

SANS PETROLE ET SANS CHARBON

~

*Ouvrages à destination des honnêtes gens souhaitant réfléchir de manière
méthodique à l'avenir technique de l'humanité.*

TOME II

Pérennité de systèmes techniques du passé

.

Julian CARREY

2020

INTRODUCTION AU TOME II

Au cours de ce deuxième tome, nous nous pencherons sur des sociétés du passé, et chercherons à discuter de la pérennité de leur système technique. En préambule nous nous devons donc de répondre à une première question : « Comment définir la pérennité d'un système technique ? »

Nous considérons qu'un système technique est pérenne si la société qui l'utilise reste stable au cours du temps, et ne voit pas ses ressources diminuer ou s'épuiser. Il va de soi que cette définition, prise au sens strictement mathématique, n'a pas de sens, puisque les ressources non-renouvelables (minérales), même abondantes, diminuent forcément si elles sont utilisées. Il faut donc nécessairement choisir une échelle de temps sur laquelle on définit la pérennité, et considérer que les ressources doivent ne pas s'épuiser pendant cette période, mais également que les techniques utilisées pour les exploiter ne changent pas durant cette période. Également, il faut considérer que le système technique doit être à *peu près* stable – et pas forcément exactement stable – pour tenir compte des fluctuations inhérentes aux sociétés humaines.

La définition de l'échelle de temps a nécessairement un côté arbitraire. La plus lointaine échéance pour l'humanité est l'absorption de la terre par le soleil, mais cette échelle de temps ($\approx$ milliard d'années) est beaucoup plus grande que le temps d'évolution des espèces, et l'on ne peut plus forcément parler de « société » ou « d'humanité », car nous n'avons aucune idée de l'évolution génétique de l'espèce humaine sur une durée aussi longue. Une échelle plus courte serait le temps moyen de collision de grosses météorites avec la terre, un événement qui rebat certainement les cartes pour n'importe quelle civilisation, et est de l'ordre de 50 millions d'années. Cette échelle est intéressante, mais encore une fois beaucoup plus grande que le temps d'évolution des humains. En fait, on estime que les humains modernes sont apparus il y a environ 100000 ans. C'est également l'ordre de grandeur des périodes entre les glaciations. Ces changements climatiques ont obligé les sociétés à migrer, à changer de système technique et d'alimentation, ou à s'adapter à un environnement mouvant ; il serait difficile de définir un système technique pérenne dans ces conditions. Une échelle de temps plus courte doit donc être choisie. Nous pensons qu'une échelle de temps de l'ordre de quelques millénaires est utile à la réflexion, car on peut considérer que les conditions climatiques sont à peu près stables sur ce type de durée. De plus, elle nous permettra de discuter de l'éventuelle existence dans le passé de systèmes techniques pérennes, ce qui n'aurait pas été possible avec des échelles de temps plus longues.

Une des caractéristiques d'un état technique pérenne est qu'il s'agit, *a priori*, d'un état dont la population est à peu près stabilisée, ou dont la croissance démographique ne conduit pas à un changement de système technique. En effet, une société qui garderait le même système technique, mais aurait une population croissante atteindrait forcément un stade où sa population se stabiliserait, car un système technique donné ne peut accommoder qu'une certaine population. Plus précisément, on peut très raisonnablement faire l'hypothèse qu'un système technique donné ne peut accommoder plus d'une *densité de population* donnée. Ainsi, l'exemple d'une société qui accommoderait de plus en plus de personnes car elle s'étendrait progressivement sur un territoire de plus en plus grand, mais avec une densité de population constante pourrait être considérée comme étant dans un état technique pérenne. Nous en verrons un exemple plus loin, dans le cas de l'Australie. En résumé, nous considérerons qu'un système technique est pérenne s'il permet d'accueillir une certaine densité de population, tout en se maintenant à peu près à l'identique pendant quelques millénaires.

Nous allons chercher plus loin à savoir si certains systèmes techniques pérennes ont pu exister par le passé ou éventuellement existent encore. Il en existe potentiellement de deux

types : ceux qui ont effectivement duré pendant plusieurs millénaires, et ceux qui auraient *éventuellement* pu durer pendant plusieurs millénaires. Les premiers sont les plus faciles à déterminer, puisqu'ils ont effectivement démontré leur pérennité. Déterminer les deuxièmes sera nécessairement plus complexe et plus sujet à discussion. Pour ceux-là, il sera nécessaire de discuter pourquoi ils n'ont pas été pérennes, et à quelle condition, éventuellement, ils auraient pu le rester.

N.B. : Ce deuxième tome n'est pour l'instant pas achevé. Tout retour critique est bienvenu, et me permettra, je l'espère, d'en améliorer le contenu. Tout retour positif est également le bienvenu, et m'encouragera à poursuivre l'écriture de trois chapitres supplémentaires.

CHAPITRE I : GENERALITÉS SUR L'ÉVOLUTION TECHNIQUE DES SOCIÉTÉS PRÉINDUSTRIELLES

Dans les pages qui suivent, nous serons amenés à étudier différents systèmes techniques ayant existé par le passé, et à discuter de leur potentielle pérennité. Avant de nous lancer dans l'étude détaillée de chacun de ces systèmes, nous allons présenter quelques généralités i) sur la manière dont on peut comprendre l'évolution technique des sociétés, ii) sur la manière dont le commerce, et plus généralement les contacts entre plusieurs systèmes techniques doivent être pris en compte, et iii) sur les sources d'informations qui seront les plus pertinentes pour notre étude.

A. Evolution du système technique de subsistance

Dans le présent chapitre, nous avons décidé de nous concentrer sur une analyse détaillée des systèmes techniques préindustriels. Nous verrons que la plupart des sociétés que nous étudierons avaient un système technique non statique, qui a évolué au cours du temps. En guise de préliminaire, il nous paraît donc important de nous intéresser à la manière dont on peut comprendre l'évolution des systèmes techniques des sociétés. Pour cela, nous avons choisi de commencer par discuter de l'évolution du système de subsistance, et en particulier de la transition vers l'agriculture. En effet, si nous avons vu dans le Tome I que la révolution industrielle est un événement charnière, ayant entraîné le basculement vers un système technique presque entièrement basé sur des ressources non-renouvelables, le changement technique le plus important de la période préindustrielle est sans aucun doute la transition vers l'agriculture. Cette transition a eu des conséquences très importantes, et peut être considérée comme la mère de très nombreuses évolutions postérieures. Comme le note Leroi-Gourhan, « l'agriculture à peine consolidée vers -6000, la céramique apparaît déjà très avancée, puis vers -3500 le métal et l'écriture commencent à poindre ; ce qui revient à considérer que 2500 ans d'agriculture ont suffi pour que les sociétés orientales acquièrent les fondements techno-économiques sur lesquels repose encore l'édifice humain alors qu'il avait fallu 30000 ans à l'*homo sapiens* pour atteindre le seuil agricole » [Le geste et la parole]. Egalement, l'agriculture a intrinsèquement un lien fort avec la sédentarisation, et cette dernière semble être un facteur favorisant l'apparition de différenciations sociales et d'inégalités, même si les liens de causalité entre ces différentes évolutions font l'objet d'intenses débats depuis des siècles, et même si de nombreux contre-exemples existent (les sociétés sédentaires non-agricoles, des sociétés agricoles peu inégalitaires, des sociétés de chasseurs-cueilleurs très inégalitaires, ...) [Lifeways of Hunter-Gatherers & Guns, Germs and Steel & Faut-il en finir]. Etant donnée son importance, la transition vers l'agriculture est une thématique largement discutée par les spécialistes, et nous nous bornerons ici à présenter une synthèse cohérente de théories qui nous ont semblé intéressantes. Nous verrons que comprendre la transition vers l'agriculture, et plus généralement, l'intensification agricole, permet de mieux appréhender les mécanismes à l'œuvre dans l'évolution technique des sociétés.

B. La transition vers l'agriculture

1. Une transition qui n'est pas due à une amélioration de la santé

Les conditions qui rendaient possible l'apparition de l'agriculture et de l'élevage ont été établies de manière convaincante par J. Diamond [Guns, Germs and Steel]. Il montre que l'émergence de l'agriculture nécessitait la présence de certains types de plantes dans la flore locale, ainsi que la présence d'animaux potentiellement domesticables. Ces conditions n'étaient pas réunies sur toute la planète, ce qui a limité le nombre de foyers de naissance de

l'agriculture (prise au sens large, incluant l'élevage et éventuellement la traction animale). Néanmoins, quelle est la raison qui peut motiver des tribus de chasseurs-cueilleurs à se convertir à l'agriculture ? Quel peut-être le mécanisme de sa propagation depuis les foyers initiaux ? Et, étant donné qu'il existe plusieurs systèmes agricoles (voir plus loin), lequel est adopté et pourquoi ? On pourrait naïvement penser que la réponse à la première question est simple : des chasseurs-cueilleurs se convertissent à l'agriculture car cela leur permet de manger plus, d'être en meilleure santé, de travailler moins pour se nourrir, et de vivre plus longtemps. En fait, de nombreuses études archéologiques dépeignent une réalité très différente [Biological change in human] : le passage à l'agriculture se traduit par une réduction de la santé dentaire (nombre de caries quintuplé), un retard de croissance chez les enfants, une augmentation du nombre d'infections, et par une recrudescence de maladies. Ces dernières sont favorisées par la présence des animaux domestiques et par l'augmentation de la densité de population. Même si cela ne peut être montré par des études archéologiques, les études ethnographiques semblent indiquer également une augmentation du temps de travail [Stone age economics]. Ce n'est finalement que largement après la révolution industrielle que les conditions générales de vie d'une certaine partie de la population mondiale devinrent largement améliorées par rapport à celles de chasseurs-cueilleurs. Il faut donc chercher ailleurs les raisons de l'adoption de l'agriculture. Avant de les aborder, il nous faut d'abord présenter le contexte de manière un peu plus générale, en présentant quelques éléments sur la démographie des chasseurs-cueilleurs.

2) Démographie chez les chasseurs-cueilleurs

Le niveau de population d'une société de chasseurs-cueilleurs est la résultante de choix individuels des familles dans un environnement aux ressources limitées. Ainsi, lorsque les chasseurs-cueilleurs ont fini de coloniser un territoire, leur population est *de facto* régulée par la quantité de ressources disponibles, qui est déjà en soi un puissant moteur de régulation, et empêche la population de croître au-delà d'une certaine limite. Cette phase est appelée par les spécialistes de ces thématiques la « phase malthusienne », ou « trappe malthusienne », du nom de Malthus qui, le premier, supposa qu'il existait une densité de population limite liée à la quantité de ressources disponibles. Malthus en déduisit que la sous-nutrition de la population était inévitable car, en dépit des mécanismes de régulation de population (voir plus bas), la densité de population croissait inévitablement, et finissait toujours par atteindre un stade où la population souffrait de la famine, mécanisme de régulation ultime de la population. Malthus justifiait sa théorie par une description particulièrement miséreuse des sociétés traditionnelles [An essay on the theory of population & Turning but not toppling]. Ses conclusions ont été fort critiquées et sont à l'origine de la connotation péjorative moderne liée à la théorie malthusienne. En fait, bien qu'il existe à l'évidence une densité limite de population pouvant être atteinte sur un territoire *en utilisant un système technique donné*, la conclusion de Malthus sur le côté inévitable de la famine était erronée, comme cela a été montré par des simulations numériques modernes : dans une phase malthusienne, durant laquelle des ressources sont limitées par l'environnement, la présence de différents mécanismes conduisant à une diminution de la fertilité ou à une modification du taux de survie des habitants peut permettre une augmentation de la quantité de nourriture par personne [Population and prehistory II].

De tels mécanismes sont à l'œuvre dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs et nous pouvons les classer en trois catégories. La première est biologique : le mode de vie des chasseurs-cueilleurs nomades, et en particulier leur mobilité, limite la fertilité des femmes [Lifeways of Hunter-Gatherers]. De plus, l'allaitement long des jeunes enfants, systématique

dans ces sociétés, rallonge la période d'aménorrhée post-natale¹, conduisant à un espacement des naissances. La deuxième catégorie concerne le contrôle pré-natal, et rassemble un ensemble de faits culturels, de pratiques ou de règles tendant à limiter le nombre de naissances : âge tardif du mariage, polygamie, séparation entre hommes et femmes, consécration de la virginité, punition des mères jeunes, etc... La troisième catégorie concerne le contrôle post-natal actif et volontaire par les familles, et tend à diminuer la survie des enfants déjà nés : infanticide et manque de soin aux jeunes enfants. Bien entendu, ces méthodes ne sont pas toutes présentes dans toutes les sociétés, et leur degré peut varier fortement d'une société à l'autre. Par exemple, l'infanticide est complètement absent dans certaines sociétés de chasseurs-cueilleurs mais peut concerner quelques dizaines de pourcents des naissances dans d'autres [Lifeways of Hunter-Gatherers]. A titre d'exemple, le Tableau 1 présente la liste de mécanismes de régulation à l'œuvre dans quelques sociétés.

Nom et localisation du groupe	Pratiques
Fuegiens, Patagonie [Aux confins de la terre & European encounters]	Allaitement jusqu'à 3 ans minimum. Polygamie. Jeunes hommes mariés avec de vieilles femmes et jeunes femmes mariées avec de vieux hommes.
Arapesh, Nouvelle-Guinée [Mœurs et sexualité en Océanie]	Un être surnaturel malfaisant n'aime pas les femmes enceintes et les hommes qui viennent d'avoir des rapports sexuels. Infanticide si la nourriture est rare ou le père est mort. Interdiction de rapports sexuels avant qu'un enfant ait 1 an, même avec la seconde épouse. Allaitement jusqu'à 3-4 ans.
Mundagumor, Nouvelle-Guinée [Mœurs et sexualité en Océanie]	Infanticides. Manque manifeste de soins aux nouveau-nés et jeunes enfants. Importance de la virginité.

Tableau 1 : Pratiques conduisant à une limitation du nombre d'enfants viables chez les chasseurs-cueilleurs.

Les mécanismes culturels que nous avons classés plus haut dans la deuxième catégorie, conduisant à une limitation du nombre de naissance, sont-ils des moyens *conscients* ou *inconscients* de régulation ? Ces pratiques culturelles ont-elles été sélectionnées (dans le sens que lui donnent les écologistes culturels²) car elles étaient favorables pour les populations ? Cela fait partie des débats de spécialistes. On peut se contenter d'un simple constat : ces comportements sociaux sont très répandus dans les sociétés traditionnelles, et limitent le nombre d'enfants. Néanmoins, notons que, si ces mécanismes sont bien connus et identifiés dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs ayant été étudiées par des ethnologues, leur présence dans celles du passé reste par contre plus difficile à évaluer.

Enfin, les mécanismes de régulation ont pu être interprétés comme le signe que les chasseurs-cueilleurs étaient des écologistes avant l'heure, ayant une conscience très forte des effets à long terme de leur comportement sur l'environnement, et régulant consciemment ou inconsciemment leur population afin de ne pas exercer une trop forte pression sur celui-ci. En fait, nous venons de voir qu'ils peuvent être simplement vus comme des moyens de maximiser à court terme la quantité de nourriture par personne, sans avoir à prendre le risque d'options plus couteuses et risquées, telles que la guerre ou la migration lointaine [Lifeways of hunter-gatherers]. De plus, la vision de chasseurs-cueilleurs conscients de leurs dommages à long terme sur l'environnement est mise à mal par les exemples des dommages irréversibles qu'ils ont pu causer, notamment par la sur-chasse ou la surpêche ; nous en verrons quelques-uns dans la suite de ce livre.

¹ L'aménorrhée post-natale est la période suivant l'accouchement durant laquelle une femme n'a pas de règles. Cette période est plus longue chez les femmes allaitant.

² L'écologie culturelle explique un grand nombre de comportements culturels et sociaux comme résultant de l'adaptation d'un groupe aux contraintes environnementales.

3) Théorie de la transition vers l'agriculture

Revenons maintenant à la transition entre le système chasse-cueillette-pêche et l'agriculture. Le passage à l'agriculture peut en fait être expliqué de manière satisfaisante à l'aide de deux ingrédients : la pression démographique et la compétition. Lors de la phase de colonisation d'un territoire, sachant que la taille des groupes de chasseurs-cueilleurs ne grossit pas pour des raisons d'optimisation de récolte de nourriture [[Lifeways of hunter-gatherers](#)], le nombre de groupes augmente, générant au bout d'un certain temps un risque de compétition entre groupes pour l'accès aux ressources. Dans un espace au sein duquel l'agriculture n'est pas disponible, cette échéance ne peut conduire qu'à une stabilisation de la population, ou une légère augmentation due à l'amélioration de certaines techniques de cueillette, chasse ou pêche ; l'évolution technique des aborigènes australiens, que nous présenterons plus loin, en est un bon exemple. Dans ce contexte, le contrôle des naissances peut alors éventuellement être renforcé, la quantité de nourriture consommée plus faible, ou les guerres entre groupes plus fréquentes. Ainsi, R. Kelly a ainsi montré qu'il existe une corrélation dans les sociétés de chasseurs-cueilleurs modernes entre la fréquence des guerres inter-groupes et la pression démographique [[Lifeways of hunter-gatherers](#)]. Par contre, dans ce contexte, le passage à l'agriculture sédentaire fournit à un groupe qui l'adopte un avantage compétitif indéniable : l'agriculture permet de nourrir plus de population sur un même espace, et donc d'avoir un groupe plus nombreux, et la sédentarisation de défendre plus efficacement le groupe et le territoire, par l'intermédiaire de murs d'enceintes ou d'armes stockées (les chasseurs-cueilleurs mobiles ne disposent que d'une faible quantité de biens matériels en raison de l'obligation de les transporter). En cas de conflit direct, l'avantage est généralement au groupe d'agriculteurs par rapport au groupe de chasseurs-cueilleurs. Dans ce genre de situations, les chasseurs-cueilleurs sont relégués ou ne se maintiennent que dans les zones les moins propices à l'agriculture. D'autre part, même en l'absence de conflit direct, un groupe sédentaire restreint la mobilité des groupes de chasseurs-cueilleurs environnant, en les privant d'un accès à un territoire donné ; les chasseurs-cueilleurs ayant besoin d'accéder à une variété de territoires, et non pas un seul, voient l'intérêt de leur mode de subsistance diminuer, en particulier si le territoire mobilisé par un groupe voisin sédentarisé est une zone auparavant riche en ressources [[Lifeways of hunter-gatherers](#)]. Le groupe se voit donc incité à se sédentariser lui aussi, ce qui s'accompagne d'une nécessité vitale d'utiliser l'agriculture comme mode de subsistance. C'est ainsi que, par exemple, en Afrique, le groupe des agriculteurs Bantu, partant d'Afrique de l'Ouest aux environs de -3000, a progressivement colonisé ou converti à l'agriculture une grande partie du sud de l'Afrique en quelques millénaires [[Guns, Germs and Steel](#)]. Comme l'a bien montré J. Diamond, l'invention de l'agriculture n'a eu lieu qu'en quelques endroits assez rares, et sa vitesse de sa propagation fut fortement influencée par différents facteurs géographiques. Ceci explique la dynamique très différente suivant les régions de sa propagation et le fait que, à l'échelle de la planète, coexisterent pendant des millénaires les deux modes de subsistance, jusqu'à ce qu'à la disparition quasi-complète du mode de subsistance chasse-cueillette-pêche de nos jours. Ceci est finalement inévitable dans un ensemble de groupes en compétition pour l'accès aux ressources, et n'est que la conclusion d'un processus entamé il y a plusieurs millénaires.

4) Les conséquences de la transition

Le taux de croissance de la population dans toute la phase précédant l'agriculture est particulièrement faible, et serait comprise dans la gamme 0,00007% - 0,011% [[Subsistence strategies](#)]. L'un des effets les plus spectaculaires de la transition vers l'agriculture est la très forte augmentation de ce taux. Par exemple, lors de la première transition vers l'agriculture ayant eu lieu en Europe Centrale (la « civilisation rubanée », vers -5500), une grossière

analyse personnelle des courbes de population estimées par les archéologues montre que des taux de croissance compris entre 0,2 et 0,5% ont été soutenus pendant plusieurs centaines d'années en Irlande, Ecosse, Danemark, Pays-Bas, Angleterre, Belgique, et Allemagne, correspondant à une augmentation de population d'un facteur compris entre 2,5 et 40 [Evolutionary demography]. A l'issue de cette phase de forte croissance, la population dans ces différentes régions atteint des valeurs maximales qui ne furent pas ou peu dépassées par la suite par la civilisation rubanée. Ces périodes de forte croissance succédant à la transition vers l'agriculture ont été observées sur plusieurs continents, et les données archéologiques montrent sans ambiguïté qu'elle est associée à une forte hausse du nombre de naissances [Testing the hypothesis]. L'origine de cette hausse est encore débattue, et on peut avancer deux types d'explications. Les premières hypothèses sont biologiques, et se concentrent surtout sur les facteurs influençant la fertilité des femmes, notamment par l'intermédiaire de la durée de la période d'aménorrhée. La fertilité augmenterait en raison de la diminution de la mobilité qui influencerait directement la fertilité, ou bien qui conduirait à une diminution des tétées chez les enfants (moins portés dans les civilisations agricoles, les enfants têtent moins, ce qui raccourcit la période d'aménorrhée). Egalement, l'âge de sevrage pourrait être avancé, en raison de nouvelles nourritures disponibles, comme des céréales, plus faciles à préparer sous forme de bouillie pour les jeunes enfants, ou en raison d'un changement dans l'alimentation et dans le type de travaux effectués par les femmes [Testing the hypothesis]. Les autres hypothèses sont plutôt d'ordre économique : l'augmentation du nombre d'enfants serait alors un choix rationnel dû au besoin d'une force de travail supplémentaire dans le système agricole. A l'appui de cette hypothèse, des études ethnographiques montrent que, lorsque chasseurs-cueilleurs et agriculteurs cohabitent dans une même région, les enfants chez ces derniers passent beaucoup moins de temps à jouer [Libre pour apprendre], et que les enfants contribuent plus fortement aux tâches familiales dans les systèmes techniques agricoles [Subsistence strategies]. Egalement, nous avons déjà évoqué plus haut que la transition vers l'agriculture s'accompagnerait potentiellement d'une hausse de la mortalité ; la hausse du nombre de naissances serait donc également un moyen de compenser cette hausse.

En tout état de cause, les périodes de forte croissance de population dues à la transition vers l'agriculture sont suivies de périodes de stabilisation, sauf en cas d'intensification de l'agriculture (voir plus loin). Dans ces périodes de stabilisation, comme dans le cas des chasseurs-cueilleurs, des mécanismes de régulation similaires à ceux mentionnés plus haut chez les chasseurs-cueilleurs sont présents, et permettent de maximiser la quantité de nourriture par personne.

C. L'intensification de l'agriculture.

Nous avons utilisé le terme « agriculture » jusqu'à présent par souci de simplification, mais il existe en fait une grande diversité de systèmes agricoles possibles, qui se différencient, entre autres, par la densité maximale de population qu'ils sont capables de nourrir. Nous présentons dans le Tableau 2 la classification établie par E. Boserup, qui va du plus extensif au plus intensif. E. Boserup a proposé, en 1965, une théorie particulièrement intéressante sur la transition entre ces différents systèmes. C'est, d'après elle, la pression de la population qui induirait les changements techniques permettant d'augmenter la productivité [The conditions of agricultural growth]. En effet, si les rendements à l'hectare des systèmes intensifs sont, à l'évidence et par définition, supérieurs à ceux des systèmes extensifs, il n'en va pas de même pour les rendements *par personne*, qui décroissent dans les systèmes intensifs, et nécessitent une augmentation du temps de travail afin de les atteindre : désherbage, entretien d'un système d'irrigation, collecte de fertilisants divers, cultures additionnelles pour les animaux, enchaînement plus rapide des cultures, etc.... La conséquence principale est que les

agriculteurs n'iraient pas spontanément vers les systèmes intensifs, qui demandent plus de travail, mais ne s'y résoudraient que sous l'effet de la pression démographique. Par exemple, E. Boserup propose que l'intensification de la production agricole en Europe, à la fin du Moyen Âge, soit en fait la conséquence de l'augmentation de la population, et non pas sa cause. Elle appuie sa théorie en montrant que la plupart des techniques utilisées lors de cette intensification agricole étaient en fait connues, mais non utilisées. En définitive, l'utilisation d'une technique agricole extensive peut donc être vue comme un choix économique rationnel lorsque la densité de population est faible.

Système agricole	Description	Densité (hab/km ²)
Chasse / cueillette / pastoralisme		0-4
Longue jachère	1 ou 2 récoltes suivies de 15-20 ans de jachère	0-4
Jachère moyenne	2 récoltes ou plus suivies de 8-10 ans de jachère	4-64
Jachère courte	1 ou 2 récoltes suivies de 1-2 ans de jachère	15-64
Récolte annuelle	1 récolte par an avec quelques mois de jachère	64-256
Multi-récolte	2 récoltes ou plus, sans jachère	>256

Tableau 2 : Systèmes agricoles identifiés par Boserup, et densité maximale d'habitants pouvant être supportée [Turning but not toppling].

La théorie boserupienne présente deux intérêts. D'une part, elle présente un complément intéressant à la théorie malthusienne qui postulait l'existence d'une densité de population maximale pouvant être nourrie sur un territoire donné : la pression démographique, en poussant à un changement de système technique de subsistance, permet de repousser cette limite. Bien entendu, un tel changement n'est envisageable que si l'intensification agricole est une option technologiquement, économiquement, climatiquement, énergétiquement et politiquement possible, ce qui n'est pas toujours le cas. Par exemple, dans les différents systèmes cités par E. Boserup, le plus intensif est la récolte multi-annuelle, qui est possible pour la culture du riz dans certaines régions du monde, mais ne peut être adoptée dans d'autres. En l'absence de passage à une technique agricole plus intensive, l'issue malthusienne devient la seule possible : contrôle démographique, guerre, et/ou famine. Le deuxième intérêt de cette théorie est qu'elle est entièrement compatible avec les théories que nous avons présentées précédemment concernant la transition entre le système technique chasse-pêche-cueillette et l'agriculture. Ceci permet donc d'avoir une vision assez cohérente de l'évolution depuis les systèmes de subsistance chasse-cueillette-pêche vers des systèmes agricoles les plus intensifs : les transitions seraient induites par les pressions sur les sociétés, que ces pressions proviennent de limites naturelles (pression démographique due à productivité limitée sur un territoire limité) ou d'autres sociétés (territoire partagé, guerre ou menace de guerre). Ces pressions seraient donc des moteurs puissants d'*adoption technique*, et inciteraient les populations à changer de système technique de subsistance sous peine de souffrir de la famine ou de disparaître.

Quand elle fut proposée, cette théorie était relativement nouvelle par rapport à celle d'une évolution démographique uniquement guidée par les inventions, qui a prévalu jusque dans les années 60s [Time Allocation]. Dans cette dernière, on postulait qu'une fois une invention faite (agriculture, utilisation de légumineuses comme fertilisants, charrue, etc...), elle était naturellement adoptée parce qu'elle constituait un *progrès* (diminution du temps de travail, augmentation de la productivité, ...). L'adoption de l'invention conduisait alors à une augmentation de la population. Le débat n'est pas complètement clos à ce sujet, et la théorie boserupienne, même si la grande majorité des travaux expérimentaux tendent à la valider [Time Allocation], continue de faire l'objet de critiques de la part de certains scientifiques du

domaine [**Labor productivity and agriculture**]. Ce débat revient finalement à devoir trancher entre l'œuf et la poule au sujet du niveau de population et de l'adoption de nouvelles techniques : est-ce l'adoption qui conduit à une augmentation de population, ou est-ce la pression de population qui conduit à l'adoption ? Pour l'instant, il n'y a donc pas consensus, mais nous aurons l'occasion, lors de notre étude sur l'Australie, présentée plus loin dans ce chapitre, d'apporter notre point de vue sur cette question.

En revanche, les points sur lesquels il y a peu de place au doute est qu'il existe bien une limite intrinsèque de densité de population qu'un système technique de subsistance donné peut supporter, et également que les systèmes techniques les plus complexes nécessitent une certaine densité de population pour être viable. Nous aurons l'occasion d'illustrer ce dernier point plus loin, lorsque nous parlerons des Tikopiens. Pour l'instant, nous pouvons nous contenter de l'exemple du système technique de subsistance typique de la fin du Moyen Âge, avec meuniers, maréchaux-ferrants, forgerons, charbonniers, mineurs, charpentiers, rémouleurs, fabricants de bateaux, fabricants de filets de pêche, transporteurs, etc, dont la présence est nécessaire à la stabilité du système technique de subsistance. Il paraît hautement improbable qu'en gardant ce même système technique, mais en divisant la densité de population par 50 par une dilatation de l'espace (pour atteindre, par exemple, la densité de population typique des systèmes de subsistance chasse-cueillette-pêche), ce système puisse rester stable, du fait de l'augmentation considérable des distances entre les individus. Les systèmes de subsistance plus intensifs, qui nécessitent le plus souvent une spécialisation due à l'augmentation du nombre de savoir-faire techniques nécessaires, requièrent également plus d'échanges entre les différents individus spécialisés, et donc une certaine proximité géographique. On peut donc en conclure, même si le moteur de leur évolution commune reste sans doute encore à élucider définitivement, densité de population et système technique de subsistance sont intimement liés et évoluent nécessairement de manière conjointe.

Enfin, en ce qui concerne la problématique qui nous intéresse dans ce livre, notons donc que, dans beaucoup de cas, l'intensification du système de subsistance s'accompagne de la nécessité de fabriquer un plus grand nombre d'outils spécifiques (haches, charrue, charrette, faux, moulins, filets de pêches, etc), et donc, potentiellement, pour certains outils, de puiser d'avantage dans les ressources non-renouvelables. La question à laquelle nous aurons donc à répondre dans la suite de ce livre sera de savoir si cette intensification des systèmes de subsistance se fait au détriment de leur pérennité ou pas.

D. Autarcie, commerce et premiers contacts

Dans notre recherche sur les civilisations du passé, nous aimerions bien entendu trouver quelques perles consistant en des sociétés s'étant développées dans un milieu isolé, n'ayant eu aucun contact avec l'extérieur, ayant atteint un niveau technologique donné qu'elles ont maintenu pendant plusieurs millénaires, et nous écrire « ceci est un système technique pérenne ». De telles sociétés, ayant développé en autarcie un système technique en relation directe avec un territoire donné et ses ressources, permettraient l'analyse la plus simple. Nous verrons plus loin que certaines de ces perles existent, mais sont plutôt rares. De nombreuses sociétés sont plutôt constituées d'humains ayant développé un système technique non-statique, habitant dans une large zone dont ils connaissent parfaitement les ressources, ayant développé un artisanat spécifique, et échangeant des objets manufacturés ou des matières premières avec d'autres groupes voisins. Ces échanges de proche en proche peuvent *in fine* conduire à une circulation à longue distance de certains produits ou objets. Un exemple parlant de tels groupes est le couple symbiotique constitué par les agriculteurs et les éleveurs : ces deux groupes constituent des entités clairement distinctes, évoluant dans deux zones séparées, et qui échangent, entre autres, produits animaux contre produits végétaux. Dans ce

genre de cas, il faudrait considérer qu'une société est dans un état technique pérenne si son propre système de production est pérenne et si elle ne reçoit que des produits et matières premières produites par un groupe l'étant lui-même. Ceci conduit à devoir étudier les groupes ayant fourni d'éventuels produits jugés indispensables à la survie d'un groupe donné.

Une autre problématique, en partie liée à celle que nous venons d'évoquer, concerne la nature des informations que nous allons obtenir sur le système technique des sociétés anciennes. Nous aurons parfois accès à des informations par des traces archéologiques, parfois par d'éventuels écrits des membres de ces sociétés, et enfin parfois par les écrits des explorateurs ou ethnologues les ayant rencontrés. Si les deux premières possibilités ne posent pas de problème particulier, en dehors de l'éventuelle incomplétude des informations obtenues, les données issues de l'ethnologie soulèvent plusieurs difficultés spécifiques.

Tout d'abord, de l'aveu même des ethnologues spécialisés dans les techniques, cet aspect de leur discipline reste souvent un parent pauvre. Ainsi, G. Guille-Escuret estime qu'«en ethnologie, l'examen des outils de production et des modes de vie économique souffrent d'un retard historique et d'un relatif manque de curiosité dont la responsabilité revient assurément aux inclinations culturelles de la société qui entoure cette science » [Ethnologie]. Dans le cas d'un exemple précis – le système technique traditionnel indien –, M.-C. Mahias écrit : « L'anthropologie en Inde (...) nous a donnée l'image d'une société complexe, aux systèmes religieux, philosophiques, sociaux, savamment élaborés. Les activités matérielles furent, à une certaine époque et dans les meilleurs des cas, présentées dans un chapitre introductif, vision « du dehors » avant d'aborder les choses sérieuses – caste, parenté, religion – considérées comme les seuls niveaux pertinents pour appréhender la société [Le barattage du monde].

Un autre aspect à prendre en compte est que le contact d'une société traditionnelle avec une société industrielle ou proto-industrielle peut donner lieu à des modifications très rapides de plusieurs aspects de ses caractéristiques, et de son système technique en particulier. Il existe de nombreux exemples de cela dans l'histoire, mais nous allons l'illustrer par l'histoire de la rencontre entre les explorateurs européens et les Fuégiens (habitants de la Terre de Feu), qui est assez emblématique. Ces rencontres et leurs effets ont été décrits avec beaucoup de détails par A. Chapman, et illustrent bien les différentes voies que peuvent prendre les modifications à la suite de contacts [European encounters]. Nous ne ferons qu'en présenter brièvement quelques aspects qui nous paraissent les plus emblématiques, sachant que le système technique des Fuégiens sera analysé en détail plus loin.

Les Fuégiens étaient des chasseurs-cueilleurs-pêcheurs, divisés en plusieurs tribus, dont certaines dépendaient fortement des ressources maritimes. Les premiers contacts entre les Fuégiens et les Européens eurent lieu en 1578, et restèrent pendant environ deux siècles très sporadiques. Lors de ces quelques rencontres, parmi les différents objets que possédaient les Européens, les Fuégiens étaient attirés par tout objet rouge, par le verre, et par les boucles en métal. Ces objets firent partie des rares échanges avec les explorateurs, et étaient utilisés comme décoration. Le deuxième voyage de James Cook dans la région, dans les années 1770, et sa description de la présence de baleines et de très nombreuses colonies d'otaries, fut suivi d'une période de plusieurs dizaines d'années pendant laquelle des chasseurs d'otarie et de baleines venus d'Europe tuèrent en masse ces animaux, qui constituaient une ressource importante de certaines tribus fuégiennes. Il n'existe pas de récits des rencontres entre ces chasseurs et les Fuégiens. Toujours est-il que, dans les années 1820, lorsque des explorateurs rencontrèrent à nouveau les Fuégiens, ces derniers avaient à l'évidence eu des contacts avec des chasseurs, car ils cherchaient à obtenir des couteaux lors d'échanges avec les Européens. Faute d'otaries et de baleines, leur alimentation était désormais essentiellement constituée de poissons et de coquillages ; ces derniers étaient déjà consommés auparavant par les Fuégiens, mais dans une moindre quantité. Aux alentours de 1870, une mission anglaise fut installée de

manière permanente en Terre de Feu, avec à sa tête Thomas Bridges. Son objectif était de christianiser les indigènes, mais également de modifier certains aspects de leur mode de vie qu'il réprouvait. Il employa dans sa mission de nombreux Fuégiens pour les former à l'agriculture et ouvrit rapidement un magasin distribuant ou échangeant des denrées, des habits anglais et des outils. Par exemple, il fournit aux indigènes des haches métalliques, afin de leur permettre de creuser des pirogues dans des troncs d'arbre, remplaçant ainsi leur système traditionnel de pirogues faites d'écorces de bois [European encounters]. Les Fuégiens avec lesquels il était en interaction se mirent également à utiliser des tessons de verre pour former leurs pointes de flèches, remplaçant ainsi le silex pour cet usage [Aux confins de la terre]. La production agricole était insuffisante, et les néo-agriculteurs fuégiens échangeaient de fait leur force de travail contre des denrées alimentaires envoyées d'Angleterre par des mécènes soutenant la mission. En quelques années, la situation alimentaire des Fuégiens dépendant de la mission devint catastrophique, car les denrées importées ne suffisaient pas à couvrir toutes les demandes. Les indigènes dépendant de la mission subirent une grande famine car, comme le reconnaît Thomas Bridge lui-même, « les jeunes hommes qui grandissent [à la mission] n'ont pas appris à faire de canoé et, à notre grande déception, quand ils se marient, n'arrivent plus à subvenir à leurs besoins et à ceux de leurs épouses ». On peut noter que cette remarque a été écrite une dizaine d'années seulement après que Thomas Bridge a embauché les premiers Fuégiens comme employés agricoles, montrant la rapidité avec laquelle un savoir-faire technique peut disparaître. Vers cette même période, dans les années 1880s, de graves épidémies dues à des germes provenant d'Europe entraînèrent une très forte diminution de la population fuégienne. Quelques années seulement plus tard, de l'or fut découvert dans la région, ce qui entraîna également un massacre de certaines tribus fuégiennes [European encounters].

Il ne s'agit pas ici de porter un quelconque jugement sur ces événements, mais simplement d'en voir la conséquence pour notre étude : les informations ethnologiques doivent être prises avec la plus grande précaution, car les systèmes techniques dits traditionnels ont parfois subi des évolutions qui peuvent être difficiles à évaluer. Ainsi, Darwin, lorsqu'il arrive en 1832 en Terre de Feu et considère que les Yamana, une tribu de Fuégiens tournés vers la mer, « se nourrissent principalement de fruits de mer » fait une observation à peu près exacte ; mais en conclure que le système alimentaire des Yamana a été celui-là pendant des siècles auparavant serait complètement faux, car leur système alimentaire, et donc les techniques employées, furent profondément bouleversés quelques décennies seulement avant l'arrivée de Darwin sur les lieux. De même, un observateur constatant que les Fuégiens, après contact avec les Européens, creusent des canoés dans des troncs en utilisant des haches, pourrait s'aventurer à formuler l'hypothèse que, avant le contact, ils utilisaient probablement la même technique mais avec des herminettes de pierre, ce qui n'est en réalité pas le cas. Enfin, une étude de la pression qu'exercent les Fuégiens sur leur environnement et qui se baserait sur la densité de population après contact se baserait donc sur des chiffres erronés, qui ne prennent pas en compte les ravages causés par les épidémies.

Les ethnologues arrivant quelques dizaines d'années ou parfois centaines d'années après les premiers contacts décrivent donc des systèmes techniques qui sont donc le plus souvent transformés. Par exemple, P. Descola, anthropologue, a rencontré dans les années 70s les Achuars, une des rares tribus d'Amazonie à avoir eu à l'époque encore extrêmement peu de contacts *directs* avec le monde occidental. Pour autant, cette tribu, *via* des échanges avec les tribus voisines, disposait à l'arrivée de l'anthropologue de marmites en fer-blanc, de haches métalliques, de fusils, etc... [Les lances du crépuscule]. Plus généralement, E. Gariné et P. Erikson considèrent que les systèmes techniques de nombreuses sociétés traditionnelles vivant actuellement dans des milieux extrêmes « ne sont en aucun cas les vestiges d'une humanité préhistorique, comme on a pu le croire dans les années soixante », mais une

adaptation moderne à des conditions particulières créées par des raids esclavagistes, des conflits, des épidémies, etc... [Ethnologie]. Le contact entre des sociétés traditionnelles et des européens est un exemple très clair de ce que nous souhaitons démontrer, mais les effets peuvent être parfois plus subtils.

De toutes ces considérations, nous dressons une conclusion méthodologique, que nous appliquerons à notre étude : en dépit de leur incomplétude, il faut en priorité prendre en compte les données archéologiques pour discuter des systèmes techniques traditionnels, et considérer avec beaucoup de précautions celles issues de l'ethnologie.

CHAPITRE 2 : CHASSE ET CUEILLETTE

~

LES YAMANAS

Dans la suite de ce livre, nous allons maintenant nous intéresser à différents systèmes techniques préindustriels. Il ne s'agira pas de le faire de manière exhaustive, mais de le faire de manière détaillée sur quelques exemples, qui nous sont apparus intéressants. Dans notre étude de ces exemples, nous nous intéresserons à deux aspects : la pérennité des moyens de subsistance, et celle des moyens de production. Il s'agira donc de déterminer si les groupes étudiés se sont maintenus, ou auraient pu se maintenir, sans épuiser les ressources permettant de les nourrir et de fabriquer les outils essentiels à leur système technique.

A. Généralités sur les chasseurs-cueilleurs

Les deux caractéristiques qui différencient les groupes de chasseurs-cueilleurs des autres groupes qui seront présentés plus loin sont l'absence d'agriculture et l'absence d'élevage. Une troisième caractéristique, la mobilité, est souvent associée à cette catégorie, mais n'est en fait pas systématique : la majorité des chasseurs-cueilleurs sont effectivement mobiles, mais il existe de nombreux exemples de groupes sédentaires [Lifeways of hunter-gatherers]. La nécessité de mobilité résulte de la diminution progressive des rendements en nourriture lorsque les chasseurs-cueilleurs restent sur un territoire : au bout d'un certain temps, il devient plus rentable pour un groupe de se déplacer vers un autre territoire que de rester sur le même, même si cela lui coûte du temps, de l'énergie et nécessite parfois d'abandonner des membres du groupe derrière eux, en particulier les vieillards. La sédentarité, quant à elle, peut apparaître dans deux circonstances assez différentes. La première est celle d'un environnement très riche en ressources localisées. Les groupes de chasseurs-cueilleurs restent dans ce cas à proximité de ces ressources, et n'ont aucun intérêt à la mobilité. Les amérindiens de la côte Ouest des Etats-Unis, dont la subsistance dépendait principalement du saumon, en sont un exemple classique [The Northwest coast]. La sédentarité peut également apparaître, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, dans un environnement assez homogène en ressources et dont la population a atteint son niveau maximal compte tenu du système technique donné. Dans ce cas, c'est le manque de sites disponibles qui explique la sédentarité ou une réduction de la mobilité. Nous en verrons un exemple plus loin dans le cas des aborigènes d'Australie. Enfin, notons qu'il faut distinguer deux types de mobilité. La première, dite « résidentielle », consiste à déplacer le campement de base d'un groupe, et est donc caractérisée par la fréquence du déménagement. La seconde, dite « logistique », est liée à la recherche de nourriture autour du camp de base, et est plutôt caractérisée par le rayon de recherche de nourriture autour du camp de base. Suivant les groupes, les périodes, et les circonstances, l'importance respective des deux types de mobilité peut varier fortement, certains groupes de chasseurs-cueilleurs n'effectuant, par exemple, que quelques mouvements résidentiels par an.

B. Les Yamanas

Nous allons commencer notre étude par les Fuégiens, dont nous avons déjà parlé plus haut, et qui sont donc les habitants indigènes de la Terre de Feu, la zone la plus au Sud de l'Amérique, séparée du reste du continent par le détroit de Magellan. Les glaciers se sont

retirés de ce dernier entre -6000 et -8000, et la terre de Feu a été colonisée en plusieurs vagues successives. Il n'existe aucune preuve directe d'un quelconque contact entre les Fuégiens et des peuples d'agriculteurs, situés plus au Nord, et il semblerait donc que les Fuégiens aient été des chasseurs-cueilleurs relativement isolés pendant environ 6000 ans ou, *a minima*, que leur système technique n'ait pas été influencé par d'éventuels contacts [European encounters]. Les Fuégiens sont en fait constitués de trois peuples différents, qu'on classe généralement en deux catégories : un peuple est tourné vers la mer (les Yamanas), et possède des canoés, et deux autres occupent l'intérieur des terres, et chassent surtout du gros gibier (le guanaco, apparenté au lama) [Some effects of the environment]. Néanmoins, les Yamanas consomment également du guacano. Mis à part ces spécificités notables, le reste du régime alimentaire (petit gibier, oiseaux, fruits, champignons ...) et le système technique sont assez semblables dans les différentes tribus.

Commençons notre étude par les données « ethnologiques » (nous mettons des guillemets ici, puisqu'il s'agit de données provenant de récits d'explorateurs ou missionnaires). Ces données concernent toutes les Yamanas, car cette tribu est celle qui a été le plus en contact avec les premiers explorateurs, et leur système technique originel a ainsi été le plus décrit. Nous nous concentrerons dans la suite principalement sur ce peuple, mais les conclusions générales que nous tirerons peuvent sans aucun doute s'appliquer aux autres peuples fuégiens. On estime que, à l'époque de la rencontre avec les européens, les Yamanas étaient environ 3000, et occupaient une région d'un peu plus de 20000 km², en comptant les mers, conduisant à une densité de population d'environ 0.14 hab/km² [Chronicles of Ona]. Dans le Tableau 3 sont présentés les objets techniques et aliments des Yamanas mentionnés par les explorateurs [Aux confins de la terre & European encounters]. Comme on le constate à la lecture du tableau, un très grand nombre d'objets techniques – et bien sûr les aliments – sont issus du monde animal et végétal. A condition que la pression sur les plantes et animaux soit suffisamment faible pour ne pas mettre l'existence des espèces en danger, ce type d'objets peut donc être en principe être obtenu indéfiniment ; nous y reviendrons. En ce qui concerne les objets issus du monde minéral, en dehors du terme vague d'outils en « pierre », plusieurs matériaux spécifiques sont mentionnés : le silex, l'agate, la pyrite, le quartz, le schiste et l'obsidienne.

Objets d'origine végétale	Canoés en écorce, rames en bois, pointes de harpons en bois, arc en hêtre. Amadou en poudre de vessie-de-loup ou nid d'insectes. Signaux de fumée pour annoncer l'échouage d'une baleine. Bois de construction.
Objets d'origine animale	Habits en peau de loutre, renard, otarie et lama. Corde en peau d'otarie. Pointes de harpons et lances en os. Lignes de pêche en cheveux. Ficelles et bracelets en tendons de guanaco. Amadou en duvet d'oiseaux. Sac/gourde en vessie d'otarie. Couteau avec une coquille de moule géante. Voiles en peau d'otaries. Couche de graisse sur le corps pour protéger du froid. Couvre-chefs en plume d'oies. Fanons de baleine pour renforcer les canoés. Fronde avec une poche en peau d'otarie et une lanière en intestin. Paille en os de jambe d'albatros. Seau en écorce.
Objets d'origine minérale	Pointes de flèches et instruments coupant en silex, agate, quartz et schiste. Etincelles formées en percutant de la pyrite. Haches en pierre affûtée. Couteau en pierre. Pointes de flèche en obsidienne ³ . Peintures corporelles minérales.
Alimentation	Loutres, otaries, renards, oiseaux, poissons, fruits, fruits de mer, baleines échouées, herbes sauvages, champignons, œufs de manchot, pissenlits.

Tableau 3 : Système technique des Yamanas, Patagonie. [Aux confins de la terre & European encounters & Some effects of the environment & Ethno-neglect or the contradiction]

Voyons maintenant les informations que nous fournissent les explorateurs au sujet de la pression exercée par les Yamanas sur leurs ressources. Dans son livre, E. Lucas-Bridges

³ L'obsidienne est une roche volcanique d'aspect vitreux.

(fils du missionnaire Thomas Bridges, cité dans le Chapitre 1), mentionne que la forte consommation des œufs de manchots, très prisés par les Fuégiens, conduit à avoir une population dans leur zone d'habitat beaucoup plus faible que dans les zones inhabitées. Ceci est finalement plutôt attendu, et n'a pas conduit à l'extinction des manchots dans ces zones, un état d'équilibre ayant été atteint. En particulier, le fait que plusieurs îles soient inhabitées dans la région a contribué à protéger les manchots d'une éventuelle extermination, en constituant une réserve stable d'animaux. E. Lucas-Bridge évoque aussi la pyrite et mentionne que cette dernière, utilisée pour l'allumage du feu, ne se trouve que dans l'île de Clarence, à environ 200 km de la zone occupée habituellement par les Yamanas ; elle était extraite « au prix d'un dur labeur » [Aux confins de la terre]. Les déchets présents sur le site montrent qu'une extraction a eu lieu, selon lui, « pendant plusieurs siècles ». Ce matériau peut donc être considéré comme un matériau précieux pour les Fuégiens : il était essentiel à leur système technique et nécessitait plusieurs jours de voyage et de nombreuses heures de travail pour son extraction. Les Fuégiens compensaient la rareté de ce matériau en entretenant continuellement leurs feux, de jour comme de nuit, et si « une femme était assez négligente pour laisser s'éteindre son feu, elle demandait des braises vives à la hutte voisine plutôt que d'allumer un nouveau feu à la dunda⁴ et la pyrite » [Aux confins de la terre]. Il y a relativement peu d'informations concernant les autres matériaux dans ces récits. Nous avons donc tiré le maximum d'information possible des missionnaires, nos ethnologues de fortune ; voyons maintenant ce qu'en disent les archéologues.

Les études archéologiques nous livrent des informations relativement précises sur la nature des roches utilisées pour faire les outils, l'évolution de leur utilisation dans le temps, et sur l'usage qui en est fait. La plupart des outils utilisés par les Yamanas proviennent de roches pyroclastiques⁵ qu'ils trouvaient en abondance dans des zones peu éloignées de leur zone d'habitation. Ces roches étaient en position secondaire⁶ et donc faciles à récolter [Ethno-neglect or the contradiction & Littoral adaptation]. L'obsidienne est un matériau à part : d'une grande dureté, elle permet de faire des outils très tranchants. Elle provient a priori du volcan Setno Oway, situé à environ 350 km de la zone d'habitation des Yamanas, et était vraisemblablement obtenue par des échanges entre tribus. Si l'obsidienne était très utilisée par les peuples vivant à proximité du volcan, elle est par contre plus rare chez les Yamanas [Obsidian source and distribution]. Par ailleurs, chez ces derniers, l'obsidienne n'a pas été tout le temps utilisée : son usage disparaît pendant plusieurs millénaires (entre -3200 et 0) avant de réapparaître plus tard. On peut donc considérer que c'est un matériau intéressant, voire précieux, pour les Yamanas, mais en aucun cas indispensable à la stabilité de leur société.

Les études archéologiques montrent que le système technique a peu évolué au cours du temps. Ainsi, comme le montre la Figure 1, la plupart des outils lithiques et osseux n'ont subi aucune modification dans leur technique de fabrication et leur apparence pendant six millénaires. On peut néanmoins noter quelques exceptions à cette règle générale. Ainsi, la structure d'une tête de harpon (notée 19 sur la Figure 1) a été légèrement modifiée, et permet de l'attacher à la hampe⁷ par le côté. D'après E. Piana et L. Orquera, ce changement entraîne un temps de fabrication réduit par rapport à la structure précédente sans changer sa fonctionnalité [The southern top of the world]. Le deuxième changement est l'apparition de pointes de lances taillées (notées 21 sur la Figure 1) puis, quelques millénaires plus tard, leur remplacement par des pointes de flèches (notées 22 et 23 sur la Figure 1). La présence de ces

⁴ Poudre contenue dans la vessie-de-loup, utilisée comme amorce du feu.

⁵ Roches contenant uniquement ou principalement des roches volcaniques.

⁶ Les roches en position secondaire ont été détachées de leur position d'origine par des glaciers et/ou des rivières et se trouvent donc déposées sur le sol, souvent sous forme de galets.

⁷ La hampe est le manche en bois d'une lance.

dernières montre que les Yamanas se sont mis à utiliser des arcs il y a environ 2500 ans. D'après E. Piana (communication personnelle), les arcs auraient été obtenus par des contacts avec des tribus de chasseurs, plus au Nord, et restent une arme de chasse secondaire. En effet, les animaux les plus importants dans le régime alimentaire des Yamanas étaient les mammifères marins, pour lesquels les arcs n'apportent aucun avantage. Ils ne procurent également pas d'avantages dans la chasse aux oiseaux par rapport à la fronde, mais sont par contre très efficaces dans la chasse au guanaco. Néanmoins, l'acquisition de cette technique ne semble pas avoir été reliée à une augmentation de la consommation de ce dernier.

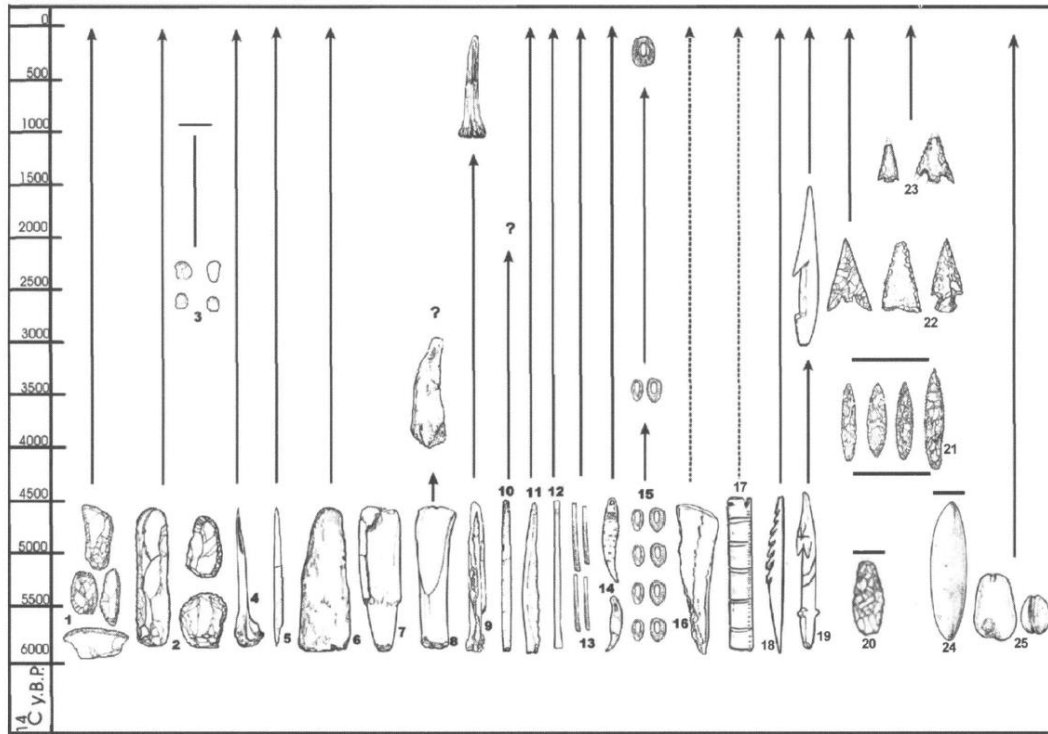


Figure 1 : Evolution dans le temps d'outils d'origine animale ou minérale des Yamanas. L'échelle de droite indique les années avant le présent [The southern top of the world].

Les restes d'animaux consommés permettent aux archéologues de suivre l'évolution du régime alimentaire des Yamanas, du moins en ce qui concerne les protéines animales. Même si l'on peut noter des fluctuations temporelles dans la part respective de chaque animal dans le régime alimentaire, les animaux consommés sont restés les mêmes pendant ces six millénaires: otaries, guanaco, baleines, oiseaux, poissons, et coquillages [The southern top of the world & Archeological Analysis], dénotant une absence de pression significative sur les populations chassées. Plus spécifiquement, une étude sur la pyramide des âges des otaries chassées permet de conclure qu'il n'y avait pas de pression exercée sur ces dernières [Chronicles of Ona].

Enfin, les études d'ADN mitochondrial permettent de retracer approximativement l'évolution de populations du passé, même si les valeurs absolues ne sont connues qu'avec une erreur significative, et que les fluctuations sur des échelles de temps courtes ne sont pas accessibles. Les résultats d'une telle étude montrent que, après une phase d'augmentation lors du peuplement progressif de leur zone d'habitation, la population des Yamanas est restée stable ou très faiblement croissante pendant plusieurs millénaires (voir Figure 2).

En conclusion, le système technique des Yamanas est un premier exemple d'état technologique pérenne tel que nous les avons imaginés en débutant cette étude : un système technique relativement stable pendant plusieurs millénaires, de même que sa population, et ne présentant aucun signe d'épuisement d'une de ses ressources. Une telle stabilité est assez rare,

et peut être expliquée par l'absence de pression interne ou externe exercée sur la société yamanienne tout au long de son histoire [Chronicles of Ona]. On pourrait se demander pendant combien de temps un tel système technique aurait pu se maintenir en l'absence d'un événement déstabilisateur externe (évolution climatique, invasion, etc...). De notre point de vue, l'épuisement de la pyrite est le premier événement qui aurait pu déstabiliser ce système technique : c'était un matériau essentiel à la survie des Yamanas, et pour lequel ils ne connaissaient apparemment pas d'alternative. En l'état actuel des connaissances, l'horizon de cet épuisement est difficile à évaluer : la source de pyrite utilisée par les Yamanas vient d'être découverte par les archéologues, et aucune étude n'a encore été publiée à son sujet. Pour maintenir leur système technique après un éventuel épuisement, l'allumage du feu par friction de morceaux de bois, technique de substitution n'utilisant que des matériaux parfaitement renouvelables, aurait pu être utilisée. A condition de l'inventer ou de l'emprunter à des voisins la connaissant, cette petite modification de leur système technique l'aurait rendu extrêmement robuste, et lui aurait sans doute permis de perdurer, dans des conditions climatiques stables, pendant un temps virtuellement infini.

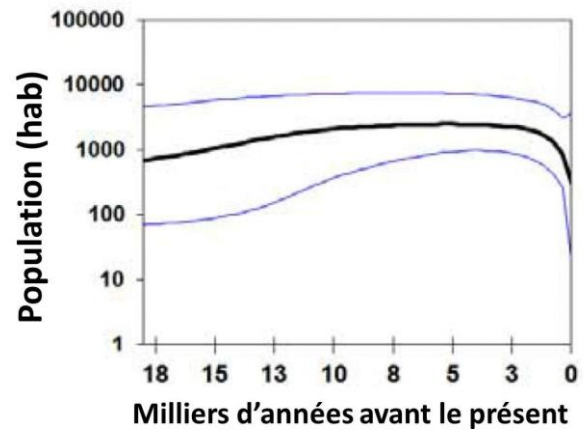


Figure 2 : Estimation de l'évolution de la population des Yamanas par des études d'ADN mitochondrial. La ligne noire donne la valeur de la population la plus probable. Les lignes bleues délimitent la zone dans laquelle le chiffre de la population a 95% de chances de se trouver [An alternative model for the peopling].

CHAPITRE 3 : CHASSE ET CUEILLETTE

~

LES ABORIGÈNES AUSTRALIENS

A. Introduction

Le deuxième système technique que nous nous proposons de présenter est celui des aborigènes australiens. En effet, l'Australie, à première vue, se rapproche assez bien du système idéal pour chercher un système technique pérenne: un territoire relativement isolé, colonisé par les humains il y a environ 50000 ans, et qui a conservé un système technique principalement basé sur la chasse et la cueillette pendant toute cette période. On peut noter également que son système technique a été peu influencé par celui de ses voisins : en dépit de sa proximité géographique avec la Nouvelle-Guinée, territoire où s'est développé un système de subsistance basé sur l'agriculture, les Australiens ne sont pas devenus agriculteurs. Nous nous retrouvons face à un continent de plus de 7 millions de km² et non pas dans la zone de 20000 km² occupée par les Fuégiens, ce qui entraîne une bien plus grande diversité de conditions environnementales, et notamment plusieurs zones aux climats différents. Néanmoins, en raison de l'absence de hautes montagnes en Australie, entraînant un territoire relativement plat, on trouve une homogénéité climatique et environnementale sur de grands territoires. Ceci peut être à l'origine d'un fait notable : en dépit de quelques variations régionales que nous ne détaillerons pas ici, le système technique australien surprend par sa relative homogénéité à l'échelle d'un continent.

Pendant la longue période d'occupation de l'Australie, les conditions climatiques ont fortement varié, comme sur tout le reste de la planète. L'arrivée des premiers hommes modernes en Australie correspond à une période de glaciation, froide et sèche, qui s'intensifie, et atteint son maximum (minimum de température) aux environs de -18000. Elle est suivie par un réchauffement et une augmentation des précipitations, qui correspondent à l'entrée progressive dans l'Holocène, notre période climatique actuelle, aux environs de -10000. Pendant les 4000 années qui suivirent, le climat fut relativement chaud et humide, et en l'occurrence plutôt favorable pour les habitants. La période qui suivit, de -6000 jusqu'à maintenant, est une période durant laquelle les variations climatiques furent plus importantes, avec parfois des périodes de forte sécheresse. Elle est attribuée par les spécialistes à une intensification d'ENSO⁸ [Palaeoenvironmental change].

⁸ ENSO signifie « El Niño South Oscillation », et caractérise l'apparition de périodes chaudes (El Niño) ou froides (El Niña) durant quelques mois, se reproduisant avec une intensité variable et une période de plusieurs années.

B. Le Pléistocène

Pendant quelques dizaines de millénaires, durant une période qui s'étale jusqu'à environ -6000, les australiens avaient développé un système technique qui a peu évolué. On peut voir Figure 3 quelques exemples d'outils retrouvés par les archéologues et datant de cette longue période [Emerging picture]. On peut y voir des galets grossièrement taillés (nucléus-rabots) destinés à l'assouplissement des peaux, au bris des os pour en extraire la moelle, au martèlement de certains végétaux, à la découpe de branches, etc... [Les premières fouilles & Pleistocene man & The anthropology of human residues]. Les grattoirs, plus tranchants, étaient utilisés pour fabriquer les objets en bois, comme des hampes ou des bâtons à creuser, et pour le travail des peaux. On a retrouvé également de longs objets pointus façonnés à partir de péronés de macropodidés⁹, et probablement utilisés comme poinçons lors de la confection d'habits en peau. Les australiens utilisaient également quelques mortiers en grès, destinés au broyage des graines, ainsi que des fours en argile pour la cuisson de nourriture. On peut noter que la Tasmanie, qui fut isolée de l'Australie à partir de -10000 par la fonte des glaciers, conserva jusqu'à l'arrivée des Européens ce système technique [Emerging picture].

Les études des corrélations entre variations climatiques et variations estimées de populations montrent que, pendant cette longue période, le climat influençait fortement la dynamique des populations. Ainsi, durant la période de glaciation, froide et sèche, la population australienne était composée de quelques groupes isolés regroupés dans des sites refuge aux conditions les moins défavorables. Lorsque le climat devint plus progressivement plus chaud et humide, le nombre de sites occupés augmenta, ainsi que la population, sans que pour autant le système technique ne subisse d'évolutions sensibles (voir Figure 4) [A continental narrative]. Nous nous retrouvons donc face à un cas proche de ce que nous avons envisagé lors de notre recherche de définition d'un état technologique pérenne : celui du cas où la densité de population reste constante, et l'état technologique pérenne, mais où la population augmente en raison de la conquête d'un territoire plus grand. Dans le cas présent, il ne s'agit pas vraiment de la conquête d'un nouveau territoire au sens strict, car les australiens avaient fini de coloniser le continent dès -40000, mais plutôt de l'occupation sur le territoire de nouveaux sites leur permettant de subsister en utilisant un système technique globalement inchangé.



Figure 3 : Outils utilisés en Australie et Nouvelle-Guinée entre -20000 et -6000. On y observe une tête de (a) hache et (b) d'herminette ; (c-e) des racloirs et rabots ; (f,g,i) des grattoirs ; (h) un grattoir avec une encoche pour la fabrication d'hampes ; (j) un poinçon en os [Emerging picture].

⁹ Les macropodidés sont des marsupiaux, de taille très variable, parmi lesquels se trouve le kangourou.

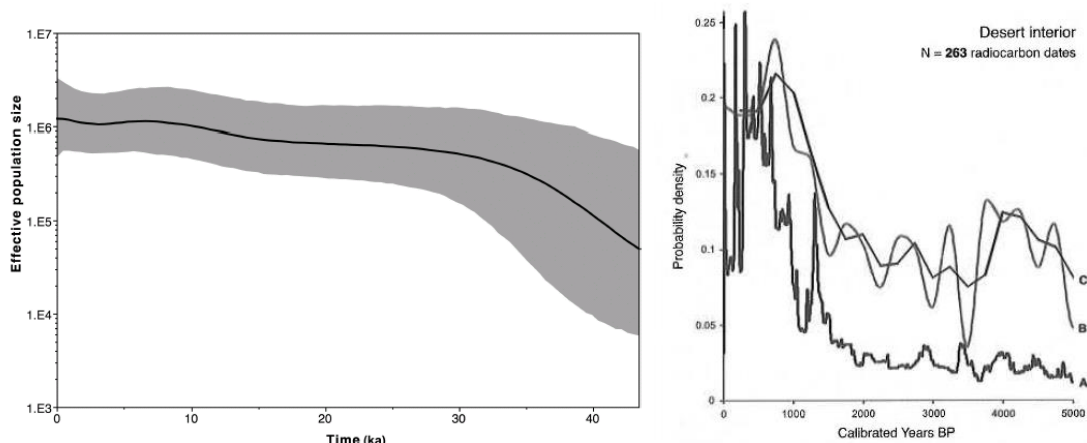


Figure 4 : (gauche) Evolution de la population australienne estimée par des études d'ADN mitochondrial. La ligne noire donne la valeur de la population la plus probable et la zone grise indique la zone dans laquelle le chiffre de la population a 95% de chances de se trouver. L'axe des abscisses indique le nombre d'années avant le présent [Aboriginal mitogenomes]. (droite) Evolution relative de la population dans le désert australien, estimée à partir des datations au carbone 14 des sites archéologiques. La courbe A présente les données brutes. La courbe B représente les données après correction taphonomique, et la courbe C après correction et lissage. Les données montrent une nette augmentation de la population du désert dans le dernier millénaire [The archeology of Australia].

C. Holocène

A partir du milieu de l'holocène (-4000/-3000), le système technique des Australiens évolua progressivement mais notablement, et vit également l'émergence de plusieurs outils. D'abord, la dimension des outils existant diminua, permettant d'augmenter la longueur de tranchant par masse de roche, et donc de confectionner des outils ayant la même fonctionnalité avec une quantité de matériau plus faible. De plus, les australiens se mirent à confectionner des microlithes¹⁰ multifonctionnels : petits grattoirs, lames¹¹ et pointes [The changing abundance & The archeology of Australia]. Ces dernières leur permirent de confectionner des lances à pointes de pierre, légères et pouvant atteindre des cibles à longue distance grâce à un propulseur [Innovation and change]. Également, cette période vit l'apparition dans certaines régions de la herminette « Tula », composée d'une tête tranchante fixée de manière robuste à un manche en bois par de la résine de spinifex¹². Elle était utilisée pour le travail du bois dur, et permettait de confectionner, par exemple, des récipients en bois ou des propulseurs (voir Figure 5) [The Tula Adze]. On peut noter que l'utilisation des microlithes chuta drastiquement au cours des deux derniers millénaires, mais ce phénomène reste pour l'instant inexpliqué [The prehistory of the Australian & Technological responses]. Les archéologues en sont pour l'instant réduits à formuler des hypothèses: i) cette technique a peut-être cessée d'être indispensable à la subsistance car d'autres techniques de production de nourriture avait pris le relais (voir plus loin) ii) la hausse de la territorialité a rendu plus difficile l'accès aux carrières.

En parallèle à ces changements, le régime alimentaire et l'organisation spatiale des australiens évolua. On observe ainsi dans les traces archéologiques l'augmentation de la consommation du petit gibier au détriment du plus gros, et une forte augmentation de la consommation de graines, bien que ces dernières soient une source de calorie nécessitant plus

¹⁰ Les microlithes sont des outils tranchant de petite taille et peu épais.

¹¹ Les lames sont des éclats allongés issus d'une technique de taille permettant de débiter un bloc de matériau, appelé nucléus, en fines tranches.

¹² Spinifex est le mot couramment utilisé pour désigner des graminées du genre *Triodia*, très répandues dans le désert australien.

de travail par calorie [What happened & Holocene demographic change]. Cette augmentation de la consommation de graines s'accompagna d'une bien plus grande utilisation, et donc fabrication, de meules à graines. C'est également vers cette période que les Australiens commencèrent à creuser des réseaux de canaux destinés à étendre l'habitat des poissons et des anguilles, et à les piéger [Dating aboriginal]. Enfin, les traces archéologiques et ethnologiques indiquent une réduction de la mobilité. Par exemple, dans les années 1830, dans les zones dans lesquelles de grands réseaux de canaux ont été construits, on trouve de petits villages d'une trentaine de huttes, et de gros tas de terre, dont le diamètre était compris entre 6 et 20 m, destinées à regrouper les fours fermés. Ces éléments dénotaient l'investissement durable de certaines tribus dans des zones précises du territoire [Complex hunter-gatherers].

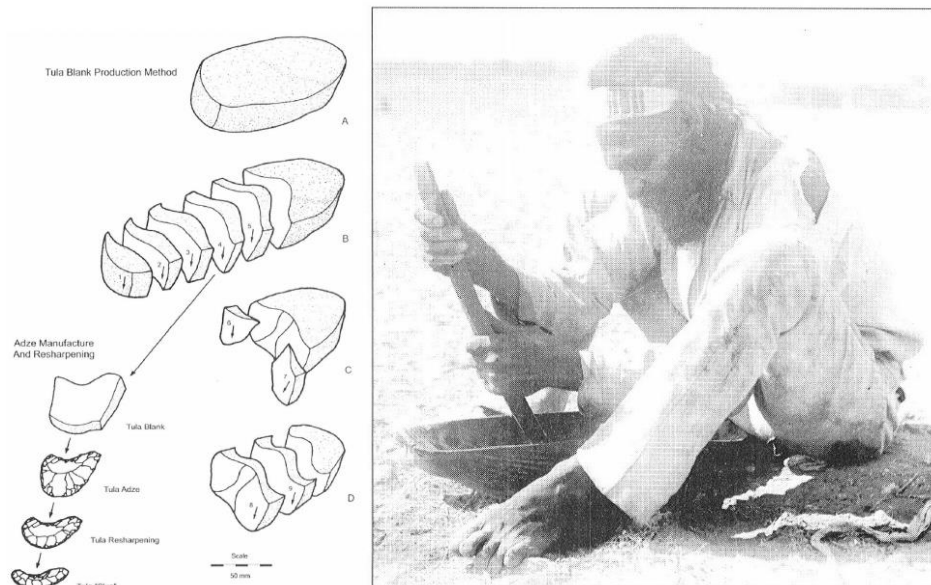


Figure 5 : (gauche) Méthode de taille et de réaffutage de l'herminette « Tula ». (droite) Utilisation de l'herminette « Tula » pour le creusage d'un récipient en bois [The Tula Adze].

Ces différentes évolutions sont reliées à une hausse de la densité de population : diversifier l'alimentation et investir dans la technologie permet d'exploiter davantage un territoire dont la surface par habitant devient plus faible [Holocene demographic change]. Également, l'augmentation de la densité de population empêche d'utiliser la mobilité entre les différents sites d'une large zone pour répondre aux variations saisonnières de conditions environnementales, notamment de pluviométrie [The archeology of Australia]. Pour cette période, les études des corrélations entre variations climatiques et variations estimées de populations, déjà mentionnées plus haut, montrent une beaucoup plus faible corrélation entre les deux, ce qui indique que cet investissement technologique et cette diversification ont apparemment permis aux australiens de moins dépendre des variations des conditions naturelles pour assurer leur subsistance. En particulier, on aurait pu s'attendre à ce que l'entrée dans la période où ENSO s'intensifia, caractérisée par de fortes oscillations des conditions climatiques, soit accompagnée d'une baisse de population, ce qui, semble-t-il, n'a pas été le cas (voir Figure 4) [A continental narrative]. Au contraire, dans le dernier millénaire, la population australienne a suivi une croissance plus importante que dans les temps anciens (voir Figure 4).

Nous venons de voir que, à un moment de leur histoire technique, les australiens se mirent à construire des canaux destinés à augmenter leurs ressources en poissons et anguilles; ils ne sont alors plus des chasseurs-cueilleurs à strictement parler, puisqu'ils commencent à

produire leur nourriture. Les études ethnologiques sur les australiens aborigènes contemporains nous montrent d'autres exemples de pratiques visant à la production de nourriture ou, *a minima*, à favoriser la production de la nature en leur faveur [Tangible evidence]. On peut citer la confection de tas d'arbres destinés à favoriser la venue de certaines larves, le bouturage des patates douces lors de la récolte de leurs tubercules – permettant de garantir une future récolte–, et parfois même le semis de graines [Elementary food production]. Également, une pratique extrêmement répandue dans toute l'Australie est la pratique du brûlis. Ces brûlis ont profondément modifié les paysages australiens, favorisant la présence de prairies et de certains arbres résistant au feu. Les raisons permettant de les expliquer sont multiples [The fire stick & Tangible evidence] : le brûlis permet de maintenir des prairies propices à la subsistance du gibier et à sa chasse, de favoriser la repousse de certaines plantes importantes pour l'alimentation, et protège les zones entourant les camps de feux naturels incontrôlés. Il faut, pour comprendre cette pratique, garder en tête que la forêt tropicale naturelle reste un milieu sombre et relativement pauvre en gibier comestible, et que les brûlis permettent donc de créer un environnement plus productif. Comme le résume bien R. Bird, les aborigènes australiens « construisent leur propre écosystème » [The fire stick]. Si, parmi toutes ces pratiques, la confection de pièges à poissons a laissé des traces archéologiques, l'ancienneté des autres pratiques n'est pas connue [Dating aboriginal]. En particulier, l'ancienneté et l'importance de la pratique du brûlis restent débattues par les spécialistes, en raison de la difficulté à déterminer avec certitude l'origine des évolutions passées de la couverture végétale australienne, puisqu'elle peut être due à la pratique du brûlis, mais également aux incendies naturels ou aux variations des conditions climatiques. On estime néanmoins que l'augmentation de cette pratique serait liée à l'augmentation de la consommation de graines et de petit gibier, et aurait eu lieu dans les derniers millénaires [The fire stick].

Les évolutions récentes dans la société aborigène sont typiques de ce que les archéologues appellent la *complexification* des sociétés de chasseurs-cueilleurs. L. Keeley liste les caractéristiques générales de la complexification, dont un grand nombre d'entre elles sont attestées archéologiquement ou ethnologiquement : i) plus grand nombre d'objets et plus grande complexité dans leur fabrication ; ii) plus grande concentration sur quelques aliments de base ; iii) plus de sédentarité ; iv) plus grands campements ; v) spécialisation des activités ; vi) plus de territorialité, de symbole identitaires et de conflits ; vii) augmentation des inégalités ; viii) dépendance à de la nourriture stockée ; ix) plus d'échanges ; x) monnaies primitives. Par ailleurs, dans une analyse très poussée conduite sur plusieurs dizaines de sociétés de chasseurs-cueilleurs, L. H. Keeley montre clairement la corrélation existant entre complexité et pression de population [Hunter-gatherer economic]. Cette dernière notion est définie comme un rapport entre la densité de population et la productivité en biomasse du milieu, et permet de comparer entre elles des sociétés vivant dans des environnements très différents. Néanmoins, sur un territoire donné, avec un climat stable, comme a pu l'être l'Australie pendant la fin de l'Holocène, la pression de population est directement proportionnelle à la densité de population. L'Australie constitue donc un bel exemple de croissance parallèle de la pression de population et de la complexité. Par ailleurs, la diminution de la part de gibier dans l'alimentation s'accompagne d'une augmentation de l'utilisation des meules à graines et donc de ressources non-renouvelables, posant donc la question de la pérennité de ces évolutions techniques.

D. Un système technique pérenne ?

Nous allons maintenant discuter de la pérennité des ressources animales et minérales des aborigènes australiens, en commençant par ces dernières.

1. Ressources minérales

Les études archéologiques et ethnologiques permettent d'avoir une idée plutôt précise de la manière dont les Australiens se procuraient, utilisaient et jetaient leurs ressources minérales [The anthropology of human residues]. Tout d'abord, dans de nombreuses situations se présentant au cours de leurs déplacements, les chasseurs-cueilleurs pouvaient avoir besoin d'un outil minéral qu'ils ne transportaient pas avec eux. Dans ces cas, l'outil était rapidement et grossièrement fabriqué avec une pierre trouvée à proximité, puis utilisé et jeté. C'est le cas par exemple des galets grossièrement taillés (parfois également appelés « chopper », nom issu de l'anglais), qui pouvaient servir à découper du bois, des racines, ou à travailler grossièrement du bois. C'est également le cas des couteaux à découper la viande, qui étaient issus d'une pierre tranchante trouvée à proximité, n'ayant parfois pas besoin d'être retravaillée. Lors d'une étude ethnographique d'aborigènes modernes, R. Gould estime qu'environ 17 kg de pierres étaient ainsi utilisées par an en tant que chopper, et 1 kg en tant que couteau.

On trouve ensuite des outils qui nécessitent plus de travail d'élaboration, et étaient généralement travaillés au camp, après que les minerais ont été collectés dans des carrières bien connues et parfois assez éloignées du camp de base. Parmi ceux-ci, on trouve des outils utilisant des roches

de petite taille : lames de herminettes « Tula », grattoirs et autres microlithes. Pour fixer les idées, on peut donner quelques chiffres sur l'usure de ces objets, ainsi que sur les roches les composant : une lame typique de herminette permet de donner 3000 coups, peut être réaffûtée 20 fois, permet de fabriquer 2 bâtons de jets, ou un propulseur, ou un bol en bois ; la consommation annuelle d'un homme est d'une vingtaine de lames. Dans l'exemple de la localité étudiée par R. Gould, 7 différents types de matériaux (quartz, quartzite, chert¹⁴, opaline, etc...), présents dans un rayon de 40 km, pouvaient être utilisés pour fabriquer ces lames. Les expériences menées permettant de tester la qualité des différents minerais présents à proximité montrent une grande variabilité (d'un facteur 5 environ) entre le nombre de coups maximum pouvant être fourni par la lame élaborée dans le meilleur minerai (d'ailleurs le plus employé) par rapport au moins bon. Au final, R. Gould estime la consommation en roches taillées de petite taille à environ 1 kg par an [The anthropology of human residues].

Par ailleurs, l'outil lithique de plus grande taille est la meule à grain (voir Figure 6), dont le poids typique est d'une trentaine de kg, et dont la durée de vie a été estimée à 1600 heures d'utilisation, soit 9 ans (donnant lieu à une consommation d'environ 3 kg de pierre par an). En raison de son poids, cet objet est par contre façonné dans la carrière, puis transporté.

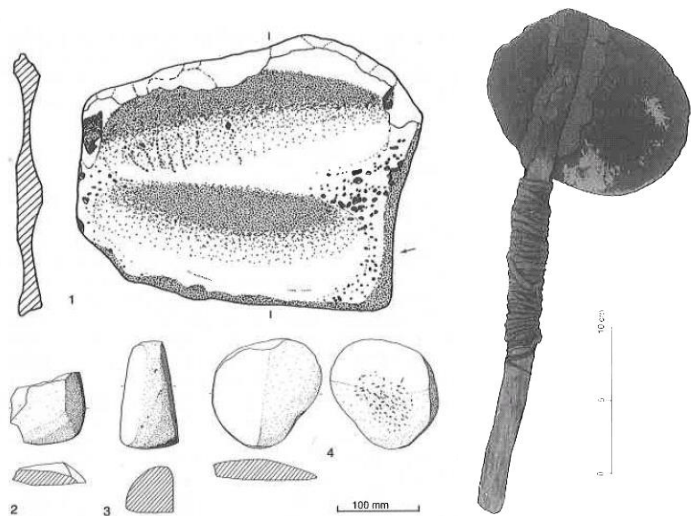


Figure 6 : (gauche) Meule à grain accompagnée de différents types de molettes¹³. (droite) Hâche en pierre polie, datant de 1861. La tête en pierre est fixée au manche à l'aide de résine [The Archeology of Australia].

¹³ La molette est la pierre utilisée pour écraser le grain.

¹⁴ Le chert est une catégorie de roches, dans laquelle rentre le silex, et qui sont particulièrement bien adaptées à la confection d'outils.

Entre ces deux extrêmes, se trouvent les têtes de hache polie dont le poids est compris entre 500 g et 2 kg, et qui étaient utilisées dans le nord et l'est de l'Australie pour le travail du bois : creuser des marches dans les troncs d'arbres, enlever l'écorce pour faire des canoés, ou agrandir des trous dans les arbres pour extraire du miel ou déloger des animaux (voir Figure 6). Ces hachettes sont donc des outils permanents qui remplacent les choppers dans les zones où le travail du bois est intensif [The archeology of Australia].

Les besoins en minerais des aborigènes, de l'ordre d'une vingtaine de kg par an, sont modestes par rapport à nos consommations modernes (de l'ordre de 5 tonnes de sable et gravier par an pour un français de nos jours [La consommation intérieure]). De plus, parmi ces 20 kg, une grande partie consiste uniquement en des roches trouvées à proximité immédiate du lieu d'utilisation, et pour lesquelles aucune qualité particulière n'est requise. Par contre, un certain nombre d'objets nécessitent des roches spéciales, ou bien ont une qualité ou une valeur supérieure s'ils sont composés de certaines roches : les meilleures meules sont en grès, les lames de hache polie en roche verte sont très réputées, et les petits objets tranchants doivent être de préférence fabriqués à partir de roches se clivant de manière prédictible, comme par exemple le silex. Certaines carrières ont donc été exploitées spécifiquement pour produire certains types d'objets. En dépit des besoins annuels modestes que nous venons de mentionner, la longue durée d'exploitation de certains sites ainsi que la nécessité pour certains sites de fournir en roches de larges territoires ont conduit à des volumes d'extraction significatifs. Nous allons ainsi présenter quelques carrières typiques, accompagnées des chiffres les concernant.

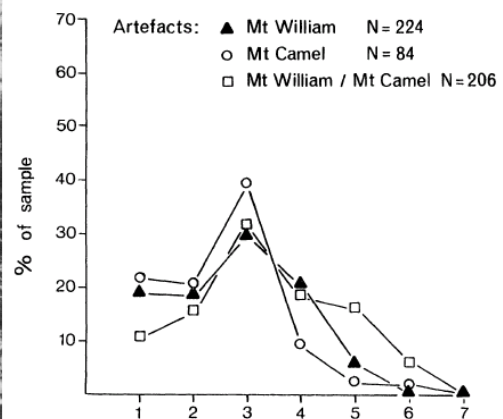


Figure 7 : (gauche) Tas de minerais, résidus du débitage de roches, localisés au Mont William, près de Lancefield, état du Victoria. Photo datant du début du 20^{ème} siècle. (droite) Distance entre des artefacts et la carrière de laquelle ils proviennent. Trois carrières différentes sont représentées. L'axe des abscisses représente des bandes de 100 km de large [Kulin greenstone].

Le premier est le site du Mont Williams, dont la roche verte, d'une dureté exceptionnelle, était recherchée pour faire des têtes de haches. On peut y trouver environ 250 zones d'excavation, consistant en des cylindres circulaires creusés de plusieurs mètres de diamètre, et pouvant atteindre 1 mètre de profondeur, ainsi qu'une vingtaine de puits s'enfonçant plus profondément dans la roche ; dans les zones de travail de la roche, dotés d'enclumes de roches, on peut trouver des tas de débris rocheux d'une vingtaine de mètres de diamètre (voir Figure 7). Les roches exploitées dans les mines du Mont Williams ont été retrouvées jusqu'à 500 km de la zone d'exploitation (voir Figure 7) [Kulin Greenstone]. Sur ce site, la littérature ethnographique mentionne la présence d'un seul homme responsable de l'extraction [The Distribution of Greenstone Axes]. En revanche, dans la région du mont Isa, une large zone comprenant plusieurs sites, des haches d'usage courant étaient extraites : on

estime qu'environ 10000 à 15000 têtes de haches de 2 kg étaient produites par an, pour un temps de fabrication par hache estimé entre 4 heures et 2 jours [The archeology of Australia].

En ce qui concerne les meules à pierre, les roches nécessaires à leur confection peuvent être complètement absentes de certaines régions, comme les déserts sableux, alors que ces objets sont essentiels pour une alimentation riche en graines, comme cela a été le cas dans les derniers millénaires. Ceci explique la présence de mines importantes et d'échange à longue distance pour ces objets. La carrière de grès de Toobys Nob, la plus importante du désert australien, présente, étalés sur 1 km, environ 370 puits de 10-20 m de diamètre et pouvant atteindre 2 m de profondeur. On estime qu'environ 25000 t de roches en ont été extraites, correspondant à environ 700000 meules. Certaines meules ont été retrouvées à plus de 1000 km de la mine.

Enfin, un minerai dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent était néanmoins précieux pour les Australiens : l'ocre. Elle était utilisée comme peinture pour le bois, le corps, et la roche, en tant que conservateur pour des balles de fruits séchées, et comme couche protectrice pour la peau. La plus grosse mine d'ocre est celle de Wilgie Mia, qui est censée être une des mines les plus anciennes du monde. Elle présente une ouverture de 20 mètres de large, et s'enfonce sous terre en suivant le filon en biais jusqu'à une profondeur d'environ 30 mètres (voir Figure 8). On estime qu'environ 24000 t de roches en ont été extraites, correspondant à 6000 t d'ocre. Là encore, on venait de loin afin de se procurer ce matériau : une expédition typique pouvait comprendre entre 50 et 80 hommes, mettant 2 mois pour transporter 2 tonnes d'ocre, au cours d'un aller-retour de 800 kms [The archeology of Australia].

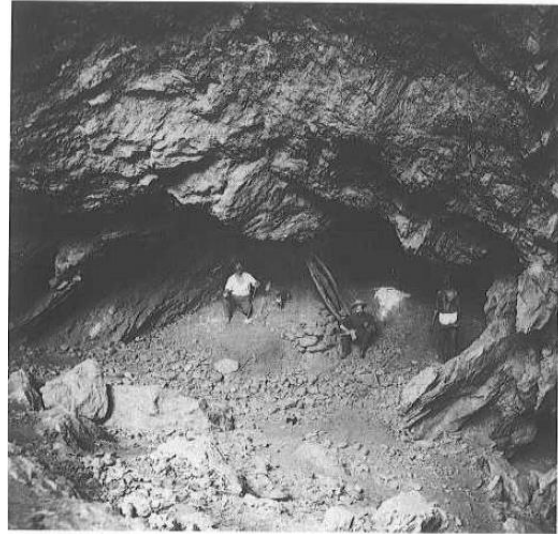


Figure 8 : Photo de l'entrée de la mine d'ocre de Wilgie Mia [The archeology of Australia].

Les chiffres de quantité de minerais extraits peuvent paraître à première vue impressionnants, mais il faut les remettre en perspective. Concernant le Mont William, mentionné plus haut, nous avons sollicité A. Watchman, géoarchéologue australien connaissant bien ce site, pour avoir une estimation du temps pendant lequel ce site aurait encore pu être exploité. Il l'estime à plusieurs dizaines de milliers d'années, en se basant sur la largeur des chantiers et la hauteur sur laquelle la roche d'intérêt peut être trouvée. On peut néanmoins noter que les haches produites à partir des roches de ce site étaient très certainement des roches de cérémonie ou d'apparat et non pas, d'après ses propres mots « des haches destinées à faire un trou dans un arbre pour attraper un opossum ». Il estime notamment le temps pour extraire et polir cette roche serait de l'ordre d'un ou quelques mois, et que l'investissement en temps n'est clairement pas explicable par le seul intérêt technique de la hache. En d'autres termes, un éventuel épuisement de ces filons n'aurait eu que peu de conséquences sur le régime alimentaire australien, et n'aurait pas remis en cause la pérennité de leur système technique, ces haches étant en définitive uniquement des produits « de luxe ».

D'autres informations disponibles concernent la silcrète, un terme rassemblant des roches riches en silice de structures et propriétés très variées, et pouvant être utilisées pour la fabrication d'outils coupant ou de meules. D'après les auteurs d'une publication sur le sujet, « La grande région, de peut-être 1 million de km², qui va du centre de l'Australie Méridionale vers le centre des Territoires du Nord (...) dispose d'un nombre incalculable d'affleurements de silcrètes et de dépôts graveleux dérivés (...), qui ont tous pu être exploités par les

aborigènes australiens » [Silcrete insight, notre traduction]. Dans cette même publication, les auteurs citent l'ethnologue australien G. Aison qui, en 1928, disait au sujet de la vie aborigène dans le centre de l'Australie qu'« il était si facile de faire un outil, que si l'un d'entre eux ne fonctionnait pas de manière satisfaisante, il était jeté et un nouveau élaboré, une réserve de pierres étant toujours disponible à proximité à cet effet » (notre traduction).

Enfin, parmi toutes les publications que nous avons lues sur les carrières australiennes, nous n'avons vu à aucun moment mention de carrières qui auraient été abandonnées du fait de leur épuisement. Elles étaient encore en activité lors de l'arrivée des occidentaux sur le continent, après plusieurs millénaires d'utilisation, et parfois quelques dizaines de millénaires. Ainsi, même si une analyse plus poussée et détaillée de différents types de carrières serait sans doute intéressante, nous pensons qu'il est d'ores et déjà raisonnable de conclure que les ressources minérales ne sont pas une source de non-pérennité dans le système technique aborigène, au moins à l'échelle de plusieurs millénaires.

2. Ressources animales

Nous allons maintenant discuter de la pression humaine sur la faune. Le continent australien, comme beaucoup d'autres endroits sur la planète, est l'objet d'un vif débat scientifique concernant l'origine de l'extinction de ses grands animaux (la « mégafaune »). Une cinquantaine d'espèces ont disparu il y a environ 50000 ans, à la même époque que l'arrivée de l'homme sur le continent, [Late Quaternary megafaunal & Australian prehistoric]. Ces animaux ont pu disparaître suite à un changement climatique, à une sur-chasse ou à une combinaison des deux. De plus, il y a environ 3500 ans, 3 espèces d'animaux ont également disparu d'Australie : la thylacine (ressemblant au loup), le diable de Tasmanie et la gallinule de Tasmanie (un oiseau non-volant). Les deux premiers étaient les plus gros carnivores subsistant en Australie après la disparition de la mégafaune. Le débat sur leur extinction est là encore dû à deux troublantes coïncidences : ces espèces ont disparu lorsque le dingo, un canidé, a été introduit sur le continent, mais également à une période durant laquelle les aborigènes se sont mis à exploiter de manière plus intensive leur environnement via, entre autres, des améliorations des techniques de chasse (voir plus haut), période durant laquelle la population a fortement augmenté. Les hypothèses en lice pour expliquer l'extinction de ces trois espèces sont donc simples à deviner : humains ou dingos ou les deux ?

Il n'y a actuellement pas de consensus sur l'origine de toutes ces extinctions [A pardon]. Dans le cas de celle de la mégafaune, néanmoins, l'origine humaine semble assez clairement démontrée, car l'analyse de pollens montre que l'extinction des grands herbivores s'est produite brusquement, et au cours d'une période de climat stable [The aftermath]. La disparition de ces grands herbivores a conduit à des changements importants de la végétation australienne, dus à la disparition de la pression des grands herbivores sur la végétation, mais également par suite de la très forte augmentation de la fréquence des incendies, une conséquence probable de la présence accrue d'herbes. Dans le cas des 3 autres espèces disparues plus récemment, les preuves de la responsabilité humaine nous paraissent moins définitivement établies, car basées sur des simulations numériques d'évolution de populations humaines et animales, avec tous les problèmes habituels se posant lorsque l'on cherche à simuler des systèmes complexes à l'aide de modèles simples [An ecological regime & A pardon]. Ces simulations indiquent que le facteur principal de la disparition de la thylacine et du diable de Tasmanie serait l'augmentation de la population humaine, notamment via le fait que les humains chassaient et consommaient le kangourou, comme ces deux carnivores. L'influence du dingo et des changements climatiques à l'œuvre durant cette période ne sont néanmoins pas complètement exclus par ces résultats. D'autres études proposent que, même s'il n'est pas directement responsable de la disparition de ces espèces, l'introduction du dingo

en Australie ait contribué à un changement important de la faune, notamment par un accroissement de la population du petit gibier au détriment des plus gros herbivores, chassés par les dingos sauvages [Canis Dingo]. Ceci pourrait être un des facteurs expliquant, au milieu de l'Holocène, l'augmentation de la part du petit gibier dans l'alimentation humaine au détriment des plus gros, déjà mentionnée plus haut. Mais, là encore, discriminer les effets de la pression démographique du climat et de l'introduction du dingo sur les changements alimentaires des Australiens est une tâche ardue pour les archéologues s'y intéressant. D'un autre côté, le dingo, devenant également un partenaire de chasse des aborigènes, a pu contribuer à augmenter l'efficacité de la chasse.

E. Analyse et conclusion

L'Australie fut habitée pendant plusieurs dizaines de millénaires par des « chasseurs-cueilleurs », mais ce dernier terme est clairement insuffisant pour caractériser leur système technique, qui a évolué au cours du temps. L'histoire de ce continent nous apparaît être un très bel exemple pour qui cherche à comprendre les mécanismes à l'œuvre dans l'évolution combinée du système technique, du niveau de population et des conditions environnementales. Il nous semble que, dans le cas de l'Australie, le schéma de la Figure 9 permet de représenter simplement la relation entre ces différents paramètres, et nous allons nous appuyer sur ce schéma pour la synthèse qui suit.

Tout d'abord, à l'époque qui nous intéresse ici, le climat est un paramètre extérieur, qui n'est pas influencé par les autres. Ensuite, dans la catégorie « environnement », nous plaçons les ressources en eau, les ressources minérales, la faune et la végétation. Le Tableau 4 résume les principales évolutions de ces différentes composantes, telles que nous les avons détaillées plus haut. Ce tableau rappelle donc qu'un certain nombre d'évolutions sont d'origine humaine : même une population peu dense de chasseurs-cueilleurs peut modifier son environnement de manière significative, de façon volontaire ou non, et avec des conséquences avantageuses ou non. Par ailleurs, l'évolution de la végétation apparaît comme étant clairement multifactorielle : en plus d'une évolution « naturelle » due à l'évolution climatique, les humains sont à l'origine de modifications involontaires (via la disparition de la mégafaune) et volontaire (via les brûlis).

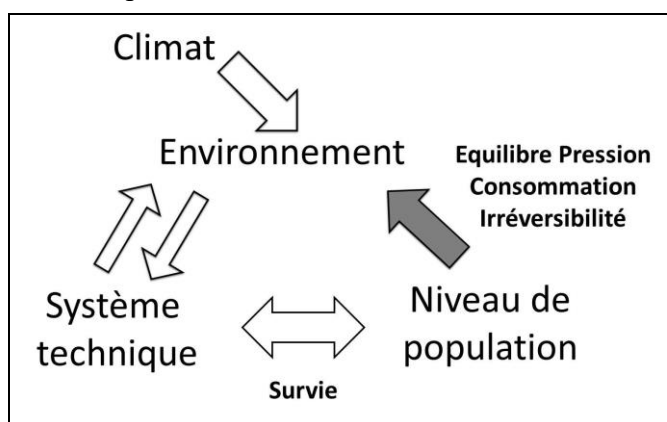


Figure 9 : Schématisation des interactions à l'origine de l'évolution du système technique australien.

Si l'on revient à la Figure 9, la relation entre système technique et environnement y est représentée à double-sens : l'environnement conditionne le système technique (il est peu utile de développer au milieu du désert un système technique basé sur la pêche), et le système technique peut éventuellement être basé sur une modification volontaire de l'environnement (brulis, bouturage, tas d'arbres favorisant la venue de certaines larves, ...). L'introduction du dingo peut éventuellement être vue comme une modification volontaire du système technique ayant entraîné une modification (involontaire) de l'environnement.

Eléments de l'environnement	Evolutions ?	Origine des éventuelles évolutions
-----------------------------	--------------	------------------------------------

Ressources en eau	oui	climat
Ressources minérales	non	-
Faune	disparition mégafaune	très probablement humaine
	apparition dingo	humaine
	disparition de la thylacine, du diable de Tasmanie et de la Gallinule de Tasmanie	humaine ? dingo ? climat ?
Végétation	oui	humaine, climat, et conséquence de la modification de la faune.

Tableau 4 : Evolution principale dans l'environnement et les ressources des aborigènes.

Ensuite, il faut aborder le mystère, déjà évoqué dans la partie II, de la relation entre système technique et niveau de population : le niveau de population augmente-il parce que le système technique est modifié ou la pression de population induit-elle des changements techniques ? Dans le cas de l'Australie, notre analyse est la suivante. Tout d'abord, il apparaît assez clairement que le niveau de population australienne était limité, au moins dans le désert, par les ressources en eau et en nourriture. Les récits ethnographiques des saisons sèches australiennes, aux cours desquelles des groupes se repliaient sur les quelques points d'eau de la région, économisant eau, nourriture et mouvements, ne consommant que 800 calories par jour, et l'abondant vocabulaire lié au lien entre périodes de sécheresse et famines ne peuvent que nous en convaincre [[Australian aborigine subsistence & The archeology of Australia](#)]. Nous nous bornerons à citer un bref extrait d'un article de S. Cane relatant les conditions de vie dans le désert australien à la fin de la saison sèche : « Lorsque la pluie tarde à tomber, les tensions grimpent et les combats sont courants. Parfois, certaines personnes commencent à mourir de faim, et sont nourries du sang tiré du bras de personnes en meilleure santé, afin de leur permettre de tenir pendant ces dernières rudes semaines de l'année. Les Aborigènes appellent cette période "temps durs" ou "temps de la faim" » ([[Australian aborigine subsistence](#)], notre traduction). De notre point de vue, dans de telles conditions, le mécanisme intime responsable de la double évolution du niveau de population et du système technique est *la survie*. Ainsi, une personne qui réussit à survivre en utilisant une technique qui n'avait encore jamais été utilisée jusqu'à présent engendre deux effets : elle modifie le système technique et génère en même temps une augmentation de population, par sa survie. Les deux phénomènes sont les deux conséquences d'un acte unique, et nous les avons donc représentés Figure 9 par une double-flèche. Un exemple d'un tel acte pourrait être, par exemple, un Australien à la santé fragile qui, lors de la saison appropriée, se met à récolter un grand nombre de graines et les stocke en prévision de la saison de disette, alors que ce n'est pas une pratique habituelle dans son système technique. Son éventuelle survie lors de la saison de disette entraînerait à la fois une augmentation du niveau moyen de population (en supposant qu'il serait mort s'il n'avait pas fait cela) et une modification du système technique.

Enfin, la dernière relation est représentée par une flèche grise directe entre niveau de population et environnement. Cette flèche symbolise la pression exercée par le niveau de population sur les ressources. C'est par exemple cette interaction qui détermine le niveau d'équilibre de la population d'un gibier chassé par les aborigènes, dans le cadre d'un équilibre prédateur-proie. C'est elle qui donne la consommation de ressources minérales. C'est également elle qui symbolise d'éventuels changements irréversibles à l'environnement ou l'épuisement définitif de ressources. Dans le cas de l'Australie, la disparition de la mégafaune est l'exemple le plus clair d'une telle irréversibilité. Ainsi, même si la densité de population revenait à un niveau extrêmement faible, le système technico-alimentaire basé sur la chasse de la mégafaune ne serait plus accessible. C'est donc finalement cette interaction qui, en l'absence de changement climatique majeur, conditionne la pérennité du système technique.

Dans le cas de l'Australie, plusieurs systèmes techniques se sont enchaînés, adaptés à la densité de population et aux modifications de l'environnement. Le premier système

technico-alimentaire, dont on ne sait pas grand-chose, était sans doute basé principalement sur la chasse de proies de grande taille et peu farouches (la fameuse « naïveté des proies »¹⁵), car ces dernières y étaient présentes en abondance. Ce système technique aurait peut-être été pérenne pour une densité de population qui serait restée extrêmement faible ou si les aborigènes avaient développé des règles sociales visant à limiter la chasse, mais l'augmentation de la densité de population a conduit à la disparition irréversible des gibiers de grande taille, conduisant un deuxième système technico-alimentaire basé sur la chasse des gibiers restants, de taille inférieure, et dont certains ont également disparu par la suite. Cette évolution de la faune chassée s'est accompagnée de l'usage de propulseurs, de microlithes, de pièges à poissons, etc., permettant de maximiser les captures d'animaux. Enfin, l'usage intensif des graines dans les derniers temps peut être considéré comme une troisième étape qui, seule, a permis d'alimenter une population croissante. Toutes ces évolutions ont donc permis d'augmenter la productivité de la nature en faveur des humains, d'alimenter une population plus dense, et éventuellement de suppléer à la disparition et/ou diminution de certains gibiers.

Ces différentes évolutions du système technique aborigène ont été suffisamment lentes pour qu'on puisse raisonnablement considérer que, en l'absence de croissance de population, les différents systèmes qui se sont enchainés étaient pérennes, au moins sur quelques millénaires et, très certainement, sur une bien plus grande période. Ainsi, le système technique du Pléistocène a perduré à l'identique en Tasmanie jusqu'à l'arrivée des colons européens. Nous n'avons pas identifié dans les systèmes techniques ultérieurs de facteur mettant en péril leur pérennité. Cette étude montre assez clairement que, tout au cours de l'histoire australienne, c'est la raréfaction du gibier et sa diminution de taille sous l'effet de la pression de la population qui ont été les facteurs nécessitant des modifications du système technico-alimentaire. Enfin, il est assez clair que l'évolution entre les différents systèmes techniques s'est également accompagnée d'évolutions irréversibles de l'environnement, notamment par l'introduction ou la disparition d'espèces. Ces destructions irréversibles rendent impossible le remplacement d'un système technique donné par un système technique antérieur, en particulier celui basé sur la chasse de la mégafaune.

F. Digression sur le Progrès

Il nous semble que l'analyse ci-dessus, et notamment la Figure 9, nous donne quelques indications sur la nature du Progrès et sur son moteur. Rappelons tout d'abord que, si l'on en croit le philosophe A. Berlan, la notion de Progrès n'apparaît qu'avec la pensée scientifique moderne au XVIIe siècle, et scelle le lien entre trois notions : la connaissance scientifique, ses applications, et le bien-être : « Le progrès intellectuel (des connaissances) se traduit en progrès matériel (des conditions de vie) par l'application des arts mécaniques à la production (le machinisme) et de la pensée scientifique à l'organisation du travail » [\[Retour sur la raison\]](#).

Même si la notion de Progrès n'apparaît que récemment dans la philosophie occidentale, il nous semble qu'elle peut s'appliquer à analyser des sociétés bien plus anciennes. Ainsi, en utilisant nos catégories modernes, les pièges à poissons aborigènes peuvent être vus comme la mise en application d'une connaissance éthologique (le

¹⁵ Ce concept s'appuie sur la théorie affirmant que, lorsque des prédateurs et des proies vivent ensemble pendant de longues périodes sur un même territoire, les deux co-évoluent, de telle sorte que la proie est relativement bien adaptée à se défendre contre le prédateur, et le prédateur bien adapté à la chasse de sa proie. Par contre, lorsqu'un nouveau prédateur arrive sur un territoire, il profite du fait que les proies ne sont pas adaptées à se défendre contre lui, et qu'il peut ainsi facilement exterminer les proies. Ce concept a été avancé pour expliquer la disparition de la mégafaune dans les continents colonisés tardivement par les humains, alors qu'elle n'a pas disparu en Afrique, continent qui aurait donc été le lieu d'une co-évolution homme/mégafaune.

comportement des anguilles et des poissons) dans un dispositif technique complexe (les canaux) visant à produire de la nourriture. Et l'utilisation de meules à graines peut être vue comme la conséquence d'un magnifique travail interdisciplinaire de botanique (identification de plus de 200 graines comestibles) et de géologie (identification de gisements de grès et de roches permettant le polissage du grès), permettant la production de farine pendant plusieurs mois de l'année [An experimental assessment].

Reste à discuter si les évolutions techniques observées chez les aborigènes australiens à partir de -4000 peuvent être réellement considérées comme des progrès. En effet, il nous semble qu'elles ne sont pas motivées par une augmentation évidente de la qualité de vie, car elles nécessitent un travail supplémentaire : entretien d'infrastructures complexes pour la pêche, collecte et broyage de graines, fabrication d'outils de chasse plus sophistiqués, et nécessité d'aller chercher des roches spécifiques à longue distance, par exemple. Ces évolutions semblent plutôt destinées à compenser une raréfaction des ressources en chasse et en pêche liées à l'augmentation de population, et sont donc en accord avec l'analyse de L. H. Keeley, déjà évoquée plus haut, montrant la corrélation entre complexité et pression de population dans de nombreux groupes de chasseurs-cueilleurs.

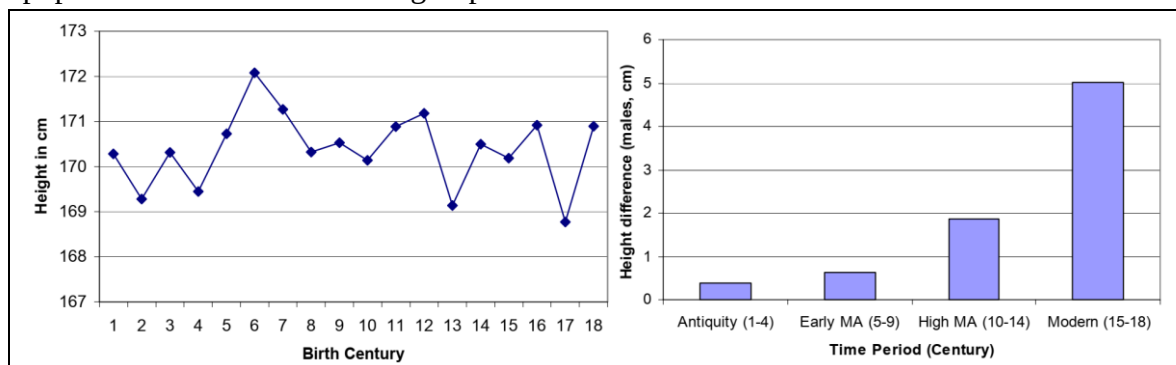


Figure 10 : (gauche) Evolution de la taille des Européens au cours de notre ère, déduite de valeurs prises sur 9477 individus de 314 sites différents d'Europe. (droite) Développement des inégalités sociales, illustrées par les inégalités de statures [The biological standard].

Afin d'élargir un peu l'angle au-delà de l'Australie, on peut se tourner vers les études archéologiques utilisant la stature des humains – indicateur certes discutable, mais accessible aux archéologues – pour estimer l'espérance de vie et la santé. Les incertitudes sur ces résultats sont importantes, en raison du faible nombre d'individus utilisés pour certaines études, et également de l'incertitude sur les valeurs des statures, parfois extrapolées en utilisant des modèles plus ou moins précis. On peut noter que les conclusions allant à l'encontre de la vision du Progrès énoncée plus haut sont en fait monnaie courante dans l'Histoire. Ainsi, la transition agricole s'est le plus souvent accompagnée d'une dégradation de la santé générale, comme décrit dans le chapitre I. Plus généralement, dans les civilisations préindustrielles, l'espérance de vie n'augmente le plus souvent pas avec des indicateurs habituels du Progrès tels que la complexification technologique ou le produit intérieur brut (que les historiens économistes évaluent également). La Figure 10 présente les résultats d'une méta-analyse agrégeant les estimations de statures de plusieurs milliers de squelettes européens. La tendance générale est à la stagnation durant deux millénaires mais, dans le détail, on observe un maximum de stature après la chute de l'empire romain, et une faible décroissance globale accompagnée d'accidents au cours des siècles qui ont suivi [The biological standard]. Ce n'est qu'au début du XXe siècle que la stature est revenue à un niveau similaire à celui atteint au cours du haut Moyen Âge [Heights and humans]. Toute la période de complexification technologique décrite en détails dans le Tome I de cette série d'ouvrages, du Moyen Âge à la révolution industrielle, ne semble donc pas s'accompagner d'une quelconque amélioration de l'espérance de vie moyenne, mais en revanche d'une

augmentation des inégalités de statures (voir Figure 10), représentatives d'inégalités d'espérance de vie entre les classes inférieures et les classes favorisées.

Les études régionales présentent l'inconvénient de reposer sur des nombres plus faibles de squelettes et doivent donc être prises avec précaution. Néanmoins, leurs conclusions sont en accord avec la tendance générale que nous venons de décrire. Ainsi, une étude indique que « l'âge d'or » néerlandais fut la période de l'histoire de ce pays où l'espérance de vie et la quantité de viande consommée était la plus faible [Observations on the history of dutch]. Une étude conduite dans le Nord de l'Europe indique une diminution constante et régulière de la stature tout au long de la période courant du 9e siècle au 17-18e siècle [Health and nutrition]. Une étude récente sur l'empire romain indique que l'espérance de vie était au plus bas lors du pic de prospérité de l'Empire [Health and wealth]. Les études sur des périodes plus récentes, basées sur les mesures de la taille des soldats lors du service militaire, permettent d'obtenir des résultats particulièrement fiables. Elles montrent la chute de l'espérance de vie en Angleterre et aux Etats-Unis lors d'un événement aussi important dans notre imaginaire du Progrès que la révolution industrielle [Shrinking in a growing].

Dans ces diverses études, la chute de l'espérance de vie peut avoir diverses origines, la plus évidente, citée dans de nombreuses publications, étant l'influence néfaste pour la santé de la concentration humaine – notamment au sein des villes – et des échanges, qui favorisent la propagation de maladies. Ainsi, sous l'Empire romain, l'amélioration du régime alimentaire et l'augmentation de la prospérité matérielle ne furent pas suffisants pour contrebalancer les effets néfastes sur la santé de la hausse de population [Health and wealth].

De telles données ne sont pas disponibles pour les aborigènes australiens, et nous devons donc nous rabattre sur un autre indicateur, le temps de travail. Il est lui aussi discutable, notamment parce que nous pourrions éventuellement être tentés de voir dans le travail des aborigènes des activités plus épanouissantes et stimulantes que manutentionnaire dans une chaîne de production : faire des barrages, effectuer de grands périple pour aller chercher des roches, ou fabriquer des pointes de flèches. Pour autant, l'augmentation du temps passé à ces tâches, qui a probablement eu des conséquences sur le temps de véritable repos (les ethnologues rapportent que, dans de nombreuses sociétés traditionnelles, les temps de repos sont importants), nous semble pouvoir être des indicateurs d'une baisse du bien-être.

Ces considérations rejoignent ainsi l'analyse de J. Tainter qui, dans son image de la spirale énergie-complexité¹⁶, note bien que dans les économies organiques¹⁷, l'augmentation de l'énergie injectée dans la société se fait principalement par une augmentation du temps de travail [The treasure & Effondrement des sociétés]. Pour J. Tainter, la complexité augmente car elle permet de « résoudre des problèmes ». Indépendamment de l'apparition de nouveaux problèmes externes à la société (conflits, aléas climatiques, etc...), il nous semble raisonnable de proposer que le moteur interne de cette augmentation combinée énergie/complexité soit l'augmentation de la population, rajoutant donc un troisième brin à cette spirale. Nous avons notamment proposé dans la Figure 9 l'existence d'un lien fort entre la complexification technique et la densité de population à travers l'instinct de survie.

Dans cette théorie, qui ne serait valable que pour les sociétés préindustrielles, le moteur principal de l'évolution technologique serait l'instinct de survie, qui conduirait à la fois à une augmentation de la densité de population, de l'énergie nécessaire pour maintenir le système technique, et donc du temps de travail. Le plus souvent, l'augmentation de la population aurait des conséquences négatives en termes de santé. Les conséquences globales sur le « bien-être » sont difficiles à estimer, car ces effets négatifs pourraient éventuellement être contrebalancés par des aspects positifs de l'augmentation de la densité de population : des

¹⁶ J. Tainter décrit l'évolution technique des sociétés comme une spirale énergie-complexité : l'augmentation de complexité nécessitant plus d'énergie, les deux augmentent ainsi conjointement.

¹⁷ Ce terme est parfois utilisé pour désigner les sociétés n'utilisant pas de ressources fossiles.

interactions sociales plus nombreuses, une émulation intellectuelle, ou le plaisir de travailler à des projets collectifs complexes (« plus on est de fous, plus on rit » ?). Ils sont probablement plus difficiles à quantifier que l'espérance de vie ou le temps de travail. Mais, contrairement à l'instinct de survie, ces éventuels aspects positifs ne nous semblent pas pouvoir être invoqués comme « moteur » de l'évolution technique (il nous paraît délicat de supposer qu'on se met à broyer des graines en se disant qu'on aura des enfants plus nombreux qui pourront bien alors bien rigoler ; par contre, on peut plus raisonnablement se mettre à broyer des graines en vue de penser assurer sa propre survie ou celle de ses enfants).

En conclusion, si l'on définit le Progrès en tant qu'évolution régulière de l'humanité vers plus de bien-être à l'aide de la technologie, on ne peut qu'être sceptique sur le fait que, dans les sociétés préindustrielles, l'humanité ait suivi cette voie. L'exemple des aborigènes australiens et d'autres sociétés nous indiquerait plutôt une tension entre un investissement dans la technologie permettant d'assurer la survie de soi-même ou des membres de son groupe à court terme, et des conséquences globalement néfastes à long terme, tension qui semble toujours d'actualité aujourd'hui pour des raisons et sous des formes bien différentes de celles à l'œuvre dans les sociétés préindustrielles. Il va donc de soi que les analyses que nous avons faites ici ne sont pas valables pour la période « fossile » de l'humanité, au cours de laquelle l'énergie est devenue « gratuite », pour reprendre le terme de J. Tainter [[The treasure](#)], permettant une augmentation inouïe de la complexité, et notamment de la médecine, qui a permis de contrebalancer suffisamment les effets négatifs de la hausse de population pour permettre une hausse spectaculaire de l'espérance de vie et du confort matériel.

CHAPITRE 4 : AGRICULTURE

~

LES TIKOPIENS

Il paraît difficile d'aborder cette partie sur l'agriculture sans aborder en premier lieu Tikopia, que J. Diamond a érigé dans son livre « Effondrement » en symbole de la pérennité, tout en considérant que l'île de Pâques était celui du suicide écologique [Effondrement]. Les informations qui vont suivre sont essentiellement issues des études des archéologues P. Kirch et D. Yen [Tikopia The Prehistory], ainsi que des études ethnographiques de R. Firth [We The Pikopia & Primitive Polynesian].

A. Généralités

Tikopia est une petite île de quelques km², dans l'archipel des îles Salomon, sur laquelle vivent un gros millier d'habitants (environ 1100 en 2006 [Sustainable land use]). Comme toutes les îles dans cette région du monde, elle a une origine volcanique ; en l'occurrence, elle est formée d'un ancien volcan entouré d'une barrière de corail. L'île a été habitée de manière permanente depuis au moins -1040, bien qu'il ne soit pas exclu que des visites sporadiques aient eu lieu dans les siècles précédents [Tikopia The Prehistory & New AMS]. Durant toute la période d'habitation, la morphologie de l'île a évolué (voir Figure 11). Initialement, le cratère du volcan, effondré sur environ un tiers de sa périphérie, était en contact direct avec la mer, formant ainsi un lagon. À l'ouest du volcan, l'accumulation de sable calcaire sur la barrière de corail formait une basse-terre de faible étendue, qui fut la première zone habitée. Par la suite, l'accumulation de sable s'est poursuivie tout autour de l'île, modifiant son étendue et sa morphologie : à l'ouest, l'accumulation conduisit à l'agrandissement de la zone de basse-terre et à la formation d'une zone marécageuse entourée de terres ; à l'intérieur du cratère, une mince bande de basse-terre se développa ; enfin, autour du 14^e siècle, un tombolo¹⁸ se forma progressivement, fermant le lagon, qui devint alors un lac intérieur. La fermeture de la zone marécageuse et celle du lac datent approximativement de la même période, et pourraient avoir une origine commune (mouvement tectonique, fort ouragan), mais cette similitude pourrait également être fortuite [Tikopia The Prehistory].

L'île est particulièrement isolée, et ses habitants ont toujours eu des échanges réduits, mais non-nuls, avec leurs voisins. Les premiers contacts avec les Européens eurent lieu en 1606, mais ils n'ont pas eu de grande incidence sur le système technique des Tikopiens pendant plusieurs décennies. Cependant, à partir d'environ 1800, l'influence des Européens sur le système technique et social des Tikopiens commença à être significative, avec notamment l'introduction d'outils en fer et l'incitation à la conversion à la religion catholique. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

B. Les premiers arrivants : de -1040 à +100

Les premiers colons de Tikopia étaient issus de la culture Lapita, une civilisation probablement originaire de l'Asie du Sud-Est, qui a commencé à coloniser de nombreuses îles d'Océanie il y a 3500 ans [Darwinian selection]. Lors de leur installation sur Tikopia, les colons amenèrent dans leurs pirogues quelques outils issus de leur territoire d'origine

¹⁸ Un tombolo est une accumulation de sable ou de gravier reliant deux points de terre.

(notamment des herminettes, ainsi que des lames d'obsidiennes ou de chert¹⁴, qui ne sont pas des roches locales), mais également des chiens, des volailles et des cochons. Des rats et des escargots profitèrent également du voyage et furent introduits, probablement involontairement, sur l'île. A leur arrivée sur une île vierge de toute occupation antérieure, les premiers habitants profitèrent largement de l'abondante faune sauvage, et consommaient tortues de mer, gros coquillages, poissons, oiseaux, et chauves-souris frugivores. Ils mangeaient également quelques animaux d'élevage, mais en bien moins grande quantité.

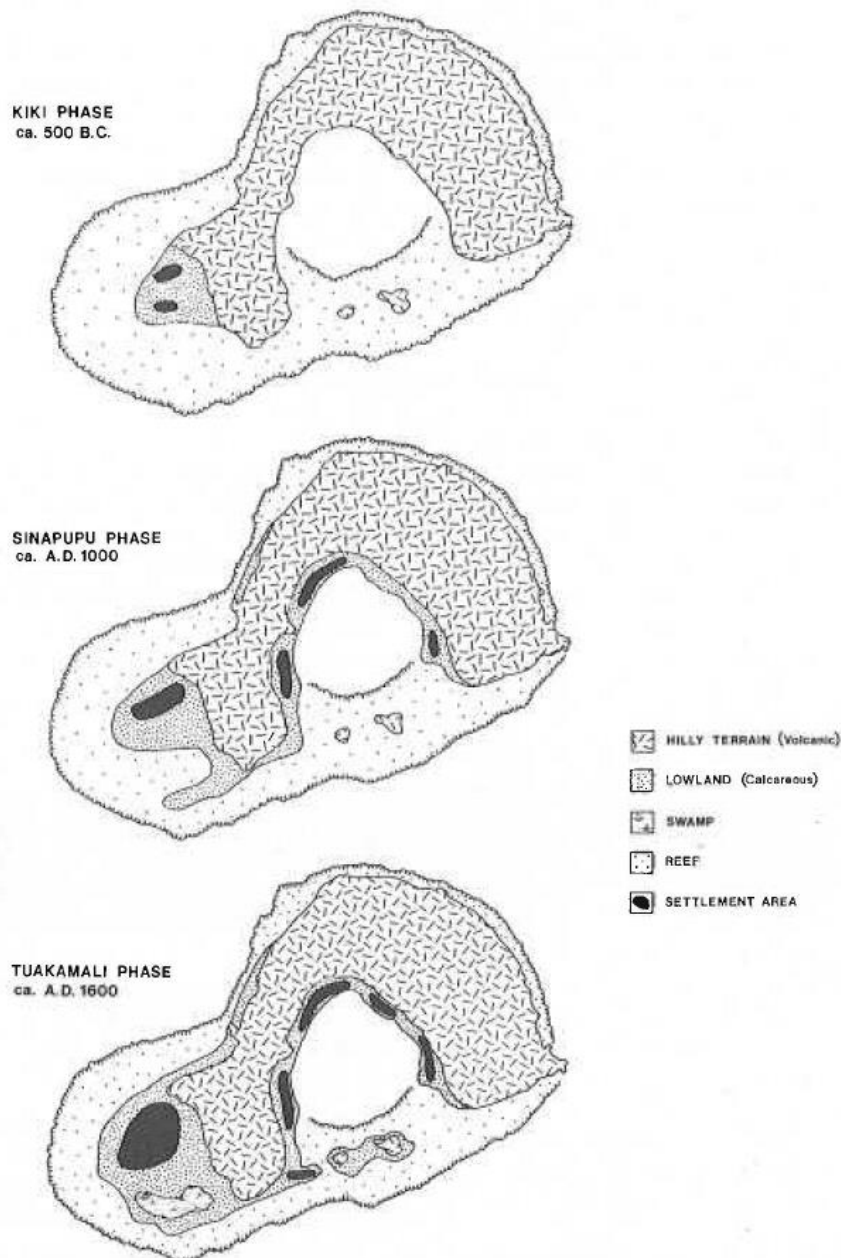


Figure 11 :. Les trois dessins représentent la morphologie de l'île de Tikopia aux environs de -500, +1000 et +1600. La légende représente, du haut vers le bas : volcan ; basses-terres ; marécage ; barrière de corail ; zone d'habitation. La barrière de corail ne fait pas partie de la partie émergée de l'île [Tikiopia-The prehistory].

La nature de l'alimentation végétale, notamment la part respective de cueillette et d'agriculture, ainsi que les caractéristiques techniques d'une éventuelle agriculture complémentaire ne peuvent être connues par les recherches archéologiques menées jusqu'à présent. Seule la consommation de noix de coco, dont des restes archéologiques anciens ont été retrouvés, est attestée archéologiquement. Néanmoins, deux indices corroborent l'hypothèse d'une agriculture ancienne. D'une part, la présence d'escargots terrestres retrouvés dans les strates archéologiques les plus anciennes est une indication que les premiers colons avaient amené avec eux des plantes. D'autre part, la présence de grattoirs et d'éplucheurs, fabriqués à partir de porcelaines¹⁹, d'os de tortue, d'escargots de mer, de patelles, ou d'autres coquillages, laisse supposer qu'ils consommaient également des racines, des tubercules ou des fruits nécessitant d'être pelés. Les recherches archéologiques menées sur les territoires d'où provenaient ces premiers colons, de culture Lapita, pousseraient à supposer que ces premiers colons cultivaient du taro²⁰, de la patate douce, et/ou des arbres à pain²¹, qui sont des cultures alimentaires de base en Océanie à ces époques. Dans leur culture d'origine, le système agricole était celui de l'agriculture sur brûlis, et c'est donc certainement celui-là qui fut utilisé par ces premiers Tikopiens.

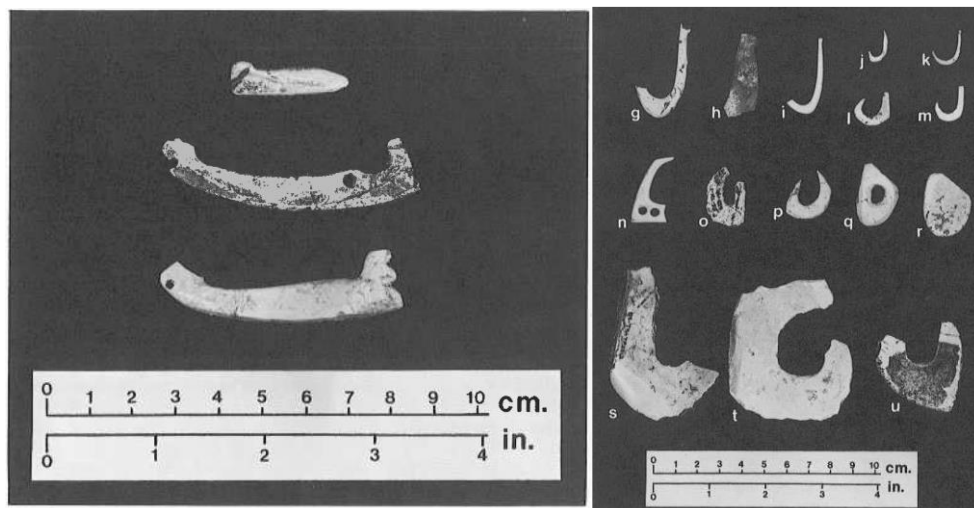


Figure 12 : Accessoires de pêche. (gauche) Leurres de poissons, datant des premiers siècles d'habitation de Tikopia. (droite) hameçons en coquillage datant de diverses époques [Tikiopia-The prehistory].

Penchons maintenant de plus près sur les outils qui étaient utilisés [Tikopia the prehistory]. Pour pêcher, ces derniers utilisaient des hameçons façonnés à partir de coquilles d'escargots de mer. Des exemplaires de leurres²², vestiges rares, ont également été retrouvés (voir Figure 12). Les roches volcaniques locales ne permettent pas de fabriquer des têtes d'herminette de qualité, et les Tikopiens utilisaient donc des coquilles de bénitiers²³. Quelques rares herminettes à tête rocheuse ont été retrouvées et provenaient d'îles environnantes. Pour façonner les coquillages, une matière première importante pour la plupart de leurs outils, les Tikopiens utilisaient des branches de corail, des épines d'oursin crayon ou de la pierre

¹⁹ Une porcelaine est un gastéropode de mer lisse et brillant, dont l'apparence rappelle la porcelaine. Son nom latin est *cypraea*.

²⁰ Le taro est une plante dont le corme (tige souterraine renflée), riche en glucides, est comestible, ainsi que les jeunes pousses. Sa culture est très répandue dans les zones tropicales.

²¹ L'arbre à pain est un arbre tropical produisant de gros fruits comestibles, les « fruits à pain », principalement riches en glucides.

²² Un leurre est une imitation de poisson, utilisé pour la pêche à la traine, auquel on accroche un hameçon.

²³ Les bénitiers sont des coquillages de grande taille, pouvant peser plusieurs dizaines de kilogrammes.

volcanique, tous trois étant des matériaux naturellement abrasifs. Ces outils ont très probablement été également utilisés pour le travail des os et du bois. Une gouge²⁴ faite à partir de la columelle²⁵ d'un gros gastéropode a également été retrouvée.

Les premiers arrivants fabriquaient des poteries suivant la technique et le style de leur culture d'origine. Étaient ainsi fabriqués des jarres et des bols, par une méthode de cuisson basse température conduisant à des objets friables. Les jarres étaient utilisées pour la cuisson ainsi que, probablement, pour le transport de l'eau et le stockage d'aliments.

La colonisation de Tikopia est bien plus récente que la colonisation de l'Australie ou de la Terre de Feu, vues précédemment, et permet d'avoir accès avec un peu plus de détails à l'évolution du système technique et alimentaire lors de l'arrivée des humains sur un territoire vierge de toute occupation. Avec l'augmentation du nombre d'habitants dans les premiers siècles suivant la colonisation initiale, les humains exercèrent une certaine pression sur la faune sauvage, se traduisant de différentes manières. Ainsi, la consommation de tortue de mer, d'oiseaux et de chauve-souris diminua fortement, voire drastiquement dans le cas de la tortue. De même, la consommation de coquillage diminua fortement, ainsi que la taille moyenne des coquilles. Ces diminutions de consommation ont été importantes durant les premiers stades d'habitation, correspondant certainement au fait que la faune sauvage devenait plus clairsemée. Cependant, une seule espèce aurait *a priori* été chassée jusqu'à l'extinction : le mégapode de Freycinet, oiseau terrestre de l'ordre des gallinacées, présent sur l'île lors de l'arrivée des premiers colons. P. Kirch et D. Yen ont fait une estimation de l'évolution temporelle de la consommation relative de protéines animales, avec bien évidemment toutes les réserves et incertitudes inhérentes à ce type d'estimations. Globalement, entre -1040 et +100, la consommation de protéines animales aurait chuté d'un facteur 3, environ. La quasi-totalité de ces protéines provenait d'animaux sauvages, la part du cochon ne représentant qu'une partie infime de ce bilan [Tikopia the prehistory].

C. De l'agriculture sur brulis vers l'arboriculture

A partir d'environ +100, un changement culturel relativement important se produisit sur l'île de Tikopia. Archéologiquement, il se traduit par la disparition du type de poterie qui était fabriqué jusque-là et de certains ornements, par une augmentation très importante de la consommation de porc, par un arrêt complet de la consommation de tortue (en dépit du fait qu'elles n'avaient pas disparu), et par l'utilisation de filets de pêches lestés. La disparition de la poterie locale, qui est remplacée par un nouveau type de poterie importée cuite à plus haute température et donc plus robuste, est observée dans d'autres îles voisines, et traduit donc un changement culturel à une échelle plus vaste que celle de la seule île de Tikopia. L'augmentation de la quantité de porc consommée est probablement associée à une augmentation de la production agricole, puisque les porcs, dans le système alimentaire pratiqué en Océanie, sont toujours nourris, au moins en partie, de végétaux issus de l'agriculture. A l'époque où se produit ce changement culturel, la surface de Tikopia est encore restreinte, et l'agriculture est alors concentrée sur les pentes les plus douces de la base du volcan et sur la zone relativement plate à son pied. Le changement se produisant à cette époque est suffisamment important pour qu'une différence soit détectée dans la quantité d'isotopes ¹³C et ¹⁵N dosés dans le collagène de rats vivant sur l'île avant et après +100, comme l'illustre la Figure 13 [Restructuring]. Ces derniers, qui se nourrissent de restes de repas humains, mais également de végétaux et d'animaux présent sur l'île, sont donc des témoins indirects de l'alimentation humaine et de l'environnement tikopien. Le déclin de la

²⁴ Une gouge est un ciseau à bois dont la partie tranchante est recourbée, permettant de creuser des rainures dans le bois.

²⁵ Axe de la coquille des gastéropodes.

quantité de ^{13}C après l'an 100 est le signe d'une diminution de la consommation humaine de ressources maritimes et de leur remplacement par de l'alimentation d'origine terrestre, ce qui est en parfait accord les estimations faites à partir des restes d'animaux. La diminution de ^{15}N , clairement visible sur la Figure 13, est par contre plus difficile à interpréter, car son origine peut être multiple : intensification agricole, diminution du nombre d'oiseaux, diminution des incendies, etc. L'hypothèse qui serait compatible avec les autres résultats archéologiques serait la diminution du nombre d'oiseaux sur l'île, due à la chasse, et éventuellement à la déforestation. Cette diminution entraînerait une baisse de la part d'oiseaux dans l'alimentation des rats, mais également une diminution de la quantité de guano déposée sur l'île et donc de la quantité de ^{15}N dans les feuilles des plantes. En tout état de cause, la diminution de ^{15}N montre que des changements importants dans l'environnement de l'île eurent lieu à cette époque.

D'autres trouvailles archéologiques sont les témoins de l'extension des zones de cultures agricoles à l'œuvre sur Tikopia : les charbons de bois retrouvés sur le volcan indiquent que la zone cultivée a, aux environs de +700, atteint les zones les plus pentues du volcan. La présence de ces charbons est la preuve que, à cette époque, c'est de l'agriculture sur brulis, consistant à déforester certaines zones en y mettant le feu, qui était pratiquée. La déforestation des zones pentues du volcan pour y pratiquer l'agriculture engendra une érosion importante, conduisant à l'accumulation de couches épaisses de sédiments d'origine volcanique au pied du volcan. L'érosion des sols est généralement un phénomène préjudiciable à la pérennité des zones agricoles, car elle conduit à une perte sèche de sol agricole, qui part dans les rivières, puis la mer : elle conduit à la diminution de la fertilité des sols, à la formation de crevasses, et peut conduire à la désertification de certaines zones [The history of human]. Dans le cas présent, cette érosion a eu des conséquences plus subtiles, puisqu'elle a conduit à la formation au pied du volcan d'une zone riche en sédiments volcaniques mélangés avec du sable, particulièrement propice à l'agriculture intensive. Ainsi, même si d'éventuelles coulées de boues et de roches lors de fortes pluies pouvaient en partie détruire des récoltes, elles participaient en fait à la création d'un sol riche au pied du volcan, agrandissant parfois l'espace cultivable.

Cette phase d'agriculture intensive sur les pentes du volcan fut suivie par une dernière phase, au cours de laquelle le système agricole tikopien prit sa forme moderne : l'agriculture sur brulis disparut complètement, et l'arboriculture prit une importance considérable. P. Kirch estime que cette transformation fut achevée aux environs de 1200. Les trois signes archéologiques de ces changements sont la diminution notable de l'érosion le long des pentes abruptes du volcan, l'excavation de nouvelles espèces d'escargots terrestres, et la découverte de noix issues d'arbres du genre *canarium*. Ces signes, en particulier la diminution de l'érosion, indiquent que les pentes du volcan n'étaient plus utilisées pour pratiquer de l'agriculture sur brulis, mais furent progressivement plantées d'arbres importés d'autres îles et produisant des noix comestibles. La période post-1200 vit également quelques changements dans le système technique non-agricole : les poteries disparurent complètement ; les Tikopiens commencèrent à utiliser une méthode de conservation de leur nourriture dans des puits enterrés ; ils entreprirent de favoriser la stabilité de leurs dunes de sables avec des pierres ; la quantité de lames de pierre importées augmenta.

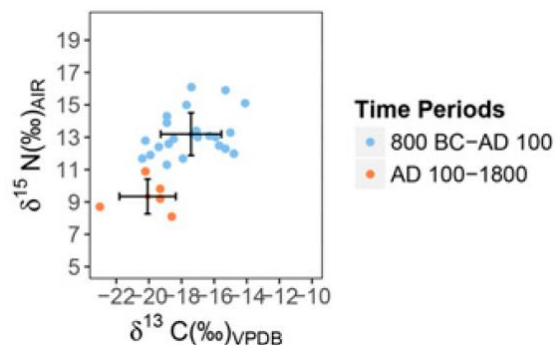


Figure 13 : Quantité d'isotopes ^{15}N et ^{13}C dans le collagène de rats tikopiens, durant la période entre -800 et 100 (points bleus) et la période entre 100 et 1800 (points rouges) [Restructuring].

D. Le système technique tikopien de 1800 et sa pérennité

Les études archéologiques sont malheureusement insuffisantes pour retracer l'histoire du système agricole tikopien, en raison de la quantité très faible de vestiges végétaux et l'absence totale de pollens. De plus, la manière dont sont utilisés les végétaux, notamment pour fabriquer des outils, peut rarement être connue des archéologues. Dans le cas tikopien, néanmoins, un certain nombre d'éléments nous permettent d'avoir une idée probablement assez juste du système technique pré-contact²⁶, en combinant l'étude ethnologique de R. Firth, la tradition orale des tikopiens, les quelques écrits des premiers explorateurs de l'île et les études archéologiques. Nous allons donc présenter le système technique qui avait cours aux alentours de 1800 sur Tikopia, et discuter de sa pérennité. Nous insisterons plus particulièrement sur le côté agricole, mais présenterons également brièvement les autres aspects.

En 1800, les Tikopiens vivent habillés d'un pagne fabriqué en tapa²⁷, qu'ils peuvent parfois compléter d'un kilt en feuilles de pandanus²⁸ pour les cérémonies. Ils vivent dans des huttes ayant une structure en bois et une couverture faite de chaume de sagoutier²⁹ ou de palmes de cocotier tressées [Tradition et modernité]. Ayant plusieurs vergers à différents endroits de l'île, ils ont souvent plusieurs huttes. Ils dorment sur un matelas fait de bandes tressées de pandanus, utilisent une couverture de tapa, et reposent leurs têtes sur un oreiller en bois sculpté ou sur une pile de tapa. Au plafond de leurs huttes, se trouvent quelques crochets de bois qui leur permettent de suspendre leurs gourdes en noix de coco [Primitive Polynesian].

Pour la fabrication de leurs outils et leur matériel, les Tikopiens n'utilisent pas les roches locales, qui ne sont pas adaptées. Les coquillages leur permettent de fabriquer hameçons et couteaux. Pour ces derniers, ils utilisent également quelques rares pierres taillées provenant d'îles environnantes. Le cocotier et sa noix sont également des matériaux de premier choix, qui sont utilisés pour de multiples usages, en plus de ceux déjà-cités précédemment. Par exemple, les feuilles sont utilisées pour faire des torches ou des paniers ; les rachis³⁰ sont utilisés en tant que pilons, pinces, ou mélangeur ; la coque de la noix est utilisée comme contenant et, si on lui façonne de petites dents, elle peut également permettre de vider le cœur d'un tronc de sagoutier [Primitive polynesian]. Pour fabriquer des cordes ou du fil solide, la fibre d'ibiscus, extraite de l'intérieur de l'écorce, est préférée. Elle permet de fabriquer du fil de pêche, des filets de pêche, ou des cordes, ces dernières étant très utilisées pour les assemblages en bois (huttes, pirogues, etc...).

L'eau potable coule de plusieurs sources disséminées sur les pentes du volcan. Elle est transportée par des gourdes en noix de coco ou bien amenée jusqu'au cœur des villages par des aqueducs faits de tronc de palmistes multipliant³¹ coupés en deux et posés sur des

²⁶ L'expression « pré-contact » désigne la période des civilisations extra-européennes précédant la rencontre avec les Européens.

²⁷ Le tapa est le tissu d'écorce traditionnel des îles du Pacifique. Ce dernier est obtenu à partir de la partie interne de l'écorce de divers arbres adaptés à cet usage (murier à papier ou arbre à pain, par exemple), après une étape de trempage et de longues étapes de battage. Nous verrons plus loin que les Tikopiens utilisent un autre arbre.

²⁸ Le pandanus est également appelé baquois ou bakoua. Une de ses caractéristiques est la présence d'un faisceau de racines pyramidales qui partent du tronc. Ses feuilles sont très utilisées en vannerie.

²⁹ Le terme sagoutier est un terme générique qui peut correspondre à des arbres de la famille des palmiers (*Metroxylon*) ou de la famille des cycas.

³⁰ Le rachis est la partie centrale rigide de la feuille du palmier, qui est une feuille composée. Les folioles (petites feuilles individuelles) sont attachées au rachis.

³¹ Le palmiste multipliant, ou *dypsis lutescens* est une espèce de palmier qui forme une touffe de troncs depuis sa base.

poteaux [We, the Tikopia]. Avoir une source d'eau continue au cœur des villages est très utile pour le processus de fabrication du curcuma, qui en est fortement consommateur, et sur lequel nous reviendrons.

Les Tikopiens de 1800 consomment peu de viande, car ils ont décidé au cours du 18^e siècle de tuer tous leurs porcs, et ne possèdent plus que quelques volailles domestiques [Tikopia The prehistory]. Leurs principales sources de protéines animales sont les poissons, ainsi que quelques oiseaux. Pour pêcher à proximité du rivage, ils utilisent des filets, construisent des petits murs en corail pour piéger les poissons lors de la marée descendante, et utilisent également des lances [Tikopia The Prehistory & Primitive polynesian]. Pour pêcher en haute mer, ils utilisent des pirogues, des cannes à pêche en bambou et des hameçons. Ces derniers sont faits d'épines pour les plus petits, et de coquilles d'escargot pour les plus gros. Les jours de nuit sans lune, si le vent est favorable, les Tikopiens pratiquent la pêche au poisson-volant à la torche, qui peut permettre des captures impressionnantes [Figuration and Symbolism]. Dans un autre registre, lorsqu'ils pratiquent la pêche à l'escargot de mer depuis leur pirogue, les Tikopiens utilisent une méthode astucieuse pour mieux voir le fond : ils aspergent de la noix de coco mâchée, générant un fin film d'huile à la surface de l'eau. Le lac au centre de leur île est également utilisé comme une sorte de zone de pisciculture : une fois par an, les Tikopiens creusent le tombolo¹⁸ afin de mettre en contact le lac et la mer, permettant à certaines espèces de poissons recherchant des eaux saumâtres pour pondre de rentrer dans le lac ; le tombolo est ensuite refermé, permettant le développement de poissons qui restent prisonniers du lac, et sont pêchés tout au long de l'année [Tikopia the Prehistory].

La fabrication des pirogues utilisées pour la pêche est une tâche longue et complexe. La coque principale est formée d'un gros tronc évidé. Elle est rehaussée de virures³² en bois allant de la poupe à la proue, et des plaques de bois couvrent la poupe et la proue. Les virures sont parfaitement ajustées à la coque, et jointées à l'aide de couches alternées de boue, de gomme d'arbre à pain et de tissu d'écorce, et enfin cousues à la coque (voir Figure 14). Un ou plusieurs balanciers³³ assurent la stabilité de la pirogue, et sont situés sur un seul côté de celle-ci [Primitive polynesian].



Figure 14 : (gauche) Photo de canoés Tikopiens prise en 1933 [Canoes of Oceania]. (droite) Artisan moderne cousant la virure sur la coque d'un canoé, avec la même méthode que celle utilisée par les Tikopiens [Kapingamarangi].

En ce qui concerne les végétaux, les aliments de base des Tikopiens sont, par ordre approximatif d'importance, le taro²⁰, le fruit à pain²¹, la noix de coco, la banane, le taro géant

³² Les virures sont des planches de bois mises bout à bout dans le sens de la longueur du bateau.

³³ Un balancier est un flotteur fixé sur le côté d'une embarcation pour la stabiliser.

des marais, le sago³⁴ et l'igname [Primitive Polynesian]. A cette liste, s'ajoutent une grande variété d'arbres produisant des noix : châtaigner tahitien, prunier de cythère, canarium, badamier, palmier à bétel³⁵, etc... [The wet and the dry]. On peut remarquer que, dans cette liste, seuls le taro et l'igname sont des plantes qui sont généralement récoltées et replantées annuellement ou bisannuellement, alors que les autres aliments sont issus de plantes pérennes ou d'arbres. Ceci se traduit dans l'organisation spatiale de l'île. La zone fertile située au pied du volcan est le lieu d'une agriculture intensive, principalement de taro, tandis que le reste de l'île est occupée par ce que nous appellerons, faute de mieux, des vergers, mais qui sont en fait une association de vergers et de champs permanents. Plus spécifiquement, il s'agit d'un ensemble d'arbres de haute taille, formant la canopée³⁶, couvrant un ensemble d'arbres de taille moyenne et de plantes. Presque tous les arbres et végétaux formant ces vergers ont été plantés et il n'existe d'éventuels restes de forêt primaire que dans quelques zones escarpées et trop pentues pour être sous le contrôle des habitants [Tikopia the prehistory]. Certaines espèces intégrées à la structure multi-étages des vergers tikopiens méritent d'être mentionnées. Ainsi, le taro géant des marais est assez logiquement cultivé dans la zone marécageuse de l'île, mais des sélections génétiques ont permis de développer une variété locale adaptée à la culture sur les pentes de l'île, où il constitue une couverture végétale permanente sur la majeure partie de la surface des vergers [The wet and the dry]. De plus, le tapa³⁷ n'est pas extrait du murier à papier, comme cela se pratique généralement en Polynésie, mais de l'*Antiaris toxicaria*, qui semble plus adapté à l'intégration dans la structure multi-étage du verger. Enfin, l'igname, comme le taro des marais, est intégrée dans les vergers en tant que culture pérenne, et non pas annuelle. Les Tikopiens reconnaissent environ 150 végétaux, dont un grand nombre ont été listés par P. Kirch et D. Yen [Tikopia The Prehistory]. Parmi cette liste, qui recense arbres primaires, buissons primaires, et tous les végétaux cultivés, on trouve moins de 10 arbres ou buissons qui ne sont pas utilisés, ou utilisés comme combustible seulement. Tous les autres présentent un intérêt, alimentaire ou autre, pour la vie tikopienne. Certains d'entre eux ne sont présents qu'en petit nombre : par exemple, bambous et fougères arborescentes ne sont trouvés que dans quelques endroits spécifiques de l'île [We, the tikopia]. Parmi les arbres utilisés par les Tikopiens, un certain nombre d'entre eux sont plantés spécifiquement sur le rivage afin de stabiliser les dunes de stables, et éventuellement restaurer des zones sableuses endommagées par de fortes marées. Cette stabilisation est également favorisée par l'installation le long des dunes de murets de pierre, et par le transport par les habitants du sable de zones en aval des murets vers des zones en amont [Tikopia the prehistory].

En définitive, le verger tikopien constitue un magnifique exemple de ce que des permaculteurs modernes qualifieraient dans doute de « forêt comestible ». Il aurait sans doute valu l'admiration de J. Russel Smith qui, en 1929, dans son livre « Tree crops : a permanent agriculture³⁷ », après une étude des forêts de châtaigniers corses, appelait au développement de cultures forestières sur les collines américaines [Tree Crop], afin de limiter l'érosion induite par les champs de céréales. P. Kirch, quant à lui, nous livrait en 1994 sa conclusion sur la forêt artificielle tikopienne : « Ce système complexe de vergers multi-étages est sans doute unique en Océanie, dans la manière avec laquelle il imite la structure d'écosystèmes forestiers de basse altitude, à la fois dans les espèces d'arbres et dans la sous-canopée. Il représente

³⁴ Le sago est un féculent que l'on extrait du cœur des sagoutiers. Sur Tikopia, l'arbre dont on l'extrait est le *Metroxylon salomonense* [The wet and the dry].

³⁵ Le palmier à bétel produit une noix, la noix d'arec, qui est chiquée, et à des effets psychoactifs assez similaires à la nicotine.

³⁶ La canopée est la partie supérieure de la forêt.

³⁷ « La culture des arbres : une agriculture pérenne »

l'apogée dans l'adaptation et l'élaboration de l'horticulture en tant que mode d'agriculture intensive» ([The wet and the dry], notre traduction).

Le taro constituant l'aliment de base des Tikopiens, il nous paraît intéressant de présenter la manière dont sa culture intensive est pratiquée dans les zones les plus fertiles de l'île. Tout d'abord, le taro n'est planté qu'après environ deux années de jachère sur une parcelle. Il faut que les broussailles poussant naturellement sur la parcelle en jachère aient atteint une taille suffisante avant les Tikopiens considèrent qu'on peut y planter du taro. Les broussailles sont d'abord coupées à l'aide d'un couteau dont la partie tranchante est un éclat de bambou ou un coquillage ; le sol est ensuite « cassé » sur une vingtaine de centimètres à l'aide d'un bâton à four, et les broussailles laissées sur place en tant que paillis (voir Figure 15). Le taro est ensuite planté au fond d'un trou, paillé soigneusement avec des broussailles, et le paillis éventuellement complété par de mauvaises herbes provenant de parcelles voisines. Au cours de sa croissance, le taro est désherbé deux ou trois fois, et les herbes utilisées pour compléter le paillis, sauf lorsque le taro atteint une taille suffisante. Après quatre à cinq mois de croissance, le taro est prêt : le corme³⁸ est récolté, et son sommet utilisé pour être replanté [Primitive Polynesian]. Le taro est une plante qui nécessite de l'humidité, mais les parcelles des Tikopiens ne sont jamais arrosées : seul le paillis et les précipitations permettent d'apporter et de maintenir l'humidité nécessaire. L'irrigation, bien que parfois suggérée par les visiteurs occidentaux, et dont le concept est connu des Tikopiens, les désintéresse [Tikopia the prehistory]. La culture de l'igname dans les parcelles cultivées intensivement est à peu près similaire à celle du taro, à l'exception que l'igname nécessite moins d'humidité que le taro, et n'est donc pas paillée. Elle est récoltée et replantée deux fois par an.

Les cultures sont sujettes à plusieurs types d'attaques de la part des perroquets, chauves-souris, rats, chenilles, larves, rallidés³⁹ et de divers insectes. Les oiseaux sont piégés ou tués à l'arc, tandis que les rats sont piégés. Concernant les autres indésirables, rien de spécifique n'est entrepris. Enfin, les rats ne sont pas seulement un problème pour les cultures et la nourriture stockée : particulièrement envahissants, ils mangent également les tissus des Tikopiens, et vont jusqu'à ronger leurs plantes de pieds quand ils dorment [We, the Tikopia & Primitive Polynesian]. Nous verrons dans la partie suivante que, après 1800, les Tikopiens trouveront une solution au problème des rats.

Les procédés permettant de passer du végétal brut à l'aliment sont généralement peu complexes, même s'ils peuvent parfois être chronophages (comme râper du taro ou de l'igname à l'aide d'un coquillage) et/ou de la force physique (comme l'expression de la crème de coco à partir de la pulpe). Une exception notable est le procédé utilisé pour obtenir du curcuma, qui est long, complexe, et constitue une véritable cérémonie pour les Tikopiens. Le curcuma est utilisé dans quelques recettes, mais son importance est surtout d'être un pigment utilisé dans de nombreux rituels. Pour obtenir le curcuma, la racine est râpée, puis la poudre filtrée sur un gros trépied formé de troncs d'arbres (voir Figure 16). Un entonnoir est formé à l'aide de cordes nouées ensemble au milieu du trépied, recouvert de feuilles de palmier, et un filtre est formé à l'aide d'une bourre⁴⁰ de noix de coco. Une grande quantité d'eau est alors requise pour extraire le curcuma du broyat de racines. L'eau chargée de poudre est décantée afin d'obtenir par séparation gravimétrique⁴¹ une poudre jaune utilisée pour l'alimentation, et

³⁸ Le corme est, pour le non-botaniste, équivalent à un bulbe, et constitue donc une partie de la plante dans laquelle elle stocke ses réserves. Pour les botanistes, il y a une différence de nature entre le bulbe et le corme : dans le corme, les réserves sont stockées dans un bout de tige renflée, protégée par quelques feuilles modifiées ; dans le bulbe, ce sont les feuilles modifiées qui contiennent les réserves (l'oignon en est un exemple).

³⁹ Les rallidés sont une famille d'oiseaux terrestres et/ou aquatiques ; les poules d'eau en font partie.

⁴⁰ La bourre est l'enveloppe fibreuse de la noix de coco.

⁴¹ La séparation gravimétrique permet de trier des poudres suivant leur densité. Les poudres les plus denses tombent plus rapidement au fond d'un récipient rempli d'eau dans lequel elles sont mises en suspension.

une poudre rouge utilisée comme pigment. La poudre obtenue est enfin cuite dans un cylindre en bois (voir Figure 16).



Figure 15 : Tikopien cassant le sol pour le préparer à la culture du taro. Il a une ombrelle de feuilles dans le dos [Primitive Polynesian].



Figure 16 : (gauche) Opération de filtration du curcuma [Primitive Polynesian]. (droite) Cylindre de bois utilisé pour cuire le curcuma [Umu Renga].



Parmi les productions alimentaires des Tikopiens, un certain nombre peuvent être conservées. Ainsi, les ignames peuvent être laissées dans le sol, alors que taro, fruits à pain ou

bananes peuvent être conservés par lacto-fermentation⁴² dans des petits puits situés à proximité de l'habitation (voir Figure 17). Les farines de sago et le curcuma sont conservés dans des sacs, et les amandes, noix et ignames sont également stockées dans les maisons.

La cuisson des aliments s'effectue généralement dans une hutte séparée, située à proximité de l'habitation principale, et dans laquelle se trouve le four. Ce dernier est constitué d'un trou creusé dans le sol, où l'on fait brûler des noix de coco, puis du bois, afin de chauffer au rouge des rochers, pendant que les aliments sont préparés. Une fois les rochers chauds et la nourriture prête, cette dernière est posée sur les rochers entre deux couches de feuilles, et cuite pendant une ou deux heures [We, the tikopia]. Quand il n'est pas allumé à partir de braises, qui sont parfois transportées, le feu est obtenu en environ une minute en frottant un bout de bois tendre contre une planche du même bois. Une fois la nourriture cuite, elle est consommée dans des bols en bois.



Figure 17 : Puits dans le sol permettant de conserver la nourriture [Tikopia the prehistory]

Les plus gros risques de pénurie alimentaire pour les Tikopiens, qui sont isolés et ne peuvent compter que sur leur propre production pour se nourrir peuvent avoir trois origines : les ouragans, la sécheresse, et une population excessive. Le risque lié aux ouragans est minimisé, mais pas annulé, par la structure de leurs vergers, dont la structure multi-étagée réduit le risque de destruction. En cas d'ouragans, la forêt constitue une grosse réserve permettant de se nourrir lorsque les champs de taro sont détruits, à condition d'en stocker le plus possible au moment de la destruction. Une autre conséquence des ouragans est qu'ils peuvent priver les Tikopiens d'arbres adéquats pour la fabrication de leurs canoés, mais il n'y a pas grand-chose à faire contre ce risque. La sécheresse est problématique, car elle prive les Tikopiens de leurs récoltes de taro ou les diminue. Les Tikopiens de 1800 n'ont pas de solution contre cela, mais ils en trouvèrent plus tard (voir plus loin). Enfin, le risque de surpopulation est géré de manière socialement explicite dans le système tikopien, avec une cérémonie tous les ans au cours de laquelle un chef rappelle qu'il est attendu des couples qu'ils n'aient pas plus de deux enfants (idéalement un garçon et une fille) [Primitive Polynesian]. Il est rappelé que si l'on fait un nombre supérieur d'enfants, ils ne pourront pas être nourris, et il est rappelé – sans doute métaphoriquement – qu'ils seront condamnés à voler. Cette volonté de limiter la population implique des règles sociales assez strictes concernant le mariage puisque certains enfants sont forcés à être célibataires. Enfin, certaines pratiques comme le *coitus interruptus*, les avortements, et les infanticides sont courantes chez les Tikopiens [We the tikopia].

⁴² La lacto-fermentation est une méthode de conservation des aliments par fermentation à l'abri de l'air (anaérobie). C'est celle qui est utilisée pour la fabrication de la choucroute. Elle est applicable à de nombreux légumes.

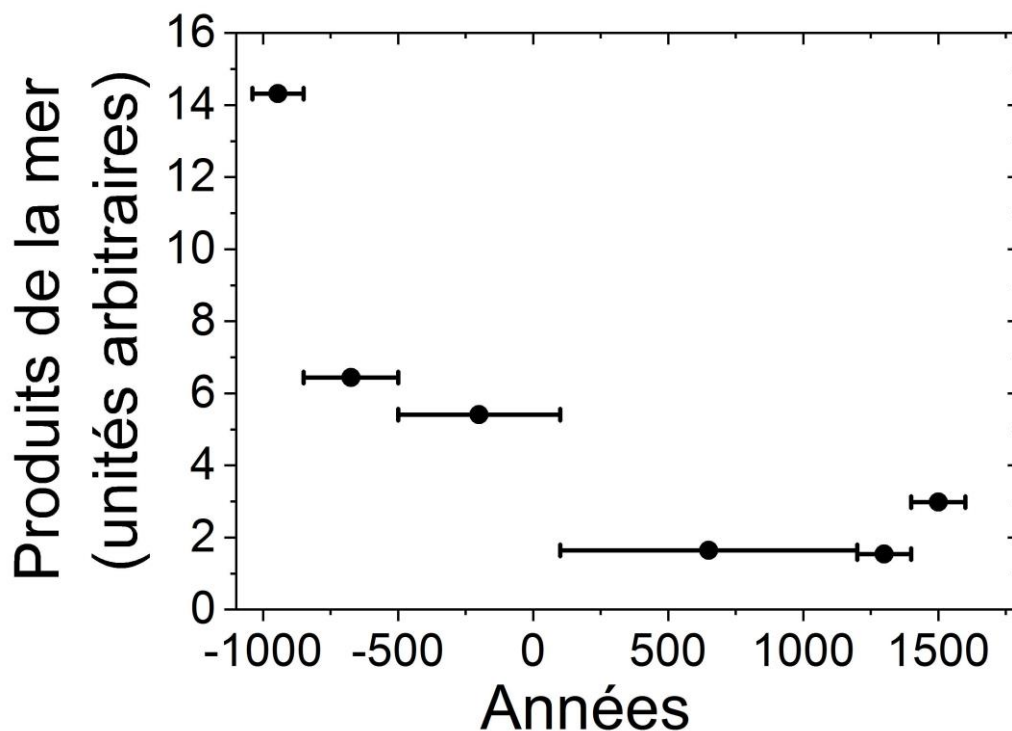


Figure 18 : Evolution de la quantité estimée de produits de la mer (mollusques + poissons + tortues) consommée par les Tikopiens en fonction du temps. Ces quantités, en unités arbitraires, ont été calculées à partir des estimations archéologiques de P. Kirch et D. Yen [Tikopia the prehistory]. Les années correspondant aux périodes archéologiques ont été légèrement modifiées par rapport à la source originale, en prenant en compte les nouvelles datations récentes des vestiges [New AMS].

Le système technique tikopien de 1800 est à première vue particulièrement pérenne. Il nous semble qu'il existe néanmoins plusieurs sources potentielles de non-pérennité: la surexploitation du milieu marin, l'érosion des sols, et leur baisse de fertilité. Pour estimer la surexploitation du milieu marin, nous présentons Figure 18 des estimations de l'évolution des quantités de mollusques, poissons et tortues consommées par les Tikopiens entre -1040 et 1600. D'après ces données, la consommation de produits de la mer, après une chute initiale forte, semble atteindre un plateau dont la durée est d'environ 1500 ans. Ceci tendrait donc à indiquer qu'il n'y a pas de surexploitation du milieu marin.

L'érosion des sols, quant à elle, est un risque sur le long terme : cela est illustré par d'autres îles de Polynésie, dont les pentes des volcans ont été déforestées, ont subi de l'érosion, et sont désormais inutilisables pour des cultures d'intérêt [Three islands]. En ce qui concerne Tikopia, les fouilles archéologiques permettent d'avoir accès à son évolution historique. D'après P. Kirch et D. Yen, les zones les plus pentues du volcan « ont l'air d'être désormais stabilisées », car il n'y a plus d'additions importantes de sol et de rochers dans les zones moins pentues situées en contrebas [Tikopia the prehistory]. Ceci ne veut bien entendu pas dire qu'il n'y a plus d'érosion du tout, mais qu'elle est beaucoup plus limitée qu'à l'époque où l'agriculture sur brulis était pratiquée, et ne semble pas constituer un problème pour la pérennité du système technique tikopien.

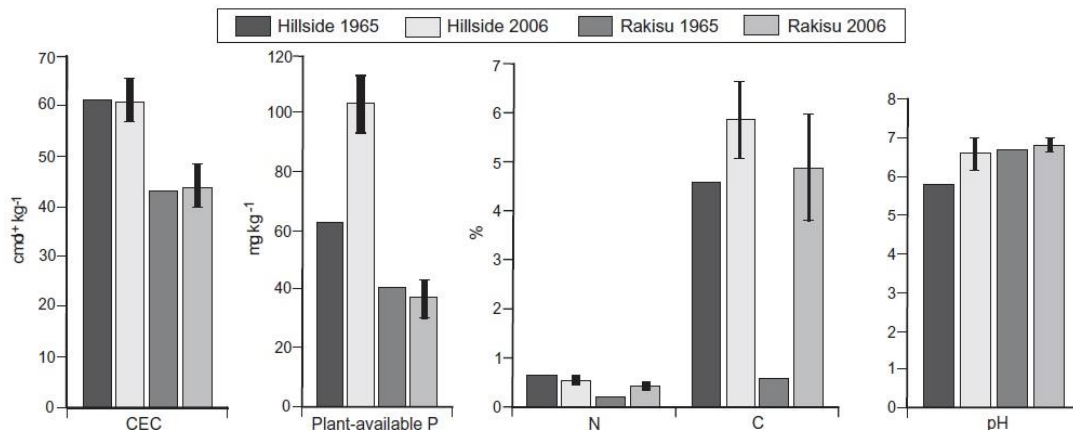


Figure 19 : Etude de la qualité du sol tikopien et de son évolution entre 1965 et 2006. Des échantillons provenant des pentes du volcan (« Hillside ») et de la zone d'agriculture intensive au pied de ce dernier (« Rakisu ») ont été prélevés. Les quatre graphes représentent, de la gauche vers la droite, la capacité d'échange cationique, le phosphore assimilable, le taux d'azote et de carbone, et le pH. L'incertitude sur les données de 1965 n'est pas connue, et donc non spécifiée sur les graphes [Sustainable land use].

La qualité du sol tikopien et son évolution entre les années 1960s et 2000s ont été étudiées par une équipe de chercheurs et chercheuses du Danemark [Sustainable land use]. Les résultats de leur étude, présentés Figure 19, montrent qu'on ne détecte pas de diminution notable de la fertilité des sols au cours de cette période. Le fait que l'incertitude sur les données de 1965 ne soit pas connue empêche néanmoins de traiter statistiquement ces données, pour en tirer des probabilités de dégradation ou d'enrichissement du sol, par exemple. De plus, compte tenu du nombre relativement faible d'années de cette période, ces données ne permettent pas vraiment de conclure sur la pérennité à long terme de l'agriculture tikopienne. Par contre, les chercheurs indiquent que les données présentées Figure 19 sont représentatives de sols de bonne qualité, en dépit du fait que les zones sur lesquelles elles ont été prélevées ont été un lieu d'arboriculture ou d'agriculture intensive pendant plusieurs siècles. Le seul défaut de ce sol est une certaine faiblesse en phosphore, un des éléments essentiels à la croissance des plantes, avec l'azote et le potassium. Des études comparatives de différentes îles du Pacifique sont instructives sur l'importance du phosphore qui, dans ce type d'écosystème (îles au climat tropical) est le nutriment limitant la productivité agricole sur le long terme [Three islands & Changing sources]. En effet, le phosphore est un ion facilement lessivé dans le sol, et sa concentration en surface a tendance à diminuer de manière continue au cours du temps, jusqu'à atteindre un plateau (voir Figure 20). La Figure 20 illustre également que la quantité de matière organique présente en principe un maximum au bout d'un certain temps avant d'atteindre, elle aussi, un plateau [The global phosphorus].

Ce modèle doit malgré tout être complété par le fait que, même lorsque la quantité de phosphore issue de la roche mère est faible, d'autres sources peuvent venir enrichir le sol en phosphore, notamment les poussières et les oiseaux marins [Changing sources]. Ces derniers, en mangeant du poisson, contribuent à augmenter la quantité de phosphore terrestre par leurs déjections (guano), ce qui constitue en quelque sorte un mécanisme de transfert du phosphore maritime vers la terre. Les activités humaines peuvent avoir tendance à diminuer ce nombre d'oiseaux, qui sont chassés, ou voient leur habitat perturbé par la déforestation ou les changements d'usage du sol. En cela, la quantité de phosphore du sol est influencée par les activités humaines. Enfin, notons que la déplétion du phosphore est un phénomène qui s'étale sur une échelle de temps très longue. Une étude menée sur les îles hawaïennes, et dont un des résultats est présenté Figure 20, montre que la plus forte concentration de phosphore apparaît

après environ 100000 ans, et atteint son minimum après quelques millions d'années. Tikopia est sur un volcan dont la dernière éruption date de moins de 80000 ans, et est donc dans une période favorable pour la concentration en phosphore de son sol [Three islands].

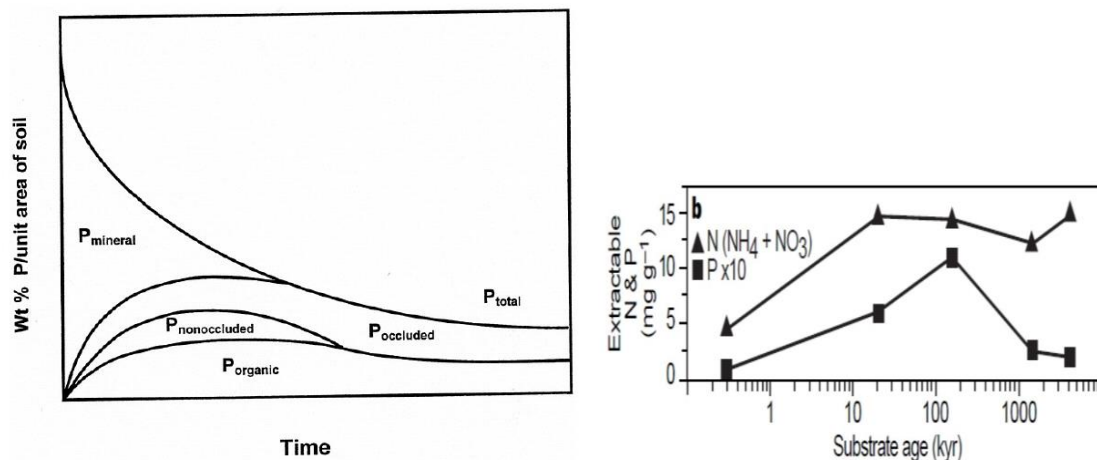


Figure 20 : (gauche) Evolution schématique de la quantité de phosphore par unité de surface de sol en fonction du temps, en supposant que, au temps initial, de la roche vient d'être mise à nue. P_{mineral} correspond à du phosphore stocké dans la roche, $P_{\text{nonoccluded}}$ à du phosphore dissous des roches et disponible pour les plantes, P_{occluded} à du phosphore dissous des roches mais non-disponible pour les plantes, et P_{organic} à du phosphore stocké dans les plantes. Dans ce modèle, ne sont pas pris en compte les apports dus à la poussière, la pluie, les oiseaux, etc... [The global phosphorus]. (droite) Quantité de phosphore (■) et d'azote (▲) dans le sol d'îles hawaïennes en fonction de leur âge, exprimé en milliers d'années [Changing sources].

En définitive, d'après notre analyse, la seule source éventuelle de non-pérennité du système tikopien semble être le phosphore, dont la déplétion pourrait sur le long terme induire une baisse de la productivité agricole. Néanmoins, une telle baisse n'induirait pas forcément un effondrement du système technique ou de la civilisation tikopienne, ni une évolution devenue nécessaire du système technique. Ce dernier pourrait rester identique, mais ne permettrait plus que de nourrir un nombre d'habitants inférieur. De plus, les échelles des temps concernant l'évolution du phosphore sont bien plus longues que celles que nous nous étions fixées en termes de pérennité.

Nous arrivons donc à la conclusion que le système technique de 1800 est un exemple de système technique pérenne, mais dont la densité d'habitants pourrait éventuellement décroître sur le long terme. Nous précisons bien que nous n'avons pas inclus dans notre analyse des sources de non-pérennité « externes », comme d'éventuelles guerres, les conséquences du réchauffement climatique, etc... De telles analyses nous auraient amené bien loin de notre objectif principal, qui est d'évaluer les forces et faiblesses intrinsèques des systèmes techniques.

E. Le monde extérieur : influence sur la création du système technique et sur sa pérennité

Tikopia est beaucoup moins isolée que les deux sociétés que nous avons étudiées précédemment, car un très grand nombre de végétaux et de techniques qui furent utilisées par les Tikopiens provenaient du monde extérieur. De plus, il y a un sous-entendu légèrement surnois dans la manière dont nous avons utilisée jusqu'à présent la notion de *pré-contact*²⁶. D'une certaine façon, en nous focalisant sur les Tikopiens de 1800, à une période où l'influence européenne avait peu modifié le système technique tikopien, nous avons implicitement postulé que les contacts avec la civilisation européenne entraînerent la non-

pérennité de la civilisation tikopienne, alors que les contacts avec les autres civilisations n'étaient pas du même ordre et n'eurent pas cet effet. Ce postulat mérite clairement d'être discuté. En ce qui concerne la notion de pré-contact, les anthropologues, à qui on la doit, cherchaient effectivement à étudier des sociétés vierges de toute influence extérieure, en particulier européenne, pour découvrir diverses facettes des humains et leur nature profonde. Notre objectif est différent : nous cherchons à étudier la pérennité du système technique tikopien. Les contacts avec l'extérieur compliquent notre étude, car la pérennité d'un système qui n'est pas isolé peut dépendre de la pérennité des sociétés avec lesquelles il est en contact ; nous y reviendrons. Néanmoins, l'étude un peu plus détaillée de ces contacts nous apparaît comme un sujet intéressant : de quelle manière les contacts avec l'extérieur influencent-ils la pérennité d'une société donnée ? Comment peut-on qualifier et éventuellement classer ces différents contacts ? Notre *a priori* sur les contacts avec les européens sont-ils justifiés ou n'ont-ils aucune raison d'être ?

En premier lieu, avant de les appliquer aux Tikopiens, nous aimerions réfléchir à la nature des différentes interactions qui peuvent être possibles avec l'extérieur, afin de pouvoir les catégoriser. Nous avons identifié trois paramètres caractérisant l'introduction d'une nouvelle entité au système technique.

- **Ponctuel / permanent** : Une interaction avec l'extérieur peut être ponctuelle ou bien engendrer une relation permanente avec le monde extérieur. Par exemple, l'introduction d'un nouveau végétal, d'un nouvel animal, ou l'introduction d'une nouvelle technique qui peut être mise en œuvre intégralement sur place appartiennent à la première catégorie. La création d'une relation commerciale pour l'importation ou l'exportation d'un bien appartient à la deuxième.

- **Substitution/addition** : Une technique ou un être vivant provenant du monde extérieur peut avoir un équivalent déjà en place dans le système technique ou pas. Dans le premier cas, la nouvelle entité peut, par exemple, apporter plus d'efficacité par rapport à l'ancienne. Dans le cas d'une substitution, la nouvelle entité pourrait entièrement remplacer l'ancienne, même si ce n'est pas toujours forcément le cas en pratique, sans conséquence néfaste pour le système technique. Dans le cas d'une addition, la nouvelle entité vient simplement en complément du système technique existant.

- **Volontaire/involontaire** : les introductions « volontaires », comme leur nom l'indique, ont été choisies par la population ; les introductions involontaires sont, par exemple, les maladies.

De même, nous avons identifié quatre conséquences importantes de cette introduction : gain de temps ; minimisation du risque de famine ou de mort ; plaisir ; pérennité. Dans certains cas, ces conséquences sont la raison pour laquelle ces entités ont été incorporées au système technique. Nous avons considéré que la catégorie « minimisation du risque de mort ou de famine » inclut les conséquences à court terme, et la catégorie « pérennité » les conséquences à long terme, qu'elles soient positives (diversification alimentaire) ou négatives (raréfaction des ressources, dégradation de l'environnement, etc...).

Nom des apports	Période	Origine	Volontaire / involontaire	Ponctuel / permanent	Substitution / addition	Gain de temps	Diminution risque de famine ou de mort	Plaisir	Pérennité
Escargots terrestres	-800-1800	îles voisines	involontaire	ponctuel	addition		O		
Nombreux arbres	-100-1950	îles voisines	volontaire	ponctuel	addition		X		X
Pierre taillées	-1040-1950	îles voisines	volontaire	permanent	substitution	X			O
Teigne (maladie)	1880	îles voisines	involontaire	ponctuel	addition	O		O	

Nouvelle technique de fabrication de chaume (a)	1880	îles voisines	volontaire	ponctuel	substitution	?	?		
Nouvelle technique de fabrication de flèches (a)	?1750-1900	îles voisines	volontaire	ponctuel	substitution	?	?		
Leurre en cuir au lieu d'ibiscus (b)	?1750-1900	îles voisines	volontaire	ponctuel	substitution	O	?		
Poisson Tilapia	1950	?	volontaire	ponctuel	?		?	O	
Chats	1880	îles voisines	volontaire	ponctuel	addition		X		
Danses et chansons	1200-1950	îles voisines	volontaire	ponctuel	addition			X	
Palmier à bétel ³⁵ , kava ⁴⁴	?	îles voisines	volontaire	ponctuel	addition		O	X	
Pied de biche en tant que bâton à fourir	1900	Européens	volontaire	permanent	substitution	X			O
Herminette en fer	1800-1950	Européens	volontaire	permanent	substitution	X			O
Hameçon en fer	1800-1950	Européens	volontaire	permanent	substitution	X			O
Couteau en fer	1800-1950	Européens	volontaire	permanent	substitution	X			O
Tissu en coton	1800-1950	Européens	volontaire	permanent	substitution	X			O
Banane (plusieurs espèces)	?-1900	Européens	volontaire	ponctuel	addition		X		X
Papaye	1900	?	volontaire	ponctuel	addition		X		X
Tabac	1870-1920	Européens	volontaire	ponctuel	addition		O	X	
Manioc	1870-1920	Européens	volontaire	ponctuel	addition		X		
Nombreuse maladies	1600-1950	Européens	involontaire	ponctuel	addition	O	O	O	
Catholicisme	1857	Européens	?	?	substitution		O	?	O

Tableau 5 : Liste non-exhaustive d'introductions extérieures au système technique tikopien. Une croix (X) signifie que l'entité ajoutée a eu l'effet indiqué dans la colonne correspondante, et un rond (O) l'effet opposé. Les dates sont données à titre extrêmement indicatif. (a) Nous ne connaissons pas l'intérêt exact de ces deux nouvelles techniques. (b) Nous avons arbitrairement supposé que le leurre en cuir était plus long à fabriquer.

Nous allons maintenant qualifier les différentes interactions des Tikopiens avec le monde extérieur en utilisant ces catégories ; les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 5. Il s'agit d'un recensement non-exhaustif d'éléments qui ont été introduits dans le système technique tikopien entre l'installation des premiers habitants et 1950. Notons que, concernant l'origine géographique des introductions, nous avons simplement spécifié « îles voisines » ou « européens », mais n'avons pas spécifié leur véritable provenance initiale : celle-ci peut être bien différente de l'Europe ou des îles voisines (les chats proviennent initialement d'Égypte, le tabac d'Amérique, etc...). A la vue de ce tableau, on peut remarquer qu'il existe trois grands types d'apport extérieur :

- **Type 1** : il s'agit d'introductions ponctuelles dans le système technique, permettant de diminuer les risques de famine. Cela regroupe toutes les espèces végétales, ainsi que les chats. Les espèces végétales ont été principalement obtenues des îles voisines au début de la période étudiée, puis obtenues via les Européens. Concernant les arbres, nous avons considéré que ces introductions ont également favorisé la pérennité du système technique (via la diminution de l'érosion sur les fortes pentes du volcan), bien que nous ne sachions pas si cette conséquence fait partie des *raisons* ayant conduit à planter et intégrer ces arbres. En fait, il nous paraît plus probable que la minimisation des risques alimentaires de l'arboriculture était

la seule raison de l'adoption, et l'effet positif sur la pérennité un effet secondaire. Toutes ces introductions sont des additions – et non pas des substitutions – au système technique. Même le manioc, qui a été introduit récemment, et constitue une alternative très intéressante au taro et à l'igname en raison de sa plus grande résistance à la sécheresse, ne les a pas complètement remplacés dans les champs tikopiens [Sustainable land use] : il constitue plutôt une culture complémentaire permettant de limiter le risque lié à la sécheresse. Quant aux chats, il s'agit d'une introduction volontaire datant de la fin du XIX^e siècle visant à limiter la population de rats sur l'île.

- **Type 2** : il s'agit d'introductions nécessitant un lien permanent (échanges, dons) avec la société à l'origine de l'introduction, et se substituant à un élément déjà existant du système technique. La grande majorité de ces introductions sont des objets en fer d'origine européenne, mais il existe une exception : les pierres taillées provenant des îles avoisinantes, permettant de fabriquer des herminettes, et dont la présence sur Tikopia est très ancienne. Le gain de temps permis par l'introduction d'herminettes en fer par les Européens est considérable : au dire des Tikopiens, la confection d'un canoé passe ainsi de 10-12 mois à 2-3 mois ; de plus, du bois plus dur peut être utilisé, améliorant la durabilité du canoé [Primitive polynesian]. Nous n'avons pas de données concernant le gain apporté par les pierres taillées par rapport aux herminettes de coquillages, mais nous supposons qu'il est probablement faible que par rapport à l'utilisation d'outils métalliques. Dans le cas des pierres taillées comme dans celui du fer, nous avons noté dans le tableau que ces introductions constituent un risque pour la pérennité du système technique tikopien, puisqu'elles dépendent toutes de la pérennité d'une ressource non-renouvelable (fer, pierre) et de la pérennité du lien avec la société qui leur fournit. Afin d'illustrer cela, imaginons le cas d'école suivant, qui concernerait la fabrication de canoés : le savoir-faire nécessaire à la fabrication des herminettes en coquillage, la connaissance des bois adaptés à cet outil, et la technique de creusage disparaissent sur Tikopia, après quelques générations au cours desquelles les outils en fer importés (ou des tronçonneuses !) sont devenus courants. Si, pour une raison ou une autre, les européens cessaient de fournir Tikopia en outils métalliques, la pérennité du système technique tikopien serait mise en péril. Dans l'hypothèse où la vitesse de réapprentissage ou de redécouverte de la technique adéquate serait supérieure à la vitesse de disparition des outils (ce qui, dans cet exemple, serait probablement le cas), il n'y aurait pas de problème. Dans le cas contraire, les Tikopiens se verraient privés d'un objet technique essentiel à leur alimentation. Considérons maintenant le cas de la substitution du fil de pêche tressé par du fil de nylon importé. La vitesse de dégradation du fil de pêche est bien supérieure à celui d'une herminette en fer ; de plus, le matériau idéal et la technique traditionnelle de fabrication pourrait être longue à redécouvrir ; en cas d'arrêt de l'importation de fils de nylon, il serait possible que les Tikopiens ne disposent plus, pendant une période donnée, de fil de pêche. Ce 2^{ème} type d'introduction apporte donc à la fois une plus grande efficacité du système technique, mais également un risque pour sa pérennité.

- **Type 3** : Les maladies sont toutes des interactions involontaires présentant des effets négatifs sur la productivité, le plaisir et/ou la santé. Certaines d'entre elles ne sont pas mortelles mais ont des conséquences négatives pour l'individu : la teigne⁴³, par exemple, engendre des moqueries de la part des personnes du sexe opposé [We, the Tikopia]. Dans le cas des Tikopiens, qui sont une communauté humaine de petite taille relativement isolée du monde extérieur, les maladies étaient relativement rares, mais elles sont en quelque sorte devenues dans les périodes les plus récentes le prix à payer pour les interactions de type 1 et 2 avec l'extérieur. Par exemple, il est raconté que la personne qui a ramené la nouvelle technique de fabrication des chaumes d'une île voisine est également responsable de

⁴³ La teigne est une maladie due à divers champignons, causant des plaques rouges irritantes sur le corps.

l'introduction de la teigne sur l'île [We, the Tikopia]. Mis à part les maladies, les escargots terrestres, introduits involontairement, ont également probablement un rôle négatif sur la productivité agricole ; nous avons considéré qu'ils participaient à augmenter le risque de famine.

En dehors des trois grandes catégories d'interactions mentionnées précédemment, nous allons présenter trois cas particuliers qui nous semblent intéressants : le poisson Tilapia, les substances psychoactives, et le catholicisme. Le poisson Tilapia a été introduit à Tikopia dans les années 1950s au cours d'un mouvement dans les îles Salomon visant au développement de l'aquaculture à visée commerciale, qui était sans doute censé permettre aux habitants de gagner de l'argent. D'après la FAO, « dans de nombreux pays, l'introduction du Tilapia fut impopulaire en raison du fait que cette nouvelle espèce rentrait en compétition avec des espèces locales plus appréciées et rentables, particulièrement le poisson-lait et le mulot. Pour certaines îles du Pacifique, l'éradication du Tilapia est une des contraintes majeures au développement de l'aquaculture » [Introduction of Tilapia]. Nous n'avons pas trouvé de données précises concernant Tikopia, mais nous avons considéré que cette introduction avait donc probablement des conséquences néfastes sur le plaisir, et des conséquences incertaines sur le risque de famine.

Les substances psychoactives constituent de rares exemples, avec les danses et les chants (qui sont immatériels), d'introduction ayant pour objectif une augmentation du plaisir. On peut citer le palmier de bétel⁴⁴, le kava⁴⁴, et le tabac. L'introduction de ces substances a eu des répercussions négatives sur la santé et le risque de famine, non seulement à cause des risques directs (maladies), mais également car leur culture prend de l'espace qui pourrait être consacré à des cultures alimentaires.

Enfin, le catholicisme n'est pas un élément du système technique à proprement parler. Pourtant, nous avons mentionné plus haut la grande importance d'un des pendants sociaux du système technique Tikopien : la limitation sociale de la population, qui permet de minimiser le risque de famine. La première mission catholique s'installa sur l'île en 1857. Nous avons du mal à déterminer si le prosélytisme catholique doit nous enjoindre à classer son introduction dans la catégorie « volontaire » ou « involontaire ». Il en est de même pour la question du plaisir, et chacun et chacune apportera sans doute sa propre réponse à cette question. Toujours est-il que les premières conversions à la religion catholique n'étaient pas étrangères à la possibilité des convertis d'avoir accès aux outils en fer distribués par les missionnaires, et pourraient en partie ou en totalité les justifier [We, the tikopia]. Le classement dans la catégorie « ponctuel » ou « permanent » est également délicat : il s'est écoulé un demi-siècle entre l'installation de la mission et les premières conversions ; il est néanmoins probable qu'après une certaine période, le catholicisme n'a plus besoin de contacts avec l'extérieur pour être présent sur l'île, une fois que les rites anciens ont disparu, et que toute la population est convertie, ce qui est aujourd'hui le cas. Pour ce qui nous intéresse ici, l'influence du catholicisme sur la pérennité du système technique tikopien est due à la condamnation par l'Eglise des infanticides et des avortements, et à l'obligation de se marier pour avoir des relations sexuelles, diminuant ainsi le célibat [We, the Tikopia]. Ce sont donc trois méthodes traditionnelles de contrôle de la population qui ont disparu, conduisant à une forte augmentation de population. Dans les années 1950s, ceci a conduit l'île à atteindre un pic de population (environ 1700 habitants sur l'île), qui est suspecté avoir joué un rôle dans la famine qui a suivi un cyclone ayant frappé Tikopia en 1952 [Three Islands]. Les Tikopiens ont depuis ces événements utilisé l'émigration comme soupape de sécurité à leur croissance de population. Si, pour une raison ou une autre, cette émigration n'était un jour plus possible,

⁴⁴ Le kava est une plante dont la racine procure des effets euphorisants et relaxants.

les conséquences de la disparition des règles sociales de contrôle de population seraient sans doute bien plus importantes qu'elles ne le sont aujourd'hui.

F. Une fable.

J. Diamond a été séduit par la contrainte forte sur la population totale dans le système tikopien, et l'identifia comme une des origines importantes de sa pérennité [Effondrement & Darwinian selection]. Cette pratique est en adéquation avec le concept de *capacité de charge*⁴⁵ d'un écosystème, très présent dans toute la littérature scientifique écologique, et qui correspondrait à la densité maximale d'habitants que pourrait accueillir un territoire de manière pérenne. Les méthodes de contrôle du niveau de population sont présentes dans à peu près toutes les sociétés, qu'elles soient pré-industrielles ou non, incitatives (allocations familiales) ou restrictives, et qu'elles soient mises en avant dans une société (cas des Tikopiens) ou bien simplement appliquées au sein de la cellule familiale (nombreux autres cas). L'idée du contrôle de la population globale est très présente chez les écologistes, en particulier américains : de nombreuses personnes se sentant concernées par les problèmes environnementaux modernes considèrent que ces derniers pourraient être en grande partie résolus par une limitation de la population. Le postulat implicite des partisans de ces propositions est qu'il ne serait donc pas nécessaire de remettre en question le niveau de vie – via une modification du système technique –, puisqu'une simple réduction de population suffirait. Ce que nous souhaiterions discuter et illustrer avec l'exemple tikopien est autre : il s'agit de la *densité minimale* de population nécessaire au maintien d'un système technique et alimentaire donné. Pour ce faire, nous allons prendre l'exemple d'un hypothétique couple (appelons-les Seuku et Ikarua), seuls habitants de Tikopia ; ils seront notre symbole d'une faible densité de population. Nous « obligeons » ce couple à vivre suivant le système technique de l'île ayant cours en 1800, basé principalement sur l'agriculture, l'arboriculture, et sur la pêche d'espèces peu abondantes.

« Seuku et Ikarua arrivèrent à Tikopia dans une grande pirogue chargée de matériel et de plantes. L'île avait déjà été occupée, et ils trouvèrent immédiatement sur place le minimum pour se loger et du matériel supplémentaire. Peu après leur arrivée sur l'île de Tikopia, plusieurs problèmes se posèrent à Seuku et Ikarua. Le premier advint lorsqu'ils durent décider où planter leur taro et leur igname. D'un côté, planter dans la large zone au pied du volcan enrichie par les coulées de boues leur assurerait sans doute un fort rendement. Mais Ikarua argumenta avec justesse que, en cas de nouvelle coulée de boue, toute la récolte serait ruinée, les conduisant à la famine. Ce risque était commun à toutes les zones situées au pied du volcan. Seuku suggéra de planter taro et igname dans différentes zones dispersées au pied du volcan, car les éventuelles coulées de boues ne se produiraient probablement que dans une zone précise; cette mesure garantirait leur récolte. Ikarua était d'accord, mais elle insista pour qu'une zone en altitude près de la source principale de l'île soit également plantée : en cas de sécheresse, cette zone resterait humide, garantissant ainsi une récolte de taro minimale. Ikarua et Seuku avaient bien conscience qu'ils risquaient de s'épuiser à aller sans cesse d'une zone cultivée à l'autre. De plus, si aucune sécheresse ni coulée de boue n'advenait, ils produiraient beaucoup plus de taro et d'igname que nécessaire, et auraient sans doute travaillé pour rien mais, faute de trouver une meilleure solution, c'est finalement celle qu'ils adoptèrent.

⁴⁵ Nous trouvons cette traduction de *carrying capacity* peu élégante, mais elle est recommandée par nos collègues québécois, esthètes des traductions de l'anglais. Un simple *capacité limite* est également possible. Une alternative pourrait être *capacité d'accueil*, assez poétique, mais qui donne une vision sans doute trop idyllique des relations humains-environnement.

Le deuxième problème apparut lorsque Seuku et Ikarua cherchèrent à reconstruire leur hutte, dont la structure avait pourri. Seuku avait repéré quelques arbres adéquats à quelques centaines de mètres de leur campement, mais les transporter apparaissait comme une tâche impossible. Ikarua et lui décidèrent de les trainer avec des cordes, et passèrent plusieurs jours à tresser à l'aide de fibres d'ibiscus des cordes suffisamment robustes. Lors de leur première tentative, tirer le premier tronc d'arbre à deux s'avéra trop épuisant, et Ikarua suggéra de tailler quelques rondins pour faire rouler le tronc sur les rondins. La technique fonctionnait, l'un tirant le tronc pendant que l'autre déplaçait les rondins. Ils appliquèrent cette méthode à tous les troncs d'arbres nécessaires. Au final, après trois jours de dur labeur, Seuku et Ikarua réussirent à amener les troncs à l'endroit désiré, et s'attelèrent à la suite de la construction. Lors de cet épisode, Seuku et Ikarua s'exclamèrent à plusieurs reprises « cela aurait été tellement plus simple si nous avions été plus nombreux ». Un problème similaire de posa dans un autre registre : lors de la pêche des poissons-volants à la torche, il faut habituellement être trois dans la pirogue : une personne au filet, l'autre à la torche, et la troisième à la pagaie. Le fait d'être deux leur causa de grandes difficultés pratiques, qu'ils n'arrivèrent pas à résoudre. Après plusieurs sorties en mer peu concluantes et la recherche de méthodes alternatives pour pêcher à la torche à deux, Seuku et Ikarua décidèrent d'abandonner cette technique; mieux valait encore pêcher de jour, même s'il leur fallait faire un trait sur les dizaines de kilos de poissons qui peuvent être obtenues lors de la pêche à la torche. Mais la conséquence la plus importante de leur insuffisance numérique apparut lorsque ce qu'ils redoutaient depuis longtemps arriva : leur pirogue, rongée par les termites, prenait l'eau de toute part et ne pouvait plus être réparée. Ils savaient bien ce que cela signifiait : la première étape de la fabrication d'une pirogue traditionnelle consiste à transporter le tronc d'un arbre de très fort diamètre jusqu'à l'océan, et cette tâche nécessitait une vingtaine de personnes. Plusieurs étapes ultérieures de la fabrication nécessitaient également au minimum quatre ou cinq personnes. Seuku et Ikarua se résolurent donc à fabriquer un petit catamaran avec des troncs de taille plus réduite. Il serait certes beaucoup moins stable que la pirogue traditionnelle, et ne leur permettrait pas de sortie en mer en cas de vent mais, au moins pourraient-ils continuer à pêcher.

Leur troisième problème apparut lorsque, après quelques mois sur l'île, un certain nombre d'outils ou d'objets qu'ils avaient à leur disposition sur l'île commencèrent à donner des signes de faiblesse et durent être remplacés. Successivement, le système permettant d'apporter l'eau à proximité de leur campement, trois filets de pêche, leurs matelas, et une dizaine de leurs hameçons durent être remplacés. Seuku et Ikarua connaissaient très bien les techniques permettant de les fabriquer, pour avoir assisté de nombreuses fois à leur fabrication. Mais passer de la théorie à la pratique est une tout autre chose, et nécessite savoir-faire et entraînement. Seuku et Ikarua se partagèrent les tâches, et décidèrent de s'atteler à la maîtrise des techniques de fabrication des différents objets. Ikarua tenta de fabriquer les matelas et les filets de pêche, tandis que Seuku s'essayait à la fabrication des hameçons et au façonnage de troncs pour le système de transport d'eau. Le résultat ne fut pas toujours concluant. Ils s'aperçurent avec déception qu'ils n'étaient pas forcément très doués dans toutes les techniques, et que certaines s'avéraient être plus complexes qu'initialement envisagé. En particulier, Ikarua, bien que plutôt habile au tissage des matelas, rencontra quelques difficultés pour le tissage du filet à pêche : malgré sa réussite dans la fabrication de son premier filet, ce dernier présentait des mailles qui s'avérèrent trop larges par rapport à la taille des poissons. Alors qu'elle s'attaquait à son deuxième filet, Ikarua se remémorait les discussions animées qui avaient lieu sur son île d'origine dès qu'un habitant se lançait dans la fabrication d'un nouveau filet, et regrette de ne pas y avoir prêté une oreille plus attentive : chacun donnait son avis sur la taille idéale des mailles, sur la longueur totale du filet en fonction de la zone de pêche, et sur la meilleure méthode pour serrer convenablement les

nœuds. Seuku, quant à lui, réussit relativement facilement à couper des troncs de palmiers en deux pour fabriquer des rigoles, mais il cassa un nombre considérable de coquilles d'escargots avant d'arriver à faire son premier hameçon. Seuku travaillait le bois avec aisance, et avait un certain succès à la pêche, mais la minutie nécessaire à la fabrication des hameçons ne faisait clairement pas partie de ses qualités premières.

Seuku et Ikarua se sentaient bien sur Tikopia, et ils ne se faisaient pour l'instant pas de soucis pour leur survie. Néanmoins, ils sentaient bien qu'ils travaillaient vraiment beaucoup pour des résultats pas toujours à la hauteur de leurs attentes. Parfois, Ikarua regrettait que la faune ne soit pas plus abondante sur Tikopia. Si cela avait été le cas, ils auraient pu subvenir plus facilement à leurs besoins, sans avoir à entretenir ou fabriquer ces objets complexes : collecter des coquillages, harponner les poissons des coraux, attraper des tortues, piéger des oiseaux, voilà qui aurait sans doute été plus bien simple pour leur vie à deux sur Tikopia ».

Seuku et Ikarua n'ont pas réussi à maintenir le système technique que nous leur avons imposé, et auraient visiblement préféré que nous choisissons pour eux un système de pêcheurs-chasseurs dans une faune abondante. Si au lieu d'être deux, les colons de notre expérience de pensée avaient été une trentaine, un certain nombre de choses auraient été facilitées. Chacun se serait occupé d'une parcelle agricole à proximité de son lieu d'habitation, et la solidarité ou les échanges auraient permis de palier à une récolte défailante sur l'une des parcelles. En d'autres termes, la minimisation des risques, quand le système de subsistance est principalement basé sur l'agriculture, nécessite une certaine densité de population pour être efficace. L'exemple de Tikopia n'était pas le plus pertinent dans ce cas, car les conditions y sont assez homogènes, mais sur une surface plus grande, ce concept devient crucial. Le transport des troncs, qui a posé d'énormes problèmes à Seuku et Ikarua, n'aurait pas été si difficile. Ainsi, pour un certain nombre d'activités, il est plus efficace d'être nombreux et de répéter l'activité plusieurs fois que d'être seul (par exemple, pour certains poids de tronc d'arbre, il est plus rapide de transporter 4 troncs d'arbre à 4 qu'un seul tronc tout seul). Certaines techniques peuvent même être strictement impossibles à mettre en œuvre en-dessous d'un certain nombre de personnes impliquées. Quant aux tâches artisanales, la possibilité de se spécialiser, l'intelligence collective, et l'augmentation de la probabilité de trouver une adéquation entre aptitudes innées et tâche spécifique aurait été augmentée, entraînant un bien meilleur rapport entre qualité des produits et temps passé. Enfin, notons que, plus il y a d'habitants capables d'assurer une tâche artisanale, plus sa transmission aux générations suivantes est *a priori* garantie. En d'autres termes, le risque de perdre un savoir-faire est minimisé par l'existence d'un certain nombre d'habitants le maîtrisant. Une trentaine de personnes sur Tikopia auraient peut-être réussi à remplir l'objectif de maintenir le système technique que nous avons imposé. Reste en suspens la question du nombre d'habitants « optimal » pour ce système technique (maximisant la pérennité et/ou minimisant le temps de travail, par exemple) : il ne pourrait être déterminé que par une étude spécifique, certainement complexe mais, de notre point de vue, fort intéressante.

Sur le « vrai » Tikopia, la spécialisation permise par la présence d'une population suffisamment nombreuse ainsi que les bienfaits de l'intelligence collective sont bien illustrés. Ainsi, deux activités font l'objet d'une spécialisation assez nette : tatouer et diriger la fabrication de canoés. Cela ne veut pas dire que ces spécialistes font cette activité toute la journée, loin de là ; cela signifie que, lorsque quelqu'un entreprend de se faire tatouer ou de fabriquer un canoé, il fait nécessairement appel à un spécialiste, dont la qualité du travail est reconnue. De plus, il est clairement observé que certaines personnes excellent dans certaines activités quotidiennes, pourtant pratiquées de tous, et sont parfois sollicitées pour effectuer ces tâches. Enfin, la fabrication de filets de pêche, qui semble être la technique artisanale la

plus complexe – avec la fabrication de pirogues – du système technique tikopien, fait effectivement l’objet d’une réflexion collective poussée.

Que le lecteur ou la lectrice veuille bien nous pardonner cette fable un peu naïve. Elle a surtout pour objectif de présenter le fait que, de notre point de vue, *pour un système technique donné*, il existe une densité de population optimale, maximisant sa pérennité. Excéder la capacité de charge d’un territoire est certes néfaste, mais descendre en-dessous d’une certaine valeur également. Ce point, qui peut apparaître trivial, a pourtant des conséquences importantes lorsque l’on réfléchit à notre monde moderne. Nous ne comptons plus les écologistes, commentateurs, scientifiques et quidam, qui appellent explicitement à une limitation ou diminution de la population mondiale. Il y a généralement un implicite dans ces appels : « le système technique – synonyme de niveau de confort – reste identique, mais le nombre d’habitants diminue ». Nous considérons que cette proposition fait l’impasse sur un point crucial : un système technique donné peut être fortement déstabilisé, voire non-viable, en cas de diminution de la population. L’appel à la diminution de la population ne peut donc faire l’économie de la réflexion sur le système technique qui serait associé et viable avec cette nouvelle densité de population.

Une conséquence importante de la présence de cette *densité de population stabilisatrice* est la suivante : *quid* du cas où cette densité excède la capacité de charge du milieu ? Ce cas signifie qu’un système technique donné ne peut être pérenne, quelle que soit la densité de population qui lui est associée. Sans parler forcément de système technique complet, on peut également parler d’une technologie en particulier. Par exemple, sur une île qui ne pourrait nourrir sur le long terme que dix habitants, la technique « pirogue traditionnelle tikopienne » ne serait pas pérenne : les vingt habitants nécessaires à la fabrication dégraderaient de manière irréversible l’environnement. Pour notre monde moderne, on pourrait se poser la question du nombre d’habitants minimum nécessaire pour garantir le fonctionnement d’une seule usine de panneaux solaires, par exemple. Il faudrait pour l’estimer prendre en compte l’extraction de tous les minéraux, la fabrication de toutes les machines nécessaires (implanteurs ioniques, fours, évaporateurs, machines de lithographie, etc...), tous les produits chimiques nécessaires et leurs usines, le transport, la fabrication des engins de transport et des routes, la formation des travailleurs, l’infrastructure nécessaire à leur formation, les agriculteurs permettant de nourrir tout ce beau monde et leurs engins, etc... En dessous de quel nombre d’habitants sur notre planète la technologie « panneaux solaires » ne pourrait-elle être maintenue ? Et si ce nombre était supérieur à la capacité de charge de notre planète ? Nous aurons probablement l’occasion d’en reparler dans le prochain Tome.

Nous ne remettons donc en aucun cas en cause le concept de capacité de charge, qui conduit à définir une densité maximale de population compatible avec un système technique donné dans un environnement donné, ni une éventuelle nécessité de contrôler le niveau de population. Nous remettons simplement en cause le postulat implicite que diminuer fortement la densité de population sans changer de système technique serait possible. Cela est très probablement possible dans certains cas, mais sans doute pas dans d’autres. Dans notre monde moderne, les réflexions sur une densité de population et un système technique qui seraient compatibles et pérennes doivent donc être menées de concert. Cette fable sur Tikopia est là pour nous le rappeler.

G. Conclusion

Les Tikopiens avaient développé en 1800 un système technique pérenne, basé sur la pêche, l’agriculture et l’arboriculture. Il est cependant assez clair dans l’exemple qu’ils nous fournissent qu’un système technique pérenne n’est pas nécessairement un système *isolé*, ni le

fruit d'une civilisation ayant fait le choix d'un système technique *statique*. Le système technique tikopien de 1800 n'aurait en effet pas été celui que nous avons décrit sans de multiples interactions avec l'extérieur, et son évolution technique continue montre clairement que les Tikopiens ne sont pas une société fermée par principe aux évolutions technologiques, au contraire.

L'analyse que nous avons faite des apports extérieurs au système technique tikopien montre que l'influence des européens y fut importante après les années 1800 et, d'une certaine manière, eut comme effet de « lier » la pérennité du système technique tikopien à celle du système technique occidental moderne, et à la bonne volonté des pays développés de fournir des outils métalliques. Cela justifie donc *a posteriori* notre choix d'une analyse détaillée du système technique de 1800, car une analyse du système technique tikopien post-1800 aurait nécessité d'analyser la capacité technique des autres pays à fournir gratuitement des biens métalliques aux Tikopiens pendant des millénaires. Néanmoins, cette dépendance n'était pas une première dans l'histoire tikopienne, et apparaissait déjà au sujet des pierres taillées. En toute rigueur, il nous aurait donc fallu analyser la pérennité des sources de pierres taillées des îles approvisionnant Tikopia, et celle des moyens de transport entre elles et Tikopia. Néanmoins, nous considérons, peut-être à tort, que les quelques herminettes en pierre taillée sur Tikopia n'avaient pas une influence suffisante sur le système technique tikopien pour justifier cette étude supplémentaire.

Notre analyse fait également apparaître clairement que les interactions « de type 1 » furent vraiment favorable aux Tikopiens : elles leur ont permis de diminuer le risque de famines, sans pour autant entraîner une dépendance risquée avec l'extérieur. De notre point de vue, c'est clairement ce type d'interactions qui devraient être privilégiées dans le développement de systèmes techniques, en particulier dans le type d'interactions que les pays développés ont coutume d'appeler l'« aide au développement », et qui sont en réalité le plus souvent constituées d'interactions de type 2.

Enfin, Tikopia est pour nous un exemple battant en brèche le cliché d'humains « vivant en harmonie avec la Nature ». Ce cliché, très répandu dans les milieux écologistes, consiste implicitement à identifier un système technique pérenne avec un système technique dans lequel la modification de la Nature par les humains serait minimale, avec des interactions suffisamment faibles pour ne pas perturber un système vierge perçu comme un idéal, assurant ainsi sa pérennité. L'exemple tikopien est tout autre : leur forêt est un écosystème issu de leur ingéniosité, composé d'arbres et de végétaux provenant de toute la planète, sélectionnés et choisis pour les services qu'ils rendaient aux humains, et maintenu productif sur le long terme par leur force de travail. Cela n'empêcherait probablement pas pour un éventuel visiteur du Tikopia de 1800 de ressentir un profond sentiment « d'harmonie avec la Nature », car leur système technique repose en immense partie sur l'utilisation de plantes, d'arbres et de produits animaux et végétaux. Mais une étude plus approfondie montre que l'écosystème dans lequel vivent les Tikopiens est à la fois *pérenne* et *artificiel*, illustrant clairement que ces deux termes ne sont pas antinomiques.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les personnes suivantes, qui m'ont aidé dans la rédaction de cet ouvrage.

Dominique Legoupil pour m'avoir envoyé plusieurs articles particulièrement intéressants sur les Fuégiens, et pour m'avoir conseillé de me pencher sur les « Copper Inuits » (non présentés dans ce livre, mais dont l'étude est très instructive).

Ernesto Píala, pour avoir répondu à mes questions sur l'origine des arcs et des flèches chez les Yamana.

Alan Williams, pour nos échanges sur les microlithes australiens.

Olivier Vanderhaeghe, pour m'avoir initié à la stratigraphie, et pour nos discussions dans le train au sujet des mines et carrières.

Alan Watchman, pour son estimation de la pérennité de la mine du Mont Williams en Australie.

Patrick Kirch et Jillian Swift, pour nos échanges sur l'évolution du système agricole tikopien.

Michelle Bebbier pour nos échanges sur l'utilisation du cuivre par les Amérindiens (non présentés dans ce livre).

Deuxième Tome : Pérennité de systèmes techniques du passé

I. Généralités sur l'évolution des sociétés préindustrielles.

A. Système technique de subsistance

« Le geste et la parole. I. Technique et langage », A. Leroi-Gourhan, Albin Michel, 1964.

« The Lifeways of Hunter-Gatherers, Robert L. Kelly, Cambridge University Press (New-York), 1995.

« De l'inégalité parmi les sociétés : essai sur l'homme et l'environnement dans l'histoire », J. Diamond, Gallimard, 2000.

“Faut-il en finir avec la civilization?”, P. Madelin, Ecosociété, 2020.

“Biological Changes in Human Populations with Agriculture”, C. S. Larsen, Annual Review of Anthropology, Vol. 24, pp. 185-213, 1995.

“Stone age economics”, M. Sahlins, 1972. Traduction française : “Age de pierre, âge d'abondance », Gallimard, 1976.

« European encounters with the Yamana people of Cape Horn, before and after Darwin », A. Chapman, Cambridge University Press, 2010.

“Moeurs et sexualité en Océanie”, M. Mead, Terre Humaine (Plon), 1963

“An essay on the theory of population”, T.-R. Malthus, Reeves and Turner, London, 1872. Disponible en ligne.

“Turning but not Toppling Malthus: Boserupian Theory on Population and the Environment Relationships”, C. Marquette, Chr. Michelsen Institute, Bergen, 1997

“Population and prehistory II: Space-limited human populations in constant environments”, C.O. Puleston, S. Tuljapurkar, Theoretical Population Biology 74, 147–160, 2008

“Subsistence Strategies and Early Human Population History: An Evolutionary Ecological Perspective”, J. L. Boone, World Archaeology, Vol. 34, Archaeology and Evolutionary Ecology, pp. 6-25, 2002

“Evolutionary Demography and the Population History of the European Early Neolithic”, S. Shennan, Human Biology, 81, pp. 339-355, 2009.

“Testing the Hypothesis of a Worldwide Neolithic Demographic Transition Corroboration from American Cemeteries”, J.-P. Bocquet-Appel and S. Naji, Current Anthropology, Vol. 47, pp. 341-365, 2006.

“Libre pour apprendre”, P. Gray, Coéditions Actes Sud, 2016

“The conditions of agricultural growth”, E. Boserup, Allen and Unwin, London, 1965.
Disponible en ligne.

“Time Allocation : a tool for the study of cultural behavior” D. R. Gross, Ann. Rev. Anthropol. Vol. 13, 519-58 (1984)

“Labor Productivity and Agricultural Development: Boserup Revisited”, R. C. Hunt, Human Ecology, Vol. 28, pp. 251-277 (2000)

“A Theory of Preindustrial Population Dynamics Demography, Economy, and Well-Being in Malthusian Systems”, J. W. Wood, Current Anthropology, Vol. 39, No. 1, pp. 99-135, 1998

B. Autarcie, commerce et premiers contacts

« Le geste et la parole. I. Technique et langage », A. Leroi-Gourhan, Albin Michel, 1964.

« Ethnologie-Concepts et aires culturelles », M. Segalen, Armand Colin, 2001.

« Le barattage du monde », M.-C. Mahias, Les éditions de la MSH, 2002.

« European encounters with the Yamana people of Cape Horn, before and after Darwin », A. Chapman, Cambridge University Press, 2010.

“Aux confins de la terre. Une vie en terre de feu (1874-1910) ”, E. Lucas-Bridge, Editions Nevicata, 2010.

« Les lances du crépuscule », P. Descola, Librairie Plon, 1993.

II. Chasse et cueillette – Les Yamanas

A. Généralités

« The Lifeways of Hunter-Gatherers, R. L. Kelly, Cambridge University Press (New-York), 1995.

The Northwest coast: Complex Hunter-Gatherers, Ecology, and Social Evolution, Annu. Rev. Anthropol., 23:209-29 (1994)

B. Les Yamanas

“Aux confins de la terre. Une vie en terre de feu (1874-1910) ”, E. Lucas-Bridge, Editions Nevicata, 2010.

« European encounters with the Yamana people of Cape Horn, before and after Darwin », A. Chapman, Cambridge University Press, 2010.

“Some Effects of Environment on the Fuegian Tribes”, C. W. Furlong, *Geographical Review*, Vol. 3, pp. 1-15, 1917

“Chronicles of 'Ona-Ashaga': archaeology in the Beagle Channel (Tierra del Fuego-Argentina)”, E. Piana, A. Vila, L. Orquera et J. Estévez, *Antiquity* 66, 771-83, 1992

“Ethno-neglect or the contradiction between ethnohistorical sources and the archeological record : the case of stone tools from the Yamana (Tierra del Fuego, Argentina)”, X. Terradas, A. Vila, I. Clemente et E. Mansur, *Urgeschichtliche Materialhefte* 14, 103115, 1999.

“Littoral adaptation at the southern end of South America”, L. A. Orquera, D. Legoupil, E. L. Piana, *Quaternary International* 239, 61-69, 2011

“Obsidian sources and distribution in Patagonia, southernmost South America”, C. R. Stern, *Quaternary International* 468, 190, 2018.

“The Southern Top of the World: The First Peopling of Patagonia and Tierra del Fuego and the Cultural Endurance of the Fuegian Sea-Nomads”, E. L. Piana and L. A. Orquera, *Arctic Anthropology*, Vol. 46, No. 1/2, The Tops of the World, pp. 103-117, 2009.

“Archaeological Analysis of Shell Middens in the Beagle Channel, Tierra del Fuego Island”, J. Estevez, E. Piana A. Schiavini and N. Juan-Muns, *Int. J. Osteoarchaeol.* 11, 24–33, 2001

“An Alternative Model for the Early Peopling of Southern South America Revealed by Analyses of Three Mitochondrial DNA Haplogroups”, M. de Saint Pierre, C. M. Bravi, J. M. B. Motti, N. Fuku, M. Tanaka, E. Llop, S. L. Bonatto, M. Moraga, *PLoS ONE* 7: e43486, 2012

III. Chasse et cueillette - Les Aborigènes australiens

A. Introduction

“Palaeoenvironmental change in tropical Australasia over the last 30,000 years e a synthesis by the OZ-INTIMATE group”, J. M. Reeves, *Quaternary Science Reviews* 74, 97e114, 2013.

B. Le Pléistocène

“Emerging picture of Pleistocene Australians”, R. Jones, *Nature* 246, 278, 1973

“Les premières fouilles à Dampier (Australie occidentale) et leur place dans l'ensemble australien », M. Lorblanchet, R. Jones. In: *Bulletin de la Société préhistorique française*, tome 76, n°10-12. Études et Travaux. pp. 463-487, 1979

http://www.persee.fr/doc/bspf_0249-7638_1979_hos_76_10_5169

« Pleistocene Man at Cloggs Cave: his Tool Kit and Environment », J. Flood, *Mankind* 9, 175-88, 1974

“The Anthropology of Human Residues”, R. A. Gould, *American Anthropologist* 80, 815, 1978.

“A continental narrative: Human settlement patterns and Australian climate change over the last 35,000 years”, A. N. Williams, P. Veth, W. Steffen, S. Ulm, C. S.M. Turney, J. M. Reeves, S. J. Phipps, M. Smith, *Quaternary Science Reviews* 123, 91e112, 2015

“Aboriginal mitogenomes reveal 50000 years of regionalism in Australia”, R. Tobler et al., *Nature* 544, 180–184, 2017.

“The archeology of Australia’s desert”, M. Smith, Cambridge University Press, 2013.

C. Holocene

“The changing abundance of backed artefacts in south-eastern Australia: a response to Holocene climate change?”, V. Attenbrow, G. Robertson, P. Hiscock, *J. Archeo. Science* 36, 2765–2770, 2009

“Innovation and change in northern Australian Aboriginal spear technologies: the case for reed spears”, H. Allen, K. Akerman, *Archaeology in Oceania*, Vol. 50 Supplement, 82–92, 2015

“The Tula Adze: manufacture and purpose”, Mark W Moore, The Free Library, 2004.

“The Prehistory of the Australian Aborigine”, D. J. Mulvaney, *Scientific American* 214, 84, 1966

“Technological responses to risk in Holocene Australia”, P. Hiscock, *Journal of World Prehistory* 8, 267, 1994.

“What happened at 1500–1000 cal. BP in Central Australia? Timing, impact and archaeological signatures”, M.A. Smith and J. Ross, *The Holocene* 18 (3), 379–388, 2008

“Holocene Demographic Changes and the Emergence of Complex Societies in Prehistoric Australia”, A. N. Williams, S. Ulm, C. S. M. Turney, D. Rohde, G. White, *PLoS ONE* 10(6): e0128661, 2015.

“Dating Aboriginal stone-walled fishtraps at Lake Condah, southeast Australia, I. J. McNiven, J. Croucher, T. Richards, N. Dolby, G. Jacobsen, Gunditj Mirring Traditional Owners Aboriginal Corporation, *Journal of Archaeological Science* 39, 268e286, 2012.

“Complex hunter-gatherers : a view from Australia”, E. Williams, *Antiquity* 61, 310, 1987.

“Tangible evidence of historic Australian indigenous savanna management, N. D. Preece, *Austral Ecology*, 38 (3), 241–250, 2013.

“Elementary Food Production by the Australian Aborigines”, A. H. Campbell, *Mankind* 6, 206, 1965.

“The “fire stick farming” hypothesis: Australian Aboriginal foraging strategies, biodiversity, and anthropogenic fire mosaics”, R. B. Bird, D. W. Bird, B. F. Coddington, C. H. Parker, and J. H. Jones, PNAS 104, 14796, 2008.

“Hunter-Gatherer Economic Complexity and “Population Pressure”: A Cross-Cultural Analysis”, L. H. Keeley, J. Anthro. Archeo. 7, 373411, 1988.

D. Un système technique pérenne ?

“La consommation intérieure de matières en France”, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2016, consulté en février 2018.

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/299/1161/consommation-interieure-matieres-france.html>

“Kulin Greenstone Quarries: The Social Contexts of Production and Distribution for the MtWilliam Site”, I. McBryde, World Archaeology, Vol. 16, No. 2, Mines and Quarries, pp. 267-285, 1984.

“The distribution of greenstone axes in Southeastern Australia : a preliminary report”, I. MacBryde and A. Watchman”, Mankind, 10, 163, 1976.

“Silcretes: Insights into the occurrences and formation of materials sourced for stone tool making”, M. Thiry, A. Milnes, J. of Arch. Science: Reports 15, 500, 2017.

“Late Quaternary megafaunal extinctions on the continents: a short review”, A. J. Stuart, Geol. J., Geol. J., DOI: 10.1002/gj, 2014.

“Australian prehistoric archaeology: the last few years”, R. Fullagar, Before Farming, DOI: 10.3828/bfarm.2004.2.1, 2004.

“A pardon for the dingo”, R. G. Robert, Science 343, 142, 2014

“The aftermath of megafaunal extinction : ecosystem transformation in Pleistocene Australia” , S. Rule, B. W. Brook, S. G. Haberle, C. S. M. Turney, A. P. Kershaw, C. N. Johnson, Science 335, 1483, 2012.

“An ecological regime shift resulting from disrupted predator–prey interactions in Holocene Australia”, T. A. A. Prowse, C. N. Johnson, C. J. A. Bradshaw, and B. W. Brook, Ecology 95(3), pp. 693–702, 2014.

“Canis dingo and the Australian smaller-fauna trend: A new explanatory model integrating ecological data”, L. Koungoulos, J. Arch. Sci.: Reports 14, 38–45, 2017

E. Analyse et conclusion

“Australian Aboriginal Subsistence in the Western Desert”, S. Cane, Human Ecology 15, 391, 1987

F. Digression sur le Progrès

“Retour sur “la raison dans l’Histoire””, A. Berlan, Entropia n°15, 2013.

“An experimental assessment of the grinding characteristics of some native seeds used by Aboriginal Australians”, J. Mildwaters, C. Clarkson, J. of Archaeological Science: Reports 30, 102127, 2020.

“The biological standard of living in Europe during the last two millennia”, European Review of Economic History 9, 61, 2005

“Observations on the history of Dutch physical stature from the late-Middle Ages to the present”, H. de Beer, Economics and Human Biology 2, 45, 2004.

“Health and nutrition in the preindustrial era: insights from a millennium of average heights in northern Europe”, R. H. Steckel, NBER Working Papers 8542, National Bureau of Economic Research, 2001.

“Heights and human welfare: Recent developments and new directions”, R. H. Steckel, Explorations in Economic History 46, 1, 2009.

“Health and wealth in the Roman Empire”, W. M. Jongman, J. P.A.M. Jacobs, G. M. Klein Goldewijk, Economics and Human Biology 34, 138, 2019.

“Shrinking in a growing economy? The mystery of physical stature during the industrial revolution”, J. Komlos, The Journal of Economic History 58, 779, 1998.

“The treasure of human experiences”, J. Tainter, <https://youtu.be/KMHL0ec5bYo>

Effondrement des sociétés complexes, J. Tainter, Le retour aux sources, 2014.

IV. Agriculture – Les Tikopiens

« Effondrement », J. Diamond, Gallimard, 2006.

« Tikopia. The prehistory and ecology of a polynesian outlier », P. V. Kirch and D. E. Yen, Bishop Museum Press, 1982

“Primitive Polynesian economy”, R. Firth, Georges Routledge & Sons, 1939

“We, the tikopia”, R. Firth, Routledge, 1936

A. Généralités

“Sustainable land use in Tikopia: Food production and consumption in an isolated agricultural system”, O. Mertz, T. Bech Bruun, B. Fog, K. Rasmussen and J. Agergaard, Singapore Journal of Tropical Geography 31, 10, 2010.

“New AMS radiocarbon dates and a re-evaluation of the cultural sequence of Tikopia island, southeast Solomon islands”, P. V. Kirch, J. A. Swift, Journal of the Polynesian Society 126, 313, 2017.

B. Les premiers arrivants : de -1040 à +100

“Darwinian selection and cultural incentives for resource use : Tikopia as a case study for sustainability”, J. M. Gowdy, Int. J. Global Environmental Issues 6, 348, 2006.

C. De l'agriculture sur brulis vers l'arboriculture

“Restructuring of nutrient flows in island ecosystems following human colonization evidenced by isotopic analysis of commensal rats”, J. A. Swift, P. Roberts, N. Boivin, and Patrick V. Kirch, PNAS 115, 6392, 2018.

“The history of human-induced soil erosion: Geomorphic legacies, early descriptions and research, and the development of soil conservation—A global synopsis”, M. Dotterweich, Geomorphology 201, 1, 2013

D. Le système technique tikopien de 1800 et sa pérennité

“Tradition et modernité aux îles de la Société: Les racines », C. Robineau, IRD Editions, 1984.

« Figuration and symbolism in Tikopia fishing and fish use”, R. Firth, Journal de la Société des océanistes, n°72-73, tome 37. La pêche traditionnelle en Océanie. pp. 219-226, 1981.

« The wet and the dry: irrigation and agricultural intensification in Polynesia”, P. V. Kirch, University of Chicago, 1994.

“Canoe of Oceania”, A.C. Haddon et J. Hornell, Bishop Museum Press, 1936

“Kapingamarangi canoe-building project”, Charles Robert, University of Oregon, Micronesia and South Pacific Program, 1997. <https://pages.uoregon.edu/mspp/kapingamarangi/k13-4con.htm>,

“Tree crops. A permanent agriculture”, J. Russell Smith, Harcourt Brace and Company, 1929.

“Umu Renga”, collection en ligne du Auckland War Memorial Museum, http://www.aucklandmuseum.com/collection/object/am_humanhistory-object-62984

“Three islands and an archipelago: reciprocal interactions between humans and island ecosystems in Polynesia”, P. V. Kirch, Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh 98, 85-99, 2007.

“Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development”, O. A. Chadwick, L. A. Derry, P. M. Vitousek, B. J. Huebert and L. O. Hedin, Nature 397, 491, 1999.

“The global phosphorus cycle; past, present, and future”, Elements 4, 89, 2008.

E. Le monde extérieur : influence sur la création du système technique et sur sa pérennité

“Introduction of Tilapia species and constraints to Tilapia farming in Fiji”, S. N. Lal and R. Foscarini, <http://www.fao.org/3/ac295e/ac295e00.htm>