulation and gaming, vol. 30, n°3, september 1999, pp. 342-351.

Meadows Donella, Meadows Dennis, Randers Jorgen, et Behrens William, Halte à la croissance ?, Fayard, Paris, 1972

Michel Elias, Jeux d'ici et d'ailleurs, in Antipodes. Compilation de jeux pédagogiques, ITECO, février 2000.

Munichoise de réassurance, Topics 200 : Natural Catastrophes – Current Position. Numéro spécial de Millénaire. Munich, Munichoise de réassurance, 2001 in PNUE 2002.

Nations Unies, Bureau de la coordination des affaires humanitaires, Glossaire international multilingue agréé des termes relatifs à la gestion des catastrophes. Stratégie internationale

de prévention des catastrophes, 2001. <http://www.unisdr.org/unisdr/eng/library/lib-terminology-eng.htm> (10 juillet 2004).

Noyé D. et Piveteau J., Guide pratique du formateur, INSEP, Paris, 1999.

Pearce David, Blueprint 3. Measuring sustainable development, Earthscan, London, 1993 in Zaccai, 2002.

Pearce David, Economics and Environment. Essays on Ecological Economics and Sustainable Development, Edward Elgar, Cheltenham, 1999 in E. Zaccai, 2002.

PNUD, PNUE, Banque Mondiale et WRI, World Resources 2000-2001, Washington, Institut des Ressources Mondiales, 2000 in PNUE 2002.

Programme des Nations Unies pour l'Environnement, L'avenir de l'environnement mondial 3 (GEO-3) : L'avenir, le présent et les perspectives d'avenir, PNUE, Nairobi, 2002.

Ramonet I., Chao R. Wozniak, Abécédaire partiel et partial de la mondialisation, Plon, Paris, 2003.

Randel J.M., Morris B.A., Douglas Wetzel C., Whitehill B.V., The effectiveness of games for educational purposes : a review of the research, in Simulation and gaming, vol 25, 2004, PP.261-27.

Raynal F. et Rieunier A., Pédagogie : dictionnaire des concepts clés, Paris, ESF, 1997.

Richardson and Pugh, Introduction to System Dynamics Modelling, Productivity Press, Portland, 1996.

Rist G., Le développement durable : les dangers d'une bonne idée, La Revue Durable, n°1, Septembre octobre 2002, pp. 65-67.

Sachs Wolfgang, Loske Reinhard, Linz Manfred et al., Greening the North. A post industrial Blueprint for ecology and equity, 1998, Zed Boks, London et New York.

Torres Maruja and Macedo Joseli, Learning sustainable development with a new simulation game, in Simulation and gaming, vol 31 n°1, March 2000, pp. 119-126.

UNESCO, Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable, texte disponible sur le site de l'UNESCO : <http://portal.unesco.org/education/fr/ev.php>, 20 juillet 2004

Union Mondial de la Nature, Programme des Nations Unies pour l'Environnement et Fonds Mondial pour la Nature, Sauver le Planète, IUCN, Gland, 1991.

United Nations, Population Division, World Population in 2300, New york, 2004.

United States Departement of Agriculture, Agricultural Statistics 1997, USDA, Washington, 1997.

van Kooten, G.C. and E.H. Bulte, The Ecological Footprint: Useful Science or Politics?, in Ecological Economics, n°32, Mars 2000, p385.

Vandermotten, Christian et Marissal Pierre, La production des espaces économiques, Tome 1, Ed. de l'Université de Bruxelles, Bruxelles, 1998.

Versailles Anne, L'éducation vers un développement durable se heurte au fédéralisme belge, in La Revue Durable, n°8, décembre 2003-janvier 2004, p.29.

Wackernagel M.et al., Ecological Footprints of Nations : How Much Nature do They Use ? How Much Nature Do They Have. Mexico, Center for Sustainability Studies, 1997 in Meadows, 2004.

WWF Fonds Mondial pour la Nature, Rapport « Planète Vivante » 2002. Gland, WWF, 2002.

# ANNEXE 1 : JEU SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE - RÈGLES PROVISOIRES

---

## 1. Introduction

Le jeu sur le développement durable est un jeu de stratégie à cinq joueurs ou cinq équipes. Il couvre certaines thématiques classiques du développement durable et vise à mettre en évidence la finitude des ressources naturelles tant quand il s'agit de les exploiter que de leurs capacités à assimiler les diverses pollutions anthropiques.

Chaque joueur dirige et décide du développement d'une ville et de sa population. Les cinq villes (côtières) sont réparties sur la carte d'une île dont les paysages représentent autant matières premières exploitables par les joueurs pour assurer le développement de leur ville et de leur population. Le but du jeu (dans la version expliquée ci-dessous) est de parvenir à un niveau de développement équilibré entre les trois piliers du développement durable pour sa ville et sa population. Chaque action des joueurs est rétribuée en termes de points de victoires bleus, rouges ou verts, positifs ou négatifs. Les points de victoire bleus représentent la valeur économique de l'action ; les rouges, la valeur sociale ; les verts, la valeur environnementale. Le gagnant est celui qui a accumulé le total des points de victoire bleus, rouges et verts le plus élevé au bout de 15 tours de jeu.

### Remarque :

Nous présentons ici une version complète du jeu dotée d'un mécanisme de points de victoire qui prends en compte les trois piliers du développement durable. Il est tout à fait envisageable de modifier cette version, pour autant qu'elle ait été testée et ajustée et d'y mettre un mécanisme de points de victoire par exemple, uniquement axés sur l'économique, ce qui devrait accentuer le phénomène de « tragédie des biens communs ».

## 2. Description du jeu

Le jeu se déroule en 15 tours dont chacun est divisé en phases :

1. Croissance de la population ;
2. Exploitation des ressources naturelles ;
3. Commerce des matières premières (ou des biens de consommation et de la technologie) ;
4. Acquisition des cartes de technologie ;
5. Construction : villes, de routes, d'écoles et fourniture de biens de consommation, ... ;
6. Comptage des points de victoire ;
7. Résolution des cartes événement ;

Chaque joueur occupe en début de jeu une surface urbanisable en bordure de mer. Tout dépassement de cette surface au cours de la phase de construction devra être compensé par la perte de terres cultivables en bordure de ville. Chaque joueur est responsable du bien-être d'une population dont l'importance est fixée en début de jeu pour chaque joueur. La population croît à chaque tour de jeu d'environ 10% jusqu'au moment où le joueur a construit assez d'écoles pour instruire toute sa population et enrayer la croissance démographique.

Deux règles de fonctionnement sont particulièrement importantes :

1. les joueurs ne peuvent pas commencer d'autres actions de construction avant d'avoir instruit, logé et nourri leur population.
2. Aucun joueur ne peut aller au-delà de l'alimentation, du logement et de l'instruction de sa population tant qu'un joueur n'a pas nourri sa population de manière satisfaisante. Les autres joueurs sont toutefois invités (c'est dans leur intérêt) à l'aider à compléter son alimentation.

Les joueurs doivent globalement adopter une stratégie qui leur permet de maximiser les points de victoire bleus, rouges et verts. Certaines actions leur rapporteront beaucoup en points bleus par exemple et peu en points verts ou rouges, voire ils en perdront. Le gagnant est celui qui aura le plus de pions de victoire des trois couleurs rassemblées au bout des 15 tours de jeu.

Les conséquences des actions des joueurs arrivent soit de manière directe, soit de manière indirecte avec les cartes 'événements'. Le choix de celles-ci sont déterminées par le hasard ; elles doivent être résolues immédiatement soit individuellement par le joueur qui l'a pêchée, soit en coopération avec les autres joueurs.

### 3. Matériel

- Les pions population ;
- Les cartes matière premières ;
- Les cartes produits, services et construction ;
- Les éléments ville, écoles et routes ;
- Les cartes événements ;
- La carte composée d'hexagones à double face : l'une face représente un paysages et l'autre une matière première :
  - 47 terres cultivées ;
  - 32 forêts ;
  - 30 cours d'eau ou lacs (les 10 nappes phréatiques se cachent sous les montagnes) ;
  - 15 déserts (dont 7 cachent des réserves de pétrole) ;
  - 30 montagnes (qui cachent les 15 réserves de minerais) ;
  - 5 x 5 hexagones disponibles pour construire les villes ;
  - 11 réserves halieutiques cachées sous les hexagones mer ;
  - Les hexagones mer restant.
- Cinq tableau d'équivalence permettant au joueur d'avoir toujours un œil sur les règles de transformation des ressources en matières premières et des matières premières en produits et services.

### 4. PROCEDURES TOUT APRES TOUR

Le jeu se déroule en plusieurs tours dont chacun est divisé en phases :

1. Croissance de la population ;
2. Exploitation des ressources naturelles ;
3. Commerce des matières premières (ou des biens de consommation et de la technologie) ;
4. Acquisition des cartes de technologie ;

5. Construction : villes, de routes, d'écoles et fourniture de biens de consommation,...
6. Comptage des points de victoire ;
7. Résolution des cartes événement ;

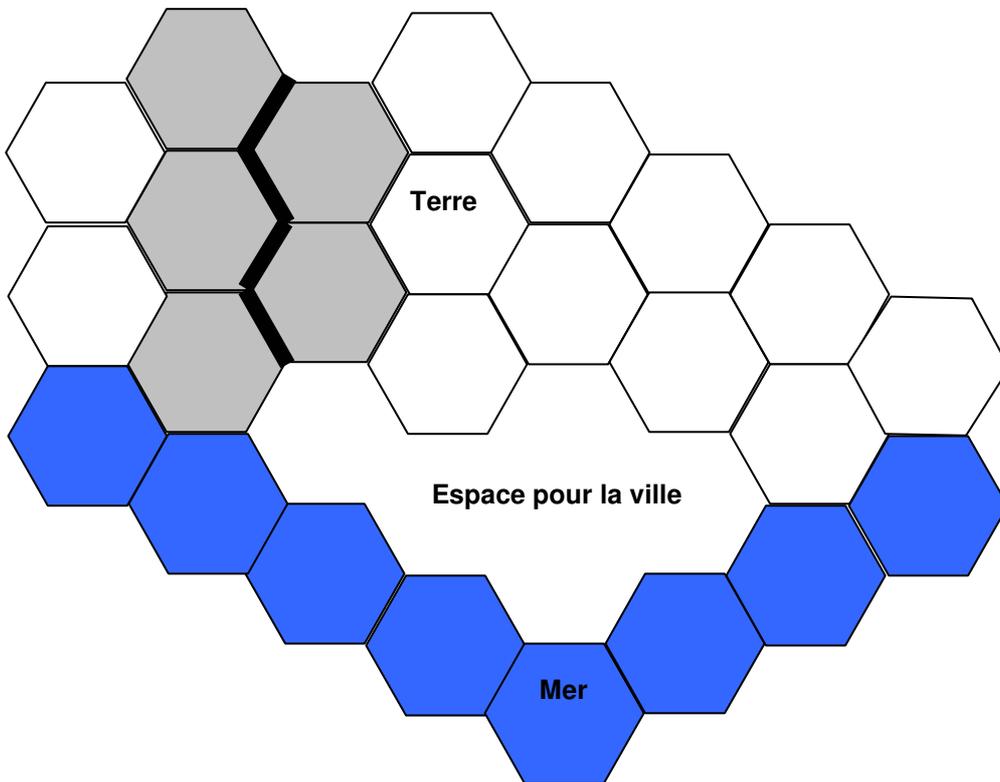
▪ **Croissance de la population:**

1. il y a 60 pions au départ.
2. Les populations de départ sont :
  - joueur blanc (Nigeria) : 6 pions ;
  - joueur bleu (Inde): 30 pions ;
  - joueur rouge (Féd. de Russie): 7 pions ;
  - joueur noir (Etats-Unis) : 14 pions ;
  - joueur jaune (France): 3 pions.
3. A chaque tour, la population augmente de
  - un si population < 10 ; de deux si  $\geq 10$  et < 20, etc.
  - La population arrête de croître quand le joueur a construit des écoles en suffisance.
4. La population peut diminuer suite à des cartes de catastrophes ou des migrations;

▪ **Exploitation des ressources naturelles**

1. Les paysages recèlent des ressources naturelles – renouvelables et non renouvelables - qui, si elles sont mises en exploitation, donnent des matières premières ou directement des produits alimentaires ;
2. Un joueur peut exploiter à chaque tour un maximum de quatre ressources naturelles ;
3. Une fois exploité, le paysage est retourné et laisse voir la matière première. Certaines exploitations de ressources nécessitent de remplacer l'hexagone par un autre représentant graphiquement ce qu'il reste après ce type d'exploitation.
4. Tableau de correspondance paysage → ressources naturelles → matières premières (→ = « devient »):
  - Forêt → forêt → bois ;
  - Cours d'eau, et retenues d'eau → Eau → eau ;
  - Montagnes → nappes phréatiques → eau ;
  - Désert et mers, →Energies fossiles→ Energie ;
  - Montagnes → Minerais → acier ;
  - Collines → Terres potentiellement arables ou pâturages → blé ou viande ;
  - Mer → poissons.
5. Au premier tour le joueur exploite les 6 ressources naturelles terrestres qui sont adjacentes à sa ville et celles éventuellement présentes en mer. Quoiqu'il en soit, il ne pourra jamais exploiter plus de quatre ressources par tour. Ensuite, il devra construire des routes pour accéder à de nouvelles ressources naturelles à l'intérieur de l'île.

6. Un joueur a le droit d'exploiter les ressources naturelles adjacentes aux routes qu'il a construites. Dans l'exemple qui suit, le joueur a réussi à construire quatre tronçons de routes. Il est donc en droit d'exploiter les ressources naturelles adjacentes à ces tronçons, soit les hexagones terrestres marqués de gris.



7. Comment exploiter les ressources naturelles ? (→ = « devient »)
- Forêt → 1 bois par tour ;
  - Forêt → 6 bois immédiatement ;
  - Eau (cours d'eau et nappes phréatiques) → 1 eau par tour ;
  - Désert, mers → 1 à 6 énergies suivant les résultats du dé ;
  - Montagne → 1 à 6 acier suivant les résultats du dé ;
  - Terres cultivées → 1 blé par tour ;
  - Terres cultivées + technologie 'agricole' → 2 blés par tour pendant 4 tours ;
  - Deux Terres cultivées → 1 viande par tour ;
  - Mer → poissons ;
  - Mer + technologie 'poissons' → deux poissons par tour pendant 4 tours.
8. On arrive aux ressources naturelles,
- En construisant des routes ;
  - En empruntant les routes d'autres joueurs. Un joueur ne peut jamais refuser le passage d'un autre joueur ;
9. Quelles sont les conséquences environnementales de l'exploitation des ressources naturelles ?

- Les conséquences sociales et environnementales des actions sont prises en compte dans la distribution des points de victoire bleus, verts et rouges attribués aux cartes matières premières, produits et services et technologie.
- Les conséquences sont aussi visibles via les « cartes événements » ;

▪ **Phase de commerce :**

1. La phase de commerce se déroule simultanément entre tous les joueurs ;
2. Le commerce est une enchère. La norme est l'addition des trois types de points de victoire mentionnés sur les cartes. Ceci étant dit rien empêche que le prix de transaction soit supérieur ou inférieur, tout est question de négociation et toutes les affaires sont permises, y compris les emprunts et prêts entre joueurs. La procédure est la suivante : les joueurs en position d'offre annonce ce qu'ils sont prêt à vendre. Les joueurs en position d'acheteurs se positionnent par rapport à ces offres et font des propositions de trocs ou/et d'achat monétaire qui lancent les négociations.
3. La phase de commerce concerne les matières premières puisqu'elle a logiquement lieu après la phase d'exploitation, mais il est possible d'échanger également des cartes technologies et des cartes produits.
4. La phase de commerce est limitée dans le temps (cinq minutes avec l'utilisation du sablier);

▪ **Acquisition des cartes de technologie**

1. L'acquisition de cartes de technologie n'est permise que si le joueur a construit des écoles, sauf si elles sont acquises durant la phase de commerce via un autre joueur (transfert de technologie).
2. Les cartes technologies s'achètent soit contre paiement en termes de points de victoire bleus, verts et rouges.
3. Les cartes technologies sont les suivantes :
  - Pour l'énergie :
    - Technologie « barrage - hydroélectricité»;
    - Technologie « éoliennes » (les parcs d'éoliens peuvent se construire sur n'importe quel hexagone et rapporte une carte « énergie » par tour de jeu);
  - Pour l'alimentation :
    - Technologie « agriculture» ;
    - Technologie « poissons» ;
  - Technologie de production « éco efficacité »
    - Est intéressante pour consommer moins de matières premières dans la production des biens de consommation courante.
4. Utilisation des cartes technologie.

## • Phase de construction :

La phase de construction vise à répondre aux besoins de sa population. Comme il a déjà été mentionné, les joueurs sont tenus de répondre d'abord aux besoins essentiels de leur population : instruction, alimentation, santé et logement.

1. Comment nourrir sa population ?
  - Il faut une carte blé ou une carte poisson ou une carte viande pour deux pions maximum, il est donc plus convenable d'obtenir une carte nourriture par pion et il est évidemment préférable qu'elles soient le plus variées possibles...
  - Les cartes nourriture sont défaussées au moment où on compte les points.
2. Comment loger sa population ?
  - Un bâtiment loge au maximum 2 pions. Il est donc préférable de loger 1 pion par bâtiment ;
  - Une ville qui se développe au-delà des hexagones urbains disponibles mange sur les terres cultivées ;
  - Les bâtiments, une fois construits sont conservés tout au long de la partie ;
3. Comment instruire sa population ?
  - Une école instruit au maximum 5 pions.
  - Les écoles, une fois construites sont conservées tout au long de la partie ;
4. Comment soigner sa population ?
  - Un hôpital soigne au maximum 10 pions ;
  - Il faut minimum un hôpital ;
  - Les hôpitaux, une fois construits sont conservés tout au long de la partie ;
5. Les joueurs construisent chacun à leur tour, autant qu'ils veulent dans la mesure de leurs capacités en matières premières;
6. Que peut-on construire ?
  - Des routes qui mènent aux ressources naturelles ;
  - Logement :
    - Des villes pour loger sa population ;
    - Des villas de luxe en sortie de ville, mais nécessité d'avoir les voitures (pas forcément pour tout le monde).
  - Des écoles;
  - Des hôpitaux et centres de santé ;
  - Les loisirs :
    - La culture (arts, musiques,...) ;
    - Le tourisme :
      - Intérieur ;
      - A l'étranger (avion) ;
    - Des centres de loisirs ;
  - La mobilité :
    - Des voitures ;
    - Des transports en communs ;
  - La consommation :
    - Biens électroménagers (tv, frigo, ...) ;
  - La fourniture de l'alimentation :
    - Poissons ;
    - Blés ;
    - Viande.

7. Chaque construction implique la mise en œuvre des matières premières, de la façon suivante (< = implique). Le tableau de suivi des joueurs contient toutes les informations sur ce qu'il faut pour construire et ce que cela rapporte en termes de points de victoire.
- 3 routes < 1 bois;
  - Logement :
    - 1 bâtiment < 1 énergie + 1 bois + 1 acier + 1 eau ;
    - Des villas de luxe < 2 énergies + 2 bois + 2 acier + 2 eau;
  - 1 écoles < 1 bois ;
  - 1 hôpital < 1 bois + 1 acier + 1 eau;
  - Les loisirs :
    - 1 culture / ville < 1 bois
    - Le tourisme
      - 1 Intérieur/ville < avoir construit des parcs naturels
      - A l'étranger (avion) / pion < 1 acier + 1 énergie + 1 ;
    - Des centres de loisirs / ville < 1 bois + 1 acier;
  - La mobilité
    - 1 voiture/ pion < 1 acier + 1 énergie + 1 eau;
    - 1 transport en communs/ 5 pions < 1 acier + 1 énergie + 1 eau;
  - La consommation
    - 1 bien électroménager < 1 acier + 1 énergie + 1 eau ;
  - La fourniture de l'alimentation :
    - Poissons < poissons ;
    - Blés < blé ;
    - Viande < viande ;
8. A chaque phase de construction, chaque joueur pêche une carte événement qui sera résolue dans une phase ultérieure.

▪ **Comptage des points de victoire**

1. A chaque tour tous les joueurs compte leurs points de victoire et font avancer leur curseur d'autant sur les tableaux bleu, vert et rouge.
2. A chaque construction est associée des points de victoire qu'il convient de comptabiliser une seule fois, juste après la phase de construction.
3. Au dernier tour, la partie s'arrête à cette phase et on ajoute au comptage habituel, ce qu'on possède en matière première.

▪ **Cartes événement :**

1. Les joueurs mettent leur cartes événement devant eux bien en vue des autres joueurs ;
2. Les cartes événements n'apparaissent qu'au troisième tour.
3. La carte « solidarité » donne la possibilité (ce n'est donc pas une obligation et le joueur peut décidé de ne rien céder) de donner au joueur de son choix, mais en difficulté pour loger et nourrir sa population, deux matières premières de son choix.

4. La carte migration : si le joueur qui tire la carte n'a pas encore assuré l'alimentation et le logement de sa population, il ne se passe rien. Si par contre, il a déjà subvenu à ces besoins, les joueurs qui ne sont pas dans ce cas, choisissent un nombre de un à six. Le joueur à la carte tire alors le dé et si le nombre tiré correspond au choix d'un des joueurs, celui-ci donne deux pions au joueur à la carte. Si le nombre tiré est différent des choix, l'opération est rééditée. Si il n'y a qu'un seul joueur n'ayant pas encore satisfait les besoins en alimentation et en logement, il n'y a pas lieu de tirer le dé. La carte « solidarité » immunise le joueur qui la possède contre les migrations.
  
5. Carte « réchauffement climatique » se décline de deux manières :
  - Sécheresse → perte d'une terre arable;
  - Violente tempête → perte d'une terre arable;
  - Tous les joueurs sont concernés ;
  - Un des moyens de résolution de cette crise globale du réchauffement climatique peut être de planter des forêts sur des collines non encore exploitées. La coopération apparaît dans la prise en charge de cette opération et est poussée par une situation où si personne ne bouge, tous en pâtissent.
  
6. Carte « pollution des sols » si technologie « agricole » → perte d'une terre arable;
  
7. Carte « épuisement des réserves de poissons » si technologie « poissons » → perte d'une carte poissons;
  
8. Carte « déchet » si construction de biens de consommation implique le retrait d'un élément ville remplacé par une décharge.
  
9. Carte « famine » si sa population n'est pas nourrie, possibilité de demander une assistance aux autres qui rapporte plus ou moins de points si on donne la nourriture ou on donne de la technologie pour produire de la nourriture ;
  
10. Carte « parcs naturels à construire » sur une forêt et une colline ;
  
11. Carte épuisement des réserves d'eau si plusieurs barrages sur un même fleuve → peut déboucher sur un conflit....
  
12. Carte « bio diversité » : si plus de forêt dans une circonférence de 4 hexagones autour de la ville, perdez un pion de population par manque de composants de produits naturels pour fabriquer des médicaments.

## ANNEXE 2 : EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES DU MODÈLE PRÉSENTÉ EN PAGE 66

---

- (01) "# Bât./ pion (réel)"=  $\frac{\text{Bâtiments}}{\text{Population (en pions)}}$   
Units: batiment/pion
- (02) "# bois/forêts expl.\*année"=  $\frac{1}{\text{bois/forêt*année}}$   
Units: bois/forêt\*année
- (03) "# champs éoliens"=  $\frac{3}{\text{éolien}}$   
Units: éolien
- (04) "# Collines"=  $\frac{47-\text{"\# Terres cultivées"}}{\text{terre [0,?]}}$   
Units: terre [0,?]
- (05) "# eau/rés.eau expl.\*année"=  $\frac{1}{\text{eau/réserve eau*année}}$   
Units: eau/réserve eau\*année
- (06) "# écoles"= INTEG (  $\frac{\text{croissance des écoles}}{0}$ ,  
Units: école
- (07) "# écoles/pion"=  $\frac{0.2}{\text{école/pion}}$   
Units: école/pion
- (08) "# Energie"= INTEG (  $\frac{\text{Croissance énergie-Décroissance énergie}}{0}$ ,  
Units: énergie [0,?]
- (09) "# Forêt expl."= INTEG (  $\frac{\text{"croissance des forêts expl."}}{0}$ ,  
Units: forêt
- (10) "# forêts"=  $\frac{32-\text{"\# Forêt expl."}}{\text{forêt [0,?]}}$   
Units: forêt [0,?]
- (11) "# minerais"= INTEG (  $\frac{-\text{décroissance des minerais}}{15}$ ,  
Units: minerai [0,15]
- (12) "# minerais exploités"= INTEG (  $\frac{\text{Croissance des minerais expl-Décroissance des minerais expl}}{0}$ ,

- Units: minerai
- (13) "# pétrole"= INTEG (  
-décroissance pétrole,  
15)  
Units: pétrole [0,?]
- (14) "# Réserves eau"=  
40-"# réserves eau expl."  
Units: réserve eau [0,40]
- (15) "# réserves eau expl."= INTEG (  
"Croissance rés. eau expl.",  
0)  
Units: réserve eau
- (16) "# Terres cultivées"= INTEG (  
Croissance des terres cultivées-Décroissance des terres cultivées,  
0)  
Units: terre [?,57]
- (17) "#acier/batiment"=  
1  
Units: acier/batiment
- (18) "#blé/pion\*année (réel)"=  
("# Terres cultivées"\*"#blé/terres cultivées\*année")/"Population (en pions)"  
Units: blé/pion\*année
- (19) "#blé/terres cultivées\*année"=  
1  
Units: blé/terre\*année
- (20) "#bois/bâtiment"=  
1  
Units: bois/batiment
- (21) "#bois/école"=  
1  
Units: bois/école
- (22) "#eau/ bâtiment"=  
1  
Units: eau/batiment
- (23) "#écoles à encore construire"=  
("# écoles/pion"\*"Population (en pions)")-"# écoles"  
Units: école
- (24) "#énergie/batiment"=  
1  
Units: énergie/batiment
- (25) "Acier/minerais"=

6

Units: acier/minerai

(26) Bâtiments= INTEG (  
"Croissances bât.",  
0)

Units: batiment

(27) "Croissance esp. urb."=  
IF THEN ELSE(Espaces urbanisables<0,  
"Tx d'augmentation esp. urb.",  
0)

Units: hexagone/année [0, ?]

(28) "Croiss. Stock eau"=  
"# réserves eau expl."\*"# eau/rés.eau expl.\*année"

Units: eau/année

(29) "Croissance de la pop."=  
"Population (en pions)"\*"#Taux de croissance de la pop."\*(1-Densité moyenne  
des écoles  
)

Units: pion/année

(30) croissance des écoles=  
IF THEN ELSE( Stocks de bois>=5,  
MIN(5, "#écoles à encore construire" ),  
0)

Units: école/année

(31) "croissance des forêts expl."=  
IF THEN ELSE(Stocks de bois<5,  
Tx d'exploitation Forêts,  
0)

Units: forêt/année

(32) Croissance des minerais expl=  
Tx d'exploitation minerais

Units: minerai/année

(33) Croissance des terres cultivées=  
IF THEN ELSE("#blé/pion\*année (réel)"<0.5,  
Tx d'exploitation collines,  
0)

Units: terre/année

(34) croissance du stock de bois=  
"# Forêt expl."\*"# bois/forêts expl.\*année"

Units: bois/année

(35) Croissance énergie=  
IF THEN ELSE("# Energie"<3,  
Tx d'exploitation pétrole\*"Energie/pétrole"+"# champs éoliens"\*Tx de  
rentabilité des éoliennes

,

- "# champs éoliens"\*Tx de rentabilité des éoliennes)  
Units: énergie/année
- (36) "Croissance rés. eau expl."=  
IF THEN ELSE(Stock eau<5,  
"Tx d'expl. rés. eau",  
0)  
Units: réserve eau/année
- (37) Croissance stock acier=  
IF THEN ELSE(Stock acier<6,  
"Tx expl minerais expl."\*"Acier/minerais",  
0)  
Units: acier/année
- (38) "Croissances bât."=  
IF THEN ELSE("# Bât./ pion (réel)"<0.5 :AND:"# Energie">0:AND:Stock acier  
>0:AND:Stock eau>0:AND:Stocks de bois>0,  
5,  
0)  
Units: bâtiment/année
- (39) décroissance des minerais=  
Croissance des minerais expl  
Units: minerais/année
- (40) Décroissance des minerais expl=  
Croissance stock acier/"Acier/minerais"  
Units: minerais/année
- (41) Décroissance des terres cultivées=  
IF THEN ELSE(Espaces urbanisables<0,  
"Tx d'augmentation esp. urb."/"terres cultivées/Espace",  
0)  
Units: \*\*undefined\*\*
- (42) décroissance du stock bois=  
croissance des écoles\*"#bois/école"+"Croissances bât."\*"#bois/bâtiment"  
Units: bois/année
- (43) Décroissance énergie=  
"Croissances bât."\*"#énergie/bâtiment"  
Units: énergie/année
- (44) "Décroissance esp. urb."=  
croissance des écoles\*"Espaces urb/écoles"+"Croissances bât."\*"Espaces  
urb/bâtiment"  
Units: hexagone/année
- (45) décroissance pétrole=  
IF THEN ELSE("# pétrole">0,  
Croissance énergie/"Energie/pétrole",  
0)  
Units: pétrole/année

- (46) Décroissance stock acier=  
 "Croissances bât."\*"#acier/batiment"  
 Units: acier/année
- (47) Décroissance Stock eau=  
 "Croissances bât."\*"#eau/ bâtiment"  
 Units: eau/année
- (48) Densité moyenne des écoles=  
 "# écoles"/("# écoles/pion"\*"Population (en pions)")  
 Units: Dmnl
- (49) "Energie/pétrole"=  
 3  
 Units: énergie/pétrole
- (50) "Espaces urb/bâtiment"=  
 1/3  
 Units: hexagone/batiment
- (51) "Espaces urb/écoles"=  
 1/3  
 Units: hexagone/école
- (52) Espaces urbanisables= INTEG (  
 "Croissance esp. urb."-"Décroissance esp. urb.",  
 25)  
 Units: hexagone
- (53) FINAL TIME = 15  
 Units: Year  
 The final time for the simulation.
- (54) INITIAL TIME = 0  
 Units: Year  
 The initial time for the simulation.
- (55) "Population (en pions)"= INTEG (  
 "Croissance de la pop.",  
 60)  
 Units: pion
- (56) SAVEPER =  
 TIME STEP  
 Units: Year [0,?]  
 The frequency with which output is stored.
- (57) Stock acier= INTEG (  
 Croissance stock acier-Décroissance stock acier,  
 0)  
 Units: acier [0,?]
- (58) Stock eau= INTEG (  
 "Croiss. Stock eau"-Décroissance Stock eau,  
 0)

- Units: eau
- (59) Stocks de bois= INTEG ( croissance du stock de bois-décroissance du stock bois, 0)  
Units: bois
- (60) "Taux de croissance de la pop."= 0.1  
Units: 1/année
- (61) "terres cultivées/Espace"= 1  
Units: terre/hexagone
- (62) TIME STEP = 1  
Units: Year [0,?]  
The time step for the simulation.
- (63) "Tx d'augmentation esp. urb."= -Espaces urbanisables  
Units: hexagone/année
- (64) "Tx d'expl. rés. eau"= MIN(3, "# Réserves eau" )  
Units: réserve eau/année
- (65) Tx d'exploitation collines= MIN(5, "# Collines")  
Units: terre/année
- (66) Tx d'exploitation Forêts= MIN("# forêts", 5)  
Units: forêt/année
- (67) Tx d'exploitation minerais= MIN(3, "# minerais" )  
Units: minerai/année
- (68) Tx d'exploitation pétrole= MIN(3, "# pétrole" )  
Units: pétrole/année [0,?]
- (69) Tx de rentabilité des éoliennes= 1  
Units: énergie/année
- (70) "Tx expl minerais expl."= MIN(3, "# minerais exploités" )  
Units: minerai/année