
De l'empirisme dans la modélisation à
petite échelle spatiale

Introduction

« La vérité, ce n'est point ce qui se démontre, c'est ce qui simplifie. »

SAINT-EXUPÉRY (1939, p.173)

AURIAC (2000, p.13), dans son approche du vignoble-système, s'interroge sur les hypothèses génératives du vignoble. C'est en suivant la voie de l'approche systémique que nous explorerons l'agencement des principales caractéristiques de la production viticole. Cette exploration se fera au regard de la théorie des systèmes complexes et donc avec l'appareil méthodologique et les outils associés.

Si AURIAC (*ibid.*) suggère de positionner l'exploitation agricole en tant qu'unité de base des sous-systèmes, nous avons dans ce chapitre opté pour une approche agrégée. En effet, conformément à notre volonté de procéder à une plongée en plusieurs étapes dans les échelles spatiales comme dans la complexité des interactions entre les agents que nous modélisons, nous présenterons deux modèles dans ce chapitre. Il sont tout les deux construits à de petites échelles spatiales et sur un modèle d'agents agrégés. Autrement dit, les agents modélisés ici seront des villes ou villages et non, comme ce sera le cas après, des viticulteurs. Nous rentrerons dans les détails d'implémentation des modèles *Dion Still alive* et VICTOR qui sont contenus dans le cadre A de la figure 2.15 (p. 123) car ils impliquent un niveau d'abstraction assez élevé (KISS) et des interactions largement stylisées.

Par ailleurs, ces modèles recouvrent des notions assez larges liées à un référentiel socio-économique pouvant s'inscrire dans une grande diversité d'espaces et produisant une extraordinaire hétérogénéité économique et/ou spatiale du vignoble. Les échelles agrégées, tant sur le plan spatial que sur le plan des agents, positionnent notre réflexion sur la partie territoire de l'alignement ontologique auquel nous avons procédé au chapitre 1 (c.f. fig. 1.4, p.32).

L'objectif de ce chapitre est de formaliser les contraintes qui pèsent sur le vignoble-système d'AURIAC (*ibid.*). En reprenant à notre compte l'approche systémique du vignoble, nous explorons différents processus actifs sur les territoires viticoles à une échelle agrégée. La première partie (part. 3.1) consiste à revisiter dans une approche systémique les hypothèses formulées par DION (1952) pour en évaluer la persistance actuelle au regard de l'évolution des représentations des origines de la qualité dans le vin.

Dans la partie suivante (c.f. 3.2), grâce au modèle VICTOR, nous explorerons, pour une échelle spatiale plus petite, l'influence de l'hétérogénéité spatiale et son usage par les popu-

lations dans une économie ouverte. Par ailleurs, nous nous intéresserons aux implications de différents formalismes économiques et leurs effets sur la structure du paysage.

3.1 Les SMA comme passerelles entre théories anciennes et modernes : le cas de R.DION dans le modèle *Dion still alive*

— Le modèle *Dion still alive* —

Échelle spatiale : modèle pensé à petite échelle (régionale ou nationale)

Agents : sont mobilisés dans ce modèle, une grille de cellules, un réseau de villes connectées par des voies de communication, et un marché extérieur au territoire

Question(s) :

- Comment fonctionne l’ordonnancement des facteurs qui jouent sur la structuration spatiale des vignobles à l’échelle qui nous intéresse ?
- Quel formalisme peut-on envisager pour la qualité des parcelles viticoles afin de comprendre leur évolution sur le temps long ?

Dans cette section, nous revisitons la pensée de DION (1952) à la lumière de la modélisation à base d’agents. Dans cette exercice, nous voulons montrer la persistance et la pertinence de la pensée de R.DION dans l’épistémologie des sciences de la vigne et du vin (c.f. chap 1). Si dans l’article qui nous a guidé vers la formalisation à base d’agents, il n’est nullement fait écho au concept de terroir¹, son approche contient en filigrane un grand nombre de concepts qui seront mobilisés par la suite dans les études de géographie viticole instaurant le terroir comme entité spatiale fondamentale (ROUVELLAC 2013).

Introduction

La notion de qualité du vin a toujours intéressé les Hommes, mais les contours de cette notion sont de prime abord particulièrement mouvants, divisant la communauté scientifique. En effet, pour les uns, celle-ci résulte de facteurs environnementaux et, pour les autres, elle serait plutôt à chercher dans la construction sociale et hiérarchisée de la société. Depuis O. d. SERRES (1600)² à la construction lente des Appellations d’Origine Contrôlée (AOC) (de 1905 à nos jours) et jusqu’à la création de l’Institut National des

1. La première vague identifiée sur la figure 1.1, arrivera presque 10 ans plus après sa rédaction dans les annales de géographie.

2. qui faisait remarquer « si n’êtes de lieu pour vendre votre vin, que ferez-vous d’un grand vignoble ? »

Appellations d'Origine (INAO) en 1935, le mouvement général de l'histoire n'a cessé de vouloir définir et circonscrire la notion de qualité du vin.

Les études historiques et géographiques de Roger DION, père fondateur de la géographie viticole (DION 1952 ; DION 1959), proposent un regard renouvelé sur ces réflexions cherchant à comprendre la construction spatiale et sociale de la viticulture. Que l'on se revendique ou non de son héritage, son travail a profondément transformé les conceptions des générations suivantes.

En effet, la construction de la qualité en viticulture n'échappe pas au changement de paradigme historique identifié par FOUCAULT (2008). Ainsi, passons-nous d'une approche basée sur une histoire continue dans laquelle la qualité était une lente construction humaine, à une approche basée sur une histoire discrète cherchant à expliquer l'excellence par des facteurs environnementaux (microtopologie, pédologie, climatologie, etc.). Par conséquent, l'objet de la recherche se transformait mécaniquement en un travail de définition et de délimitation des grands changements de l'histoire, plutôt que d'en comprendre les dynamiques générales. Nous avons souhaité ici mettre en perspective cette approche « catastrophique » de l'histoire (THOM 1989), et l'évolution de la notion de qualité des vins avec les travaux de R.DION qui se placent, eux, sur le temps long.

Nous avons alors réexploré la pensée de R.DION par l'intermédiaire de simulations à base d'agents avec un triple objectif :

- Quelle est la place et quels sont les contours des notions de qualité ?
- Est-ce que la notion de qualité a des implications spatiales ?
- Est-ce que la notion de qualité est protéiforme dans le temps ?

Pour cela nous avons développé avec l'aide de Marius Chevallier³ et Cyril Piou⁴, un modèle basé sur l'article de R.DION « Querelle des anciens et des modernes sur les facteurs de la qualité du vin » (DION 1952).

Le positionnement méthodologique de ce chapitre va nous permettre de rentrer dans la démarche de formalisation et de modélisation multi-agents des phénomènes viticoles sous l'angle de l'épistémologie (au sens de théorie de la connaissance) de la géographie viticole, pour nous interroger sur la notion de qualité en tant que concept intemporel.

3.1.1 Contexte de la modélisation

Dans les années 1950, au moment où R.DION écrit « Querelle des anciens et des modernes sur les facteurs de la qualité du vin » (*ibid.*), la géographie baigne dans un vitalisme possibiliste très largement déterministe. L'hypothèse dominante pour expliquer la qualité du vin est alors proposée par les tenants de *l'agro-terroir*, qui postulent qu'elle est

3. GEOLAB, université de Limoges.

4. Locust Ecology and Control Research Team, CIRAD - Département BIOS.

une conséquence directe des conditions abiotiques qui s'exercent localement sur la vigne. R.DION se positionne en réaction à cela en rappelant que cette hypothèse n'a pas toujours dominé car « aux yeux des hommes des XVI^e siècle et XVII^e siècle, la viticulture de qualité se distinguait tout d'abord en ceci qu'elle était onéreuse »(p. 421).« Si les fondateurs de nos vignobles avaient été aussi dociles qu'on le dit aux suggestions de la nature, ils se fussent bien gardés d'aventurer leurs plantations hors de la région méditerranéenne (. . .). La propagation de cette plante sous le climat de la France du Centre et du Nord-Est est une violence faite à la nature »(p. 429).

Si aujourd'hui les pratiques culturelles et culturales sont entrées dans le cahier des charges de la constitution des AOC et dans la définition même de la notion de terroir viticole, des confrontations existent toujours autour du débat inépuisable nature / culture (SCHIRMER 2000), entre les tenants des sciences expérimentales et ceux des sciences sociales (MEYNIER 1969).

Nous avons voulu ici mettre en perspective sur le temps long les hypothèses empiriques proposées par R.DION sur la construction de la qualité du vin. Cette réflexion s'inscrit dans la proposition de BANOS, MORENO *et al.* (2011) consistant à « interpeller les géographes et les pousser à interroger de manière renouvelée ces travaux fondateurs de leur discipline. » L'objectif assumé dans ce travail est d'explorer, au moyen de simulations informatiques distribuées, les possibilités d'émergence d'organisations spatiales identifiables. Pour cela nous avons pris le parti de nous cantonner à l'article de DION 1952 qui propose que la géographie viticole s'explique largement par la géographie commerciale et en particulier par l'apparition de débouchés commerciaux qui constitue un facteur favorable à des « dépenses sans compter » (p421) et, par conséquent, à l'émergence de terroirs de qualité.

Revisiter les explications de R.DION avec les outils des sciences expérimentales, et en particulier la simulation informatique à base d'agents, nous permet de projeter ces hypothèses dans un modèle purement conceptuel pour y tester leurs "*vraisemblances de principe*" (VARENNE 2011), et ainsi s'intéresser aux "soucis des processus" (MEYNIER 1969) qui visent à expliquer le passage d'un état à un autre des mécaniques spatiales.

Le modélisateur est alors capable d'introduire petit à petit les variables qu'il souhaite étudier et ainsi isoler leur impact. La modélisation n'est pas une reproduction formalisée de la complexité du réel, mais un outil simplifié pour analyser l'impact de certains comportements et l'évolution sur la dynamique globale (COQUILLARD et HILL 1997). Elle nous permet d'explorer les comportements probables des marchés et leurs implications spatiales.

De manière subtile R.DION considère que le développement des appellations d'origine, protège autant des intérêts sociaux des catégories sociales supérieures que des caractéristiques naturelles (p. 423-425) et qu'il n'est pas possible de trancher en faveur d'une

hypothèse ou d'une autre (p. 427). Selon lui, les grandes aires de production sont des conséquences directes de la géographie commerciale, de la géographie administrative et de l'histoire, mais à l'intérieur des zones que ces facteurs contribuent à définir, le producteur n'a pas négligé « ce qui, dans la disposition naturelle des lieux, pouvait favoriser son dessein (...). Par là s'établit, mais dans le menu détail, bien plus que dans les grandes lignes, le lien de la géographie viticole à la géographie physique » (p. 428). Autrement dit, la géographie commerciale joue pour définir les grandes aires de production de qualité (les aires rattachées à un débouché de consommateurs riches) et la géographie physique intervient pour expliquer les différences de qualité à l'intérieur de ces aires.

3.1.2 Matériels et Méthodes : ODD

Pour explorer les dynamiques paysagères et la construction territoriale, nous avons développé sur Netlogo (WILENSKY 1999) un modèle multi-agents intitulé *Dion still alive*⁵ qui modélise un espace abstrait à petite échelle⁶. Nous proposons ici une description du modèle suivant le formalisme du protocole ODD (GRIMM, U. BERGER, BASTIANSEN *et al.* 2006; GRIMM, U. BERGER, DEANGELIS *et al.* 2010; RAILSBACK et GRIMM 2011) en prenant en compte l'extension de l'ODD+D (+D pour Decision making)(B. MÜLLER *et al.* 2013).

3.1.2.1 Développement du modèle

Objectifs

La qualité du vin a été, et reste un sujet très actuel dans le monde professionnel comme dans celui de la recherche⁷. Le travail de R.DION et le travail des géographes qui ont pris le relais (ROUVELLAC *et al.* 2012; PITTE 2010; SCHIRMER 2007b; VELASCO-GRACIET et LASSERRE 2006) montrent que ces notions sont protéiformes et évoluent dans le temps et dans l'espace.

Le mouvement général dans l'évolution des sciences ne s'intéresse plus à l'étude de la continuité des phénomènes, mais plutôt aux zones de rupture (FOUCAULT 2008) : rupture technologique, rupture conceptuelle.

La force de la pensée de R.DION réside dans la mise en perspective temporelle de cette

5. En référence au modèle développé par BANOS, MORENO *et al.* (2011) et leur modèle *Christaller still alive* développé dans le cadre du réseau MAPS (Modélisation Appliquée aux Phénomènes Spatialisés)

6. On parle ici d'échelle géographique. Petite échelle pourrait être à l'échelle d'une grande région ou d'un pays.

7. Pour preuve la qualité et la quantité de productions scientifiques proposées aux deux congrès majeurs, le congrès *Terroir* et le congrès du *GiESCO*.

notion de qualité. Nous voulons montrer que ses hypothèses permettent, grâce à la simulation, de pousser plus loin les résultats attendus par l'auteur lui-même.

La notion de qualité est ici centrale. En effet, dès les premières lignes de l'article, R.DION oppose les partisans d'un agro-terroir aux partisans d'une construction plus socio-économique. Ce modèle est une implémentation sans visée prospective, et dont l'objectif est de nous aider à réfléchir (BANOS 2010) aux hypothèses de R.DION sur l'économie et les configurations spatiales qu'elles produisent.

Bien que parlant de viticulture, les viticulteurs sont ici des entités abstraites qui n'ont d'existence qu'à travers un espace de production. Cet espace de production est rattaché à des marchés locaux qui peuvent se structurer en réseau commercial répondant à une demande locale et extra-territoriale. Le territoire est donc ici un espace de production localisé, rattaché à un marché. Le modèle, et donc la capacité des agents à tirer parti de spécificité locale à surmonter ou non la compétition pour la ressource, est testé dans différentes configurations spatiales abstraites (isotropique ou anisotropique). Les dynamiques territoriales sont ici très fortement liées à la demande extra-territoriale, que les marchés locaux tentent d'assouvir. L'observateur se retrouve donc face à des dynamiques globales, qui sont fortement influencées par les dynamiques locales, et les choix que les agents doivent constamment faire pour répondre à des chocs de demande, tout en essayant de maximiser la qualité de leurs parcelles.

Entités, variables, et échelle

Les entités : En nous intéressant à l'évolution de la qualité, et en suivant les descriptions empiriques de R.DION, nous avons défini 4 classes d'entités dont on pourra retrouver l'organisation dans le diagramme UML de classes (figure 3.1). Nous avons défini 2 types d'agents :

- Les villes/villages (town sur le diagramme) qui sont décrites dans l'article p. 426 « La vigne en effet [...] tenait dans les préoccupations de nos ancêtres, une telle place que quiconque, parmi eux, avait un rang, la cultivait pour l'honneur, autant que pour le profit, en sorte que la seule présence d'un château, ou d'une bourgade rehaussée de quelques maisons opulentes, suffisait à faire paraître un vignoble – qui restait nécessairement petit quand le site était peu propre au commerce »,
- le marché extérieur (classe `external_market`), qui d'après DION (1952, p.418) qui cite O. DE SERRES dans son « Théâtre d'Agriculture et Mesnage des Champs » (O. d. SERRES 1600), « "La débite", c'est-à-dire la façon dont se présentent les possibilités de débit, sera "la règle de notre vignoble". Elle en déterminera l'emplacement, l'importance et le caractère ». Le marché extérieur, crée une demande sur l'un des marchés intérieurs, et c'est lui qui va ensuite centraliser et réorganiser la distribution de la demande. Il se crée donc naturellement une différenciation entre

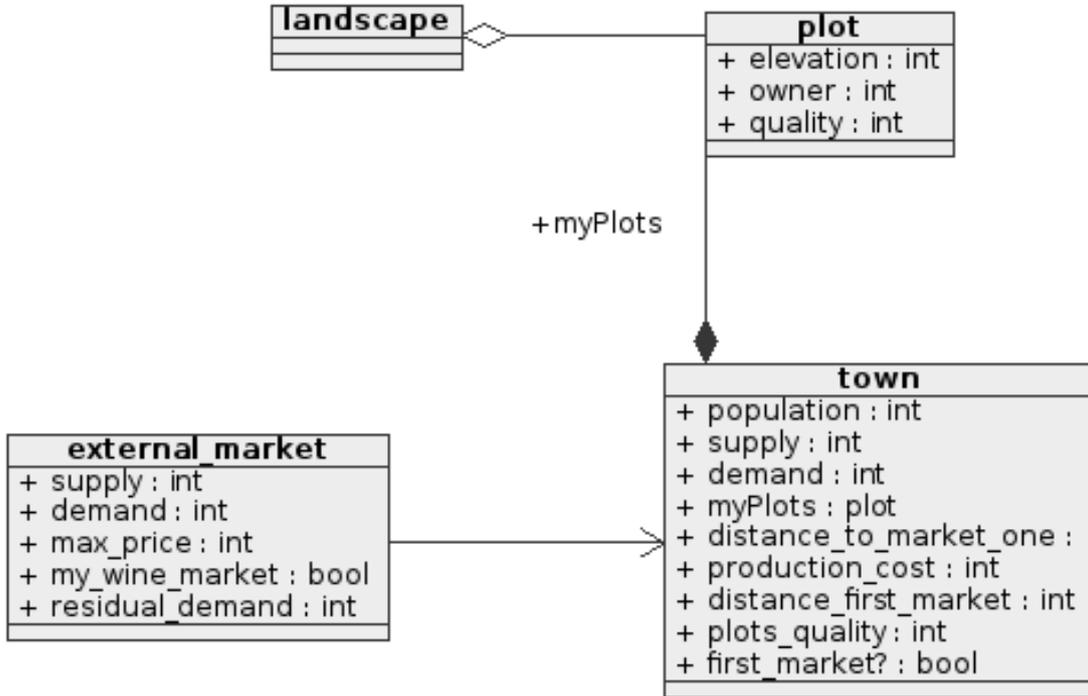


FIGURE 3.1 – Diagramme de classe du modèle

- les villes, en fonction de leur degré de proximité dans le réseau, au marché extérieur.
- Les voies de communication sont des entités émergentes qui sont créées au besoin par le marché central pour relier les marchés locaux. La route est un moyen de réduire les coûts de transports locaux.

Nous avons également considéré l’environnement (classe *landscape*) sous forme de cellules (classe *plot*) élémentaires (les *patches* de NetLogo), qui peuvent être cultivées (en vigne) ou non.

Les variables d’état des entités : Les villages sont caractérisés par leur propre demande en vin, et par la demande extérieure. Ils sont initialisés avec quelques parcelles de vignes (les *patches* de l’environnement Netlogo), qui leur permettent de répondre à leur demande locale/extérieure. Ils connaissent leur distance au marché primaire qui, lui, est connecté au marché extérieur et donc à la demande extra-territoriale.

Les coûts de production sont ici modélisés par la distance entre chaque parcelle et le marché auquel elle est rattachée suivant les hypothèses de THÜNEN (1966). Le marché extérieur est, par souci de simplification, unique. Il se caractérise par une offre et une demande, mais également par un consentement à payer le produit de la part du marché extérieur. Ces trois paramètres auront un impact direct sur le comportement du système. Nous pouvons ici les considérer comme les principales contraintes économiques du système. En ce qui concerne les parcelles, elles sont caractérisées par le type de culture

qu'elles portent (présence/absence de vigne), elles ont aussi des attributs de nature géomorphologique (altitude/pente). Elles possèdent une « qualité » initiale (objet central de l'article et donc de notre modèle) qui est liée aux conditions environnementales et aux facteurs humains. Nous détaillerons dans la partie 3.1.2.3 les processus et les interactions en jeu à ce niveau. Ces interactions permettent de prendre en compte l'assertion de R.DION p.428 « le fondateur du vignoble n'a eu garde de négliger ce qui dans la disposition naturelle des lieux, pouvait çà et là favoriser son dessein. »

L'échelle temporelle : Nous nous intéressons ici aux dynamiques paysagères liées à une activité économique de nature agricole basée sur le cycle végétatif d'une plante. Nous avons donc considéré que le pas de temps annuel était le plus pertinent au regard de la nature des événements que nous souhaitons étudier. Il permet d'observer les mises en culture et les abandons de zones viticoles en fonction des dynamiques économiques et des dispositions spatiales du terrain.

L'échelle spatiale : Nous situons notre modèle dans un espace abstrait de 64×64 cellules (aussi appeler *patches*, l'unité spatiale élémentaire dans Netlogo) qui pourrait s'apparenter à l'échelle d'un pays, ou d'une grande région. Comme nous avons commencé à l'évoquer, ces cellules représentent des parcelles qui sont ou non cultivées en vigne. Ainsi nous considérons les parcelles comme de petites entités spatiales "primordiales" et indivisibles, elles-mêmes constitutives, quand elles sont considérées sous leurs formes agrégées, du paysage. Dans ce modèle, nous travaillerons l'espace en trois hypothèses de configurations spatiales distinctes afin d'en identifier la responsabilité sur les lieux d'implantation du vignoble. Autrement dit, nous explorerons différentes configurations spatiales pour tester leur implications dans la variabilité du système. Les environnements simulés seront donc :

- isotrope, où toutes les parcelles ont les mêmes caractéristiques de qualité initiale, quelle que soit la direction ;
- anisotrope, qui intègre des formes orographiques, ce qui implique des qualités parcellaires non uniformément distribuées ;
- le même environnement que précédemment du point de vue des formes orographiques simulées, mais dans une orientation différente pour évaluer l'effet de la proximité de ses formes sur la structuration du territoire viticole.

Processus et Ordonnement

Le modèle "*Dion still alive*" est construit pour explorer et réinterroger la prégnance de la géographie commerciale sur la géographie physique, mais également la notion de qualité et les effets de la micro géographie sur la structure spatiale des territoires. Le modèle est subdivisé en 7 sous-modèles qui seront détaillés dans la partie 3.1.2.3. Ces sous-modèles

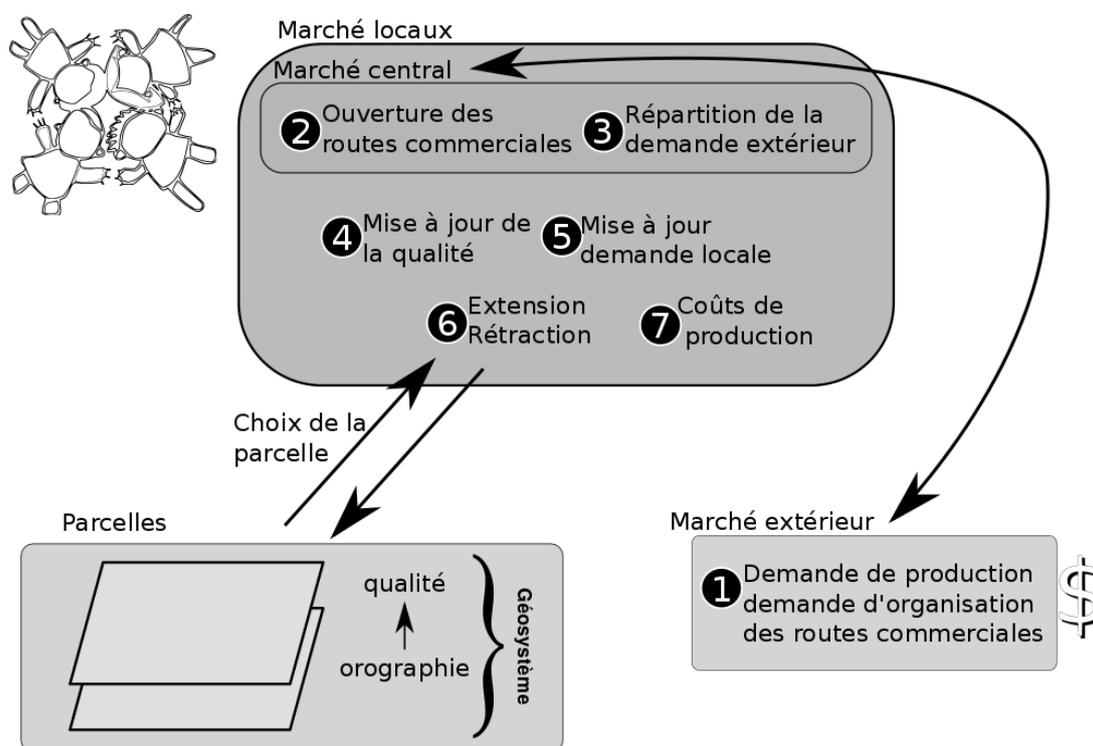


FIGURE 3.2 – Schéma de l'ordonnancement des processus en jeu lors d'une itération de la simulation

sont de deux types : ceux initiés par le marché extérieur et ceux initiés par les villes.

- Marché extérieur (identifié avec 1 sur la figure 3.2)
 - Transmission de la demande extérieure et du consentement à payer au marché central (n° 1 sur la figure 3.2)
- Marché central
 - Ouverture de routes commerciales en fonction de la demande (n° 2 sur la figure 3.2)
 - Répartition de la demande entre les villes du réseau (n° 3 sur la figure 3.2)
 - Mise à jour de la qualité des parcelles cultivées (n° 4 sur la figure 3.2)
 - Dispersion de l'offre et de la demande (n° 5 sur la figure 3.2)
 - Mise en culture ou abandon de parcelles (n° 6 sur la figure 3.2)
 - Calcul des coûts de production (identifié avec n° 7 sur la figure 3.2)

3.1.2.2 Concepts d'élaboration

Contexte scientifique

Le postulat de l'inégalité de la qualité des vins est une hypothèse acceptée par la société civile et par la communauté scientifique comme un fait. Sa genèse est plus largement sujette à débat. Selon R.DION, l'ancienneté d'un vignoble peut expliquer que la qualité

varie considérablement bien que les caractéristiques pédoclimatiques soient identiques. « Il est toujours possible à qui peut dépenser sans compter d'apporter de substantielles améliorations à l'état naturel du terrain. Il faut que la côte de Champagne en ait reçu d'innombrables pour qu'un agronome ait pu dire des vignes de ce lieu fameux qu'elles poussent dans un sol artificiel qui a fini par acquérir, à force d'apport incessant, une constitution qui favorise à un haut degré leur prospérité. »⁸.

Cette idée d'une qualité de production liée au temps s'inscrit dans une tradition d'économie géographique autour des systèmes productifs locaux. Au-delà de l'hypothèse mise en avant par R.DION basée sur l'ancienneté de trajectoires individuelles, la diffusion des modes et pratiques des uns et des autres permet une augmentation générale de la qualité avec le temps. Lorsque la viticulture gagne du terrain, s'ensuit un phénomène de type « *district local* » : avec la « concentration d'industries spécialisées dans certaines localités » (MARSHALL *et al.* 1971, p.460), « les secrets de l'industrie cessent d'être des secrets ; ils sont pour ainsi dire dans l'air, et les enfants apprennent inconsciemment beaucoup d'entre eux » (ibid., p.465).

Ainsi, l'effet quantité se traduit par un effet qualité : avec le temps, des savoir-faire se diffusent dans le milieu. Dans la lignée de BECATTINI (1979) reprenant les travaux de Alfred Marshall, une littérature empirique et théorique importante a identifié le rôle des connaissances tacites et informelles dans la performance des entreprises d'un même secteur, concentrées sur un même territoire (AYDALOT 1984 ; COURLET et PECQUEUR 1991 ; COLLETIS et PECQUEUR 1993). Une partie de ces travaux a porté sur l'agriculture et notamment sur les AOC, montrant, qu'au-delà des spécificités topologiques des territoires, l'émergence des AOC s'explique beaucoup par la capacité des acteurs à s'organiser formellement et/ou par l'existence de relations informelles de confiance⁹ (TORRE 2000 ; TORRE 2006).

Ainsi, il est raisonnable de faire l'hypothèse que, dans le cas d'une concentration d'activités d'un même secteur tel que cela se passe dans le cas d'une spécialisation régionale, les connaissances issues de l'expérience et les relations formelles et informelles qui se développent avec le temps contribuent à une amélioration générale de la qualité. Cela repose à la fois sur l'expérience acquise sur son vignoble par un exploitant et ses successeurs, mais aussi en raison de l'expérience collective acquise sur un territoire se diffusant par le bouche-à-oreille et étant difficilement exportable sur des aires de production voisines, mais non contiguës.

Si ces considérations portent sur les questions de qualité en tant que fonction temporelle, cela pose également la question des modalités que peut prendre la qualité au cours

8. Muntz, Recherche sur le vignoble de la champagne, 1893, p. 21, cité par R.DION (p. 421).

9. Il serait donc particulièrement intéressant en complément de ce travail d'explorer par le biais de l'analyse de réseaux l'importance du tissu social dans les processus de création d'AOC.

du temps. De part notre approche de modélisation, nous avons cherché à formaliser la manière dont celle-ci peut évoluer sur le temps long.

Processus de décision

Étant donné l'échelle de réflexion à laquelle se place R.DION, nous avons fait le choix de définir les villes / villages (et donc les marchés locaux) comme agents décideurs. Ce sont eux qui, en fonction de l'environnement et du contexte économique dans lequel ils se trouvent, vont prendre la décision de mettre en culture, ou au contraire d'abandonner une parcelle. De manière générique, les villes sont donc structurantes pour le territoire à l'échelle locale. Dans le processus de choix des parcelles propres à la mise en culture, ces dernières vont choisir parmi celles disponibles celles qui présentent les meilleures caractéristiques locales. Ainsi « le fondateur du vignoble n'a eu garde de négliger ce qui, dans la disposition naturelle des lieux, pouvait ça et là favoriser son dessein » (DION 1952, p.428). Dans ces conditions, l'espace devient un élément très structurant tant du point de vue des distances que de l'hétérogénéité qui le compose.

À l'échelle globale, nous donnons à l'une de ces villes une qualité supplémentaire, en lui permettant de choisir la structure des voies commerciales du territoire. Cette ville est considérée comme le marché central où les denrées doivent passer pour être échangées, à l'exemple du Bordeaux ou de Porto (ENJALBERT 1953) dans le commerce des vins vers l'Angleterre.

Cette "place centrale" au sens de CHRISTALLER (1966) va, en fonction de ses propres capacités de production et des conditions du marché, choisir d'ouvrir ou de fermer l'importation de vins mis à disposition du marché extérieur. Nous reviendrons en détail sur les processus dans la partie 3.1.2.3, mais nous voulons appuyer ici le fait que les décisions prises par le marché central reposent sur une nécessité de rationalisation économique en tentant de satisfaire la demande extérieure sans dépasser la valeur du consentement à payer. La création d'un lien commercial se fait au détriment de l'agriculture locale.

Réflexe aux conditions extérieures

Dans cette modélisation, les agents sont considérés comme des entités mécaniques qui répondent à des stimulations économiques par des extensions/rétractions spatiales. Leur capacité d'action est limitée au voisinage proche des parcelles qu'ils ont déjà mises en culture.

Interactions

Les interactions entre les agents sont assumées comme étant directes du point de vue commercial. Toutefois, il s'opère également, dans certaines configurations, un ensemble d'interactions minimales indirectes dans la mesure où les agents spatialement proches

peuvent être amenés à entrer en compétition pour l'espace. Cette compétition à l'échelle individuelle a des implications à l'échelle agrégée du paysage (c.f. figure 3.1) si l'on s'intéresse à la qualité des parcelles. En effet, par le jeu des extensions/rétractions parcellaires, certaines parcelles changent « d'aire d'influence ». Autrement dit, le marché local auquel elle était rattachée a perdu ses capacités de débouché et un marché voisin lui en a gagné. Ce dernier va donc reprendre la parcelle à son compte et celle-ci restera cultivée. D'autre part, si la structure du réseau commercial est imposée entre le marché extérieur et le marché central, elle est laissée « libre » en ce qui concerne les liens secondaires sur le territoire. C'est le marché central qui va définir, selon les évolutions que va suivre le modèle, la pérennité ou non de ces liens.

Hétérogénéité

Nous avons mis en place une hétérogénéité au niveau des agents villes en distinguant la ville connectée au marché extérieur, celles qui ne sont pas connectées et celles qui le sont, mais au marché central. Le marché central effectue un certain nombre d'actions sous l'impulsion du marché extérieur, et ce, en plus des processus communs à toutes les villes. Ces tâches sont principalement liées à la gestion du réseau commercial permettant de répondre à la demande du marché extérieur.

Stochastique

Nous avons testé la stochasticité des résultats en sortie pour évaluer le nombre de réplifications du modèle à effectuer (c.f. fig. 3.3). Pour cela nous avons effectué 10 000 réplifications d'un même jeu de paramètres et effectué un tirage aléatoire des échantillons pour en constituer 10 groupes. On observe la variabilité des résultats sur 10, 20 30, 40 etc., échantillons tirés aléatoirement sans remise. On observe que pour 10 réplifications la stochasticité des échantillons risque de fausser les résultats (c.f. fig. 3.3(a)), mais elle tend à s'effacer avec 20 et 30 réplifications (c.f. fig. 3.3(c)).

Observations

Nous avons testé la sensibilité aux conditions initiales du modèle grâce au cluster de calcul de l'Université de Limoges. Le modèle a été intégré à OpenMole (REULLON, LECLAIRE *et al.* 2013), qui est un *workflow* permettant de tirer partie des environnements de calcul distribués.

Les paramètres que nous avons fait varier sont :

- le type d'évolution que va suivre la qualité à l'intérieur du modèle : croissance logistique contre croissance linéaire ;
- le type d'environnement : un espace isotopique et deux espaces anisotropiques ;
- la demande extérieure de 6000 à 8000 par pas de 1000 ;

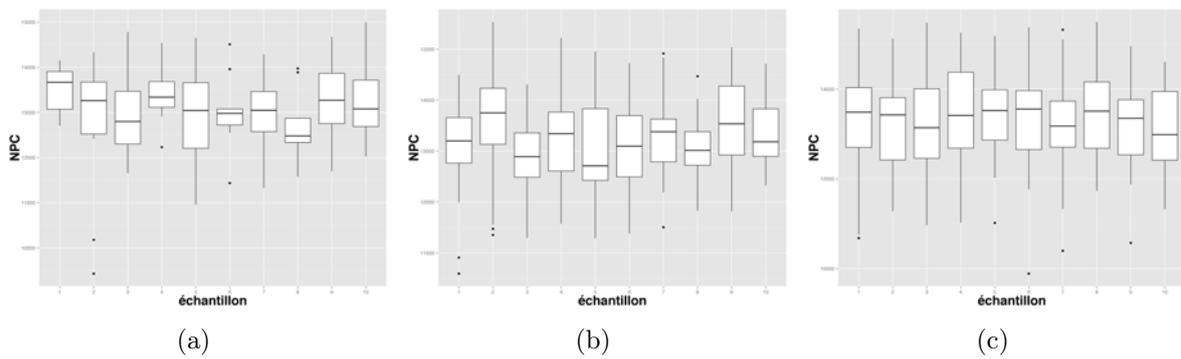


FIGURE 3.3 – Evaluation de la stochasticité des résultats du modèle en fonction du nombre de réplifications effectuées. En (a) avec 10 réplifications, (b) avec 20 réplifications, (c) avec 30 réplifications

- le consentement à payer des acheteurs extérieurs variant de 60 à 80 avec un pas de 10 ;
- le coefficient r d'évolution de la qualité (c.f équations 3.1 et 3.2 part. 3.1.2.3). Ce coefficient n'a d'influence que dans le cas de la croissance logistique (c.f. équation 3.2).

Chaque paramétrisation a été répétée 30 fois pour s'assurer de la stabilité des résultats au travers des simulations (ce qui produit plus de 60 000 simulations). Nous récupérons les résultats issus de la dernière itération du modèle. Ces résultats sont ensuite traités avec R (TEAM 2014).

En sortie nous récupérons :

- L'indice de Gini¹⁰ calculé sur les différents marchés modélisés et qui permet de savoir comment sont réparties les parcelles entre les eux ;
- L'indice de Gini calculé sur la qualité. Ici nous nous intéressons à l'équitable répartition de ce caractère entre les cellules de la grille ;
- Le nombre de parcelles cultivées en vigne dans le système ;
- Le nombre moyen de patches à travers le réseau ;
- La qualité moyenne des parcelles viticoles ;
- La qualité moyenne en montagne pour les parcelles cultivées ;
- La qualité moyenne pour les parcelles cultivées en vigne dans la plaine ;
- Les coûts de production du réseau économique ;
- La proportion de patches en montagne utilisée pour la viticulture ;
- La proportion de patches en plaine utilisée pour la viticulture.

10. L'indice de Gini donne une mesure de l'équitable répartition d'une valeur entre des individus statistiques.

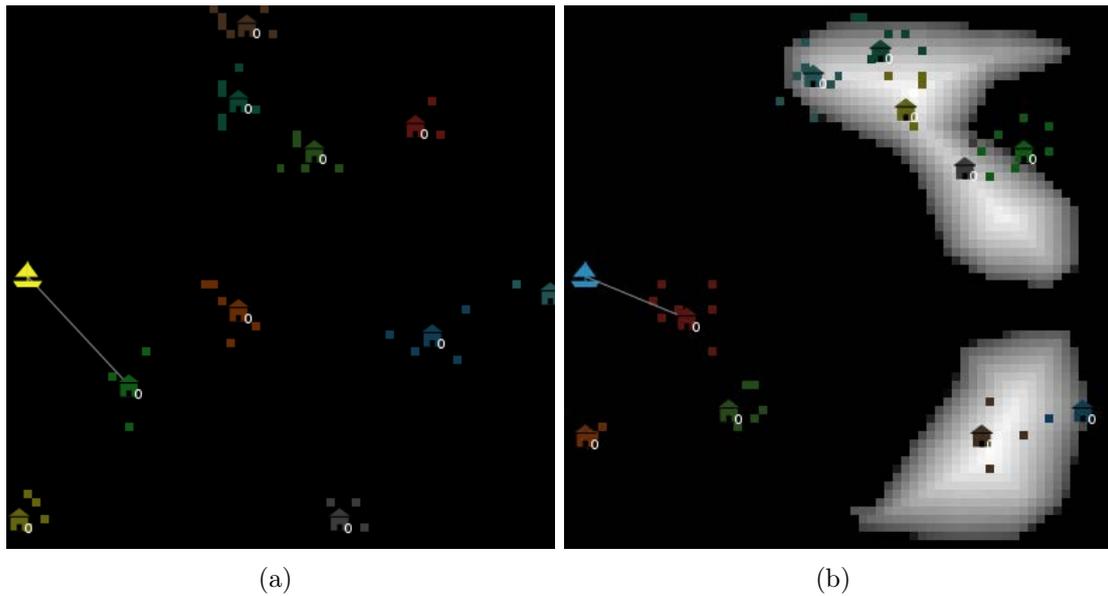


FIGURE 3.4 – Initialisation de l’espace de simulation dans deux différentes configurations. En (a) un monde de plaine (isotrope) et en (b) un piémont (anisotrope).

3.1.2.3 Détails

Initialisation

Au moment de l’initialisation, est défini le monde dans lequel les agents vont se développer. On testera des configurations pour un monde de plaine (isotrope c.f. fig. 3.4(a)) et pour un monde en piémont (anisotrope c.f. fig. 3.4(b)). Cette différence entre la plaine et les piémonts est liée à la qualité qu’on introduit (ou non) à l’initialisation. Dans le monde de plaine, la qualité est strictement la même dans toutes les directions, tandis que pour le monde de piémont, les collines commencent avec une qualité supérieure qui varie en fonction de la pente (DION 1952, p.428).

Les villes/villages sont créés et répartis de manière aléatoire sur la carte. Chaque ville est créée avec un nombre de parcelles initiales identiques. Leur répartition spatiale se fait de manière aléatoire dans un périmètre fixé a priori, et sans chevauchement des parcelles déjà attribuées à un autre agent.

On crée ensuite le marché extérieur. Celui-là est initialisé avec des coordonnées fixes. Il est demandé ensuite à ce dernier de se connecter commercialement (sous forme d’un lien) à une ville, qui sera donc la porte des flux économiques.

Si le nombre de villes/villages est fixé par l’utilisateur, il n’y aura, dans ces simulations, qu’un seul marché central.

Variables de forçage

Il n’y a pas d’entrée externe au système une fois que les simulations sont lancées.

Sous-modèles

LES SOUS-MODÈLES À L'ÉCHELLE DU MARCHÉ EXTÉRIEUR :

Organisation des voies commerciales par le marché central sur le territoire en fonction de la demande du marché extérieur : À chaque itération le marché central va calculer la capacité de production de son réseau. Cette capacité de production est la somme du nombre de parcelles de chaque ville multipliée par sept pour atteindre les proportions de vin dont fait référence le père Séchard de Balzac (*ibid.*, p.423) quand il parle des vins de qualité. Cette capacité de production permet de savoir si le système se retrouve en surproduction par rapport à la demande extérieure.

Si c'est le cas, le marché central va alors fermer l'une des voies économiques (c.f. fig. 3.5) qui le relie à l'arrière du territoire. Cette rupture d'accord commercial se fait avec la ville la plus éloignée pour réduire les coûts d'acheminement (la fermeture de la voie commerciale est visible dans les environnements 3.5(c) et 3.5(d)). Si le système ne se trouve pas en situation de surproduction, et que les coûts de production sont inférieurs au consentement à payer par le marché extérieur, alors une connexion va être mise en place entre le marché central et le marché le plus proche de lui qui n'est pas encore connecté.

Le choix de l'ouverture ou fermeture des voies économiques basé sur la distance, repose sur le principe du rasoir d'Ockham ¹¹.

Le marché central répartit la demande extérieure sur le territoire en fonction des voies commerciales ouvertes : Cette procédure fait suite à la répartition des voies commerciales, et elle permet de redistribuer la demande du marché extérieur équitablement entre les différents marchés connectés.

LES SOUS-MODÈLES À L'ÉCHELLE DES VILLES :

Mise à jour de la qualité des parcelles cultivées : C'est dans ce sous-modèle que se situe l'hypothèse majeure que soutient R.DION dans cet article. C'est-à-dire que la qualité est liée principalement à la capacité de « débit » des produits viticoles. Or, au moment de formaliser le comportement de la qualité dans le temps, nous sommes confrontés à deux possibilités :

- considérer la qualité comme une issue d'une croissance linéaire et infinie dans le temps, ce qui paraît difficilement acceptable ;
- considérer que la qualité suivrait plutôt une croissance logistique dans le temps.

Dans tous les cas nous considérons, et c'est un postulat de DION (*ibid.*, p.241), que la qualité est une fonction temporelle. Nous prenons le parti de tester deux hypothèses de

11. qui énoncera « Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem », ce qui se traduit littéralement par : "Les entités ne doivent pas être multipliées par delà ce qui est nécessaire"

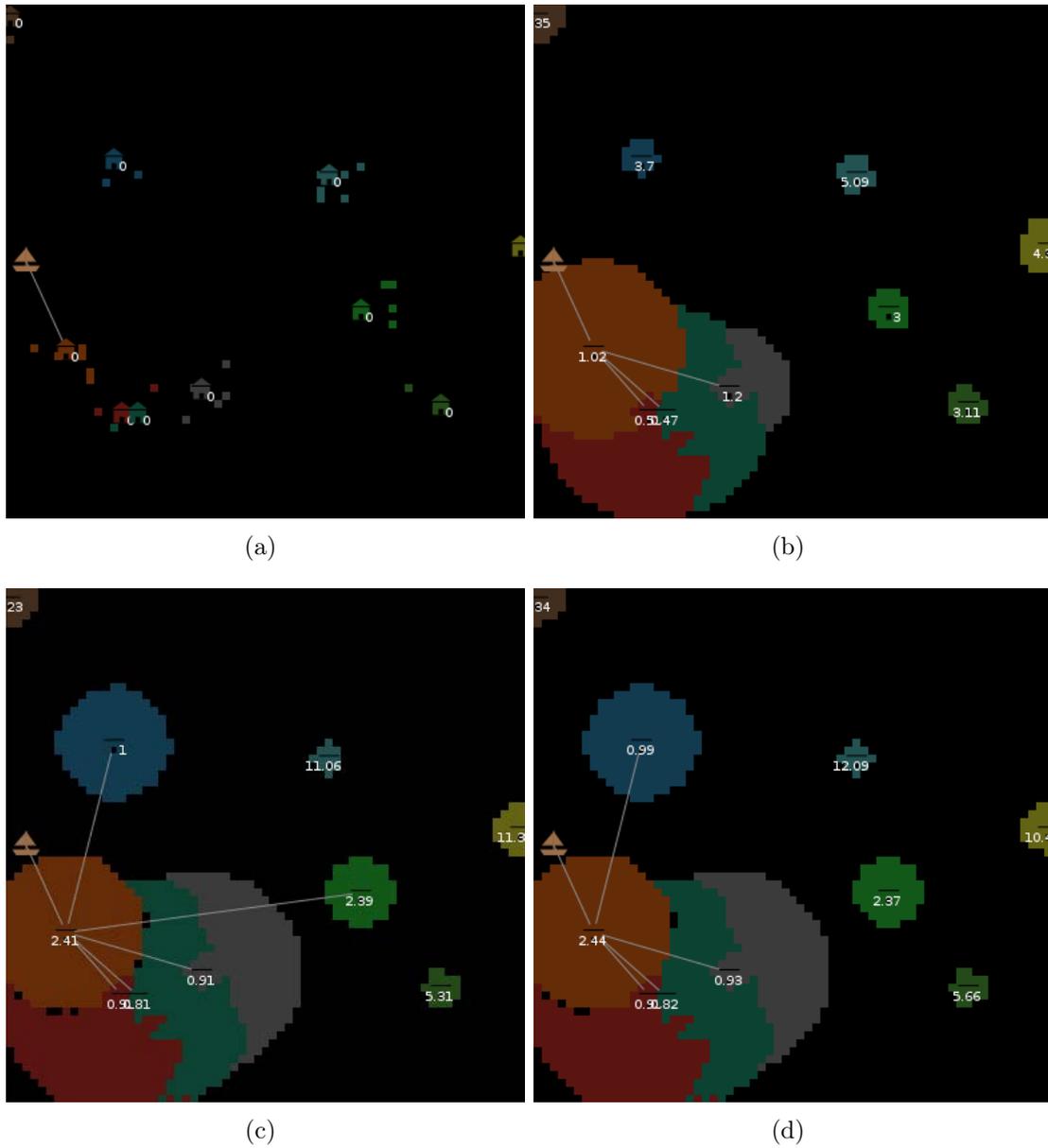


FIGURE 3.5 – Évolution des voies commerciales dans les modèles *Dion still alive* au cours du temps et pour une simulation. L'espace simulé est considéré à $t = 0$ (a), puis $t = 243$ (b) et enfin $t = 314$ (c) et $t = 315$ (d) pour un monde isotrope.

formulation dans ce sous-modèle. Ainsi nous explorerons l'évolution du modèle quand celui-ci est régi par une évolution de la qualité basée sur une croissance linéaire :

$$Q_{t+1} = Q_t + r \times Q_t \quad (3.1)$$

De même, nous étudierons le comportement du modèle quand la qualité est basée sur une croissance logistique (de Verhulst), dans laquelle la qualité atteint une limite finie.

$$Q_{t+1} = 100 \times \left(\frac{1}{1 + e^{-r \times Q_t}} \right) \quad (3.2)$$

où :

- Q_t et Q_{t+1} sont respectivement la qualité à l'instant $t + 1$ (c'est-à-dire à l'itération suivante) et la qualité à l'instant t .
- r est le coefficient de l'évolution de la qualité.

La figure 3.6 présente les dynamiques suivies par la qualité en fonction du coefficient r qui lui est appliqué. On peut noter que, dans le cadre de la croissance logistique, le coefficient a pour effet de durcir la pente de la courbe, ce qui permet aux parcelles d'atteindre plus rapidement un optimum de qualité tandis que, dans le cas d'une évolution linéaire, la pente de la droite n'est pas bouleversée par le coefficient r . Celle-ci tendant toujours vers une limite infinie.

Dispersion de l'offre et de la demande : Ce sous-modèle s'occupe de répondre à la demande par la production disponible, en orientant cette dernière vers le marché central.

Mise en culture, ou abandon de parcelles : Ce sous-modèle est inféodé à deux paramètres : la demande qui est attribuée au marché local, et le consentement à payer de la part du marché extérieur.

Si la demande est supérieure à l'offre et le consentement à payer du marché extérieur supérieur aux coûts de production, alors le marché local peut étendre son territoire viticole et implanter de la vigne sur de nouvelles parcelles (processus qu'on observe sur la figure 3.5). Dans ce cas, il va chercher les parcelles libres dans un rayon de 2 parcelles à partir de celles qu'il cultive déjà. Ce marché choisira alors parmi les parcelles sélectionnées, 5 fois de suite, une parcelle avec la qualité maximum, et la plus proche de lui.

Si la demande vient à être inférieure à l'offre, ou que le consentement à payer est inférieur aux coûts de production, le marché local se retrouve dans une situation de rétractation

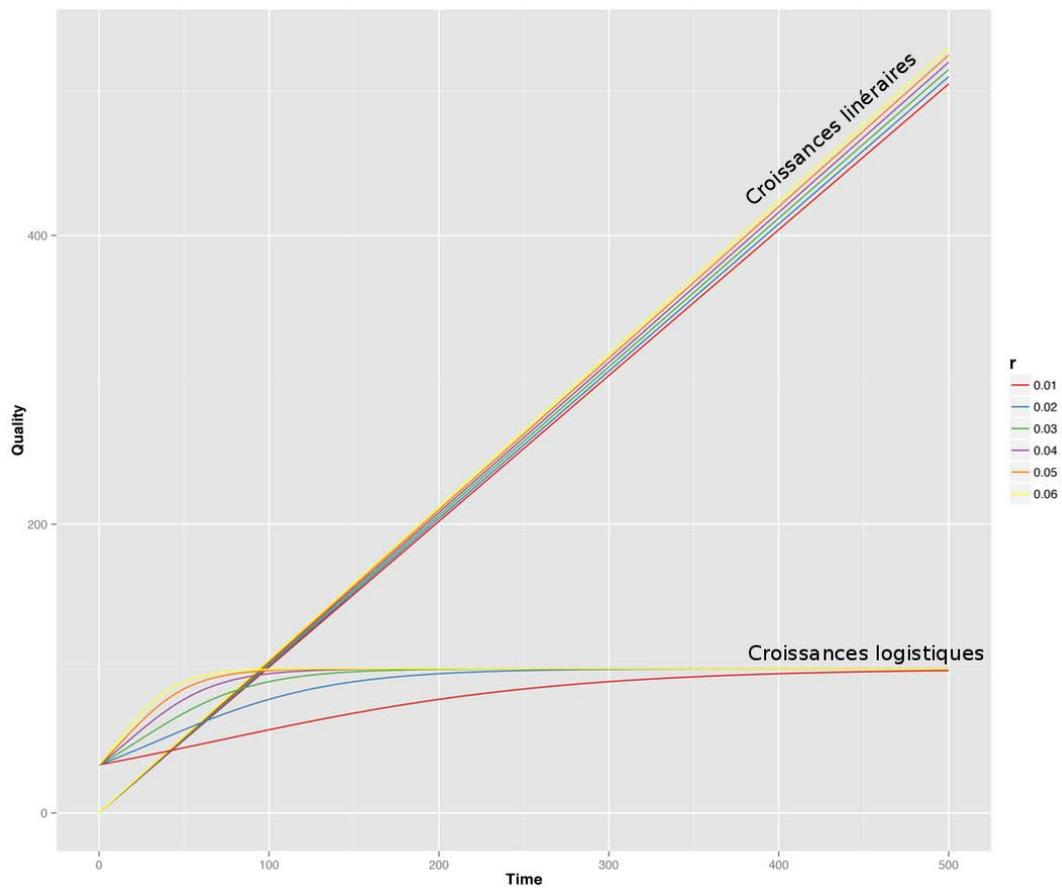


FIGURE 3.6 – Fonction d'évolution de la qualité au cours du temps en fonction de r et du type de transformation mathématique appliquée (logistique VS linéaire)

économique, il va donc chercher à abandonner des parcelles, de préférence la parcelle la plus éloignée (THÜNEN 1966).

Calcul des coûts de production : Les coûts de production sont calculés en fonction de la distance au marché local. Pour cela chaque marché va faire la somme des distances à ses parcelles. Ces coûts de production sont ensuite divisés par 200¹².

Si le système est dans une configuration de réseau, on va ajouter aux coûts de production des marchés locaux, le prix d'acheminement jusqu'au marché central.

3.1.3 Résultats

3.1.3.1 L'influence sur le territoire des variables issues des marchés extérieurs

Nous voulons évaluer les conséquences des variables extra-territoriales sur le comportement du système viticole. Nous nous plaçons dans un monde isotrope, Nous nous intéressons donc à l'évolution du nombre de parcelles viticoles dans le système, au regard de plusieurs paramètres : la demande extérieure, le consentement à payer, et les types de fonctions régissant la qualité. La figure 3.7 nous permet de comparer l'influence de ces différents paramètres.

Sur le graphique de gauche, on constate que la demande extérieure croissante entraîne une réponse du territoire en vue de satisfaire cette demande. Le nombre de parcelles cultivées en vigne est donc largement influencé par cette première variable. Le graphique central de la figure 3.7 met en regard le nombre de parcelles viticoles et le consentement à payer. On y observe une légère diminution des surfaces viticoles, surtout quand le consentement à payer est plus élevé. Mais la dispersion des résultats (très grande variance) ne rend pas cette observation pertinente, et on pourra également considérer une certaine stabilité dans les résultats.

Enfin, on peut noter, sur le graphique de droite, la faible influence du type d'évolution que va suivre la qualité sur le nombre final de parcelles. Tout au plus constate-t-on une augmentation de la variance dans le groupe de simulation avec une évolution linéaire de la qualité.

12. Ce chiffre arbitraire a été choisie lors de l'étalonnage pour produire un comportement médian. Il est lié à l'ordre des valeurs que prend le consentement à payer. Nous sommes dans un modèle *KISS* et stylisé (cadre A du graphe 2.15), ce sont donc les ordres de grandeur et les tendances qui sont importants.

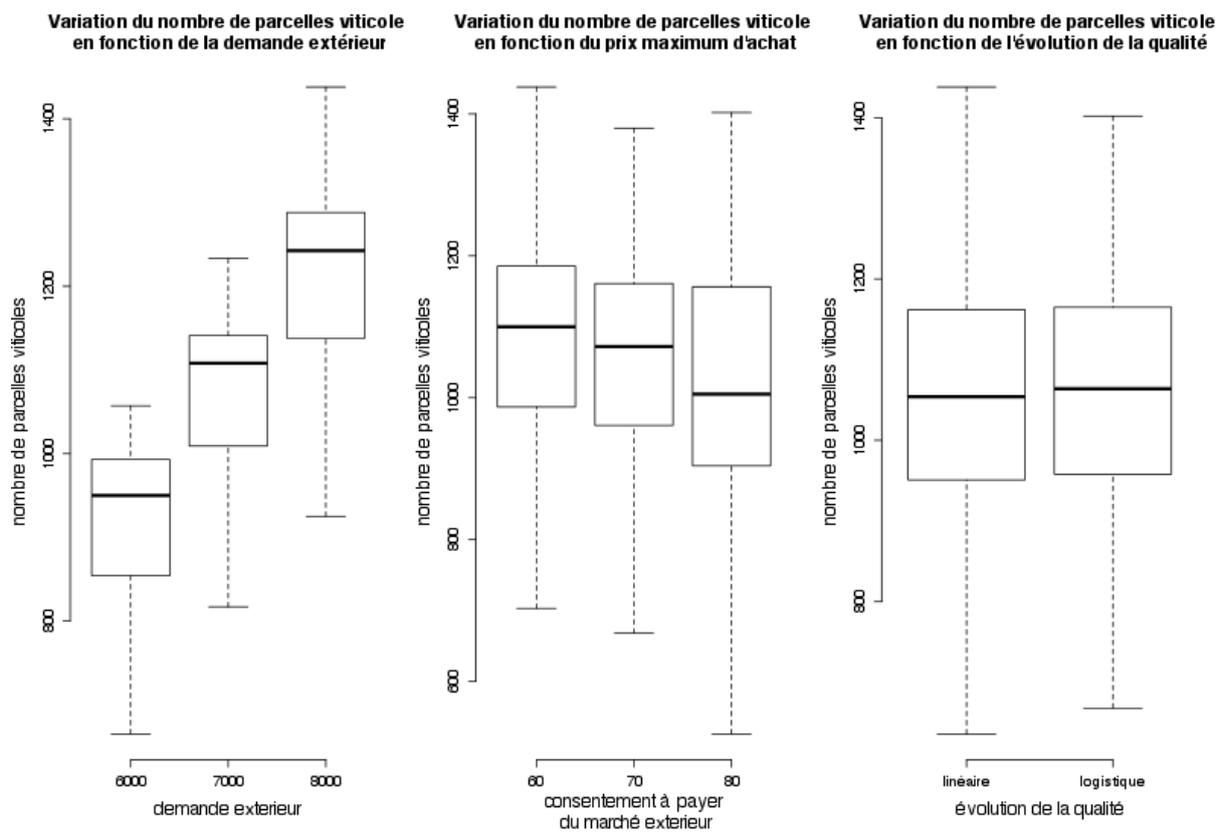


FIGURE 3.7 – Évolution de l'importance de la demande extérieure, du consentement à payer et du comportement de la qualité sur le nombre de parcelles viticoles après 500 itérations

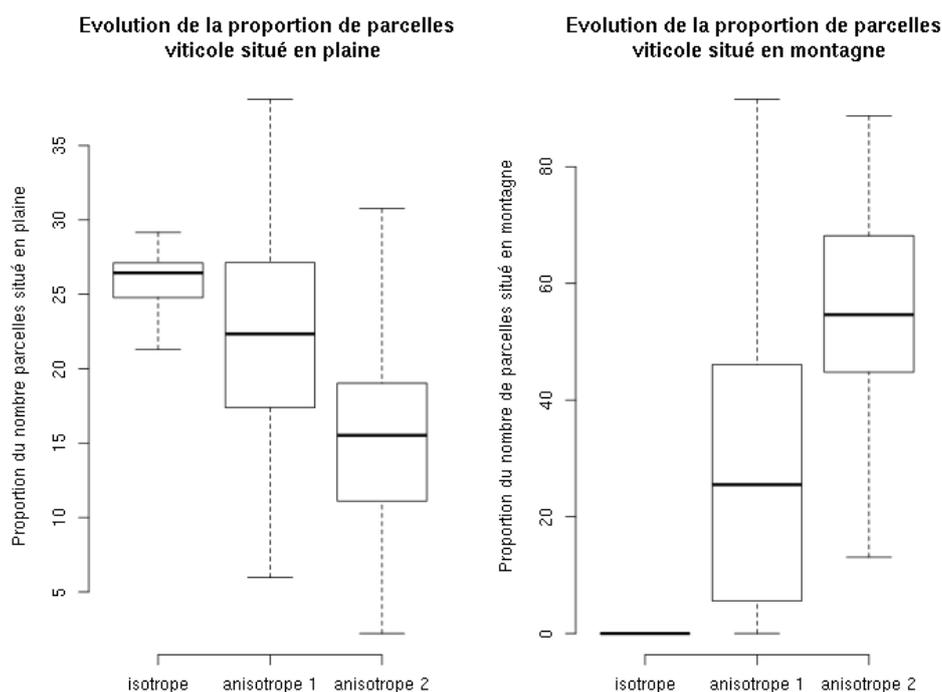


FIGURE 3.8 – Importance de l’environnement dans la structuration spatiale du territoire viticole après 500 itérations

3.1.3.2 L’influence de l’espace et la place de la montagne dans la structuration du vignoble de qualité

La figure 3.8 met en lumière la proportion de parcelles viticoles, alternativement en plaine (graphique de gauche) et en montagne (graphique de droite), par rapport aux parcelles de la catégorie.

Il faut noter que les grandeurs sont calculées pour chaque catégorie de parcelles. Dans le monde isotropique, la proportion de parcelles viticoles est calculée sur la surface totale de l’environnement simulé, tandis que dans les deux autres mondes, les surfaces viticoles de chaque catégorie sont calculées sur les surfaces totales de chaque type de parcelle. Dans ces conditions, il n’est pas étonnant que la variation intergroupe entre le monde isotrope et les mondes anisotropes soit si faible.

De manière générale, on observe que les surfaces viticoles prennent très rapidement pied dans la montagne à partir du moment où celle-ci entre dans la simulation. Cette proportion de viticulture occupant des parcelles de montagne augmente encore lorsque l’on initialise l’environnement avec des zones orographiques proches du marché extérieur (monde anisotrope n°2).

Dans la figure 3.9, nous nous intéressons à l’évolution de la qualité au regard des diffé-

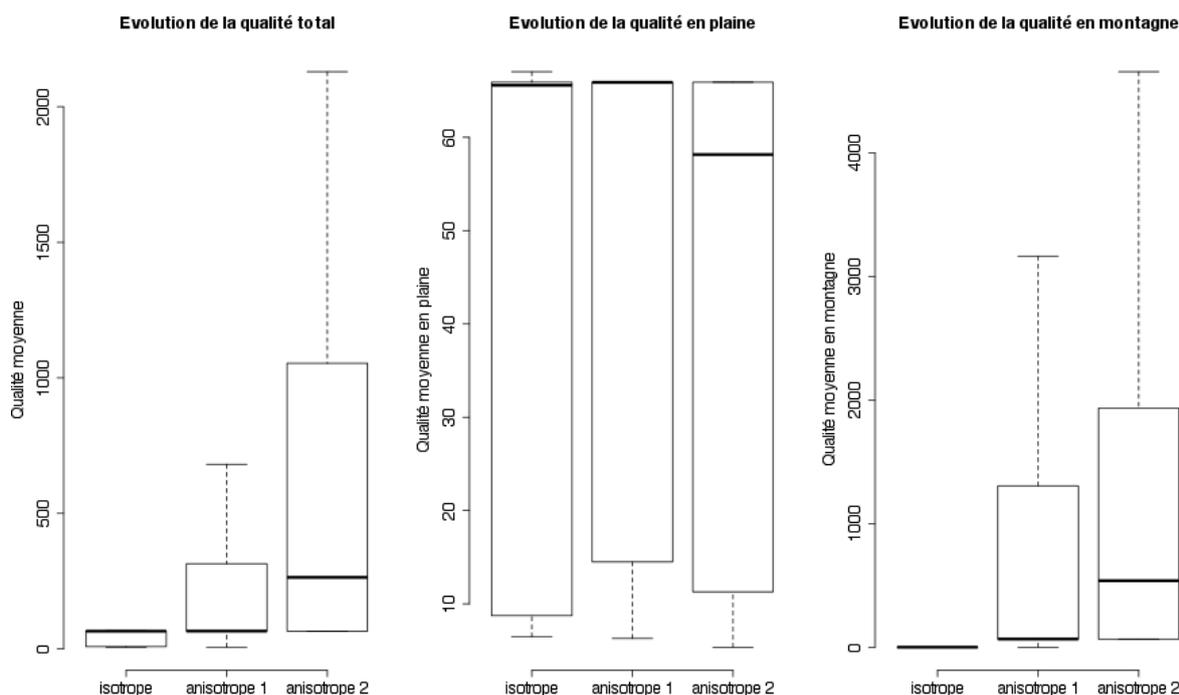


FIGURE 3.9 – Évolution de la qualité des parcelles viticoles en fonction de l’environnement après 500 itérations

rents mondes. Sur chaque graphique nous retrouvons en abscisse la configuration spatiale, et en ordonnée tour à tour la qualité moyenne totale, la qualité moyenne en montagne et la qualité moyenne en plaine. Dans la mesure où le marché extérieur est invariablement initialisé à la même place (c.f. figure 3.2), la configuration spatiale et plus particulièrement la place de l’orographie joue un rôle important.

On constate sur le graphique de gauche de la figure 3.9 que si les simulations sont initialisées avec les zones de montagnes proches du marché principal (monde anisotrope n°2), et donc proches des potentiels débouchés, la qualité est très largement supérieure aux deux autres simulations. On retrouve exactement ces mêmes tendances dans le graphique de droite. Celui du centre, qui nous permet de visualiser le comportement de la qualité moyenne en plaine, laisse paraître de très petites différences entre la moyenne des valeurs de qualité dans une configuration isotrope et anisotrope, ce qui est lié là encore à la distance/proximité des montagnes dans la simulation.

3.1.3.3 Entre évolution logistique et linéaire de la qualité

Si R.DION s’est énormément intéressé à la notion de qualité dans son article, nous avons cherché à en formaliser les contours pour prendre conscience de ce que sa représentation implique socialement et spatialement. Dans ce modèle, deux constructions évolutives de

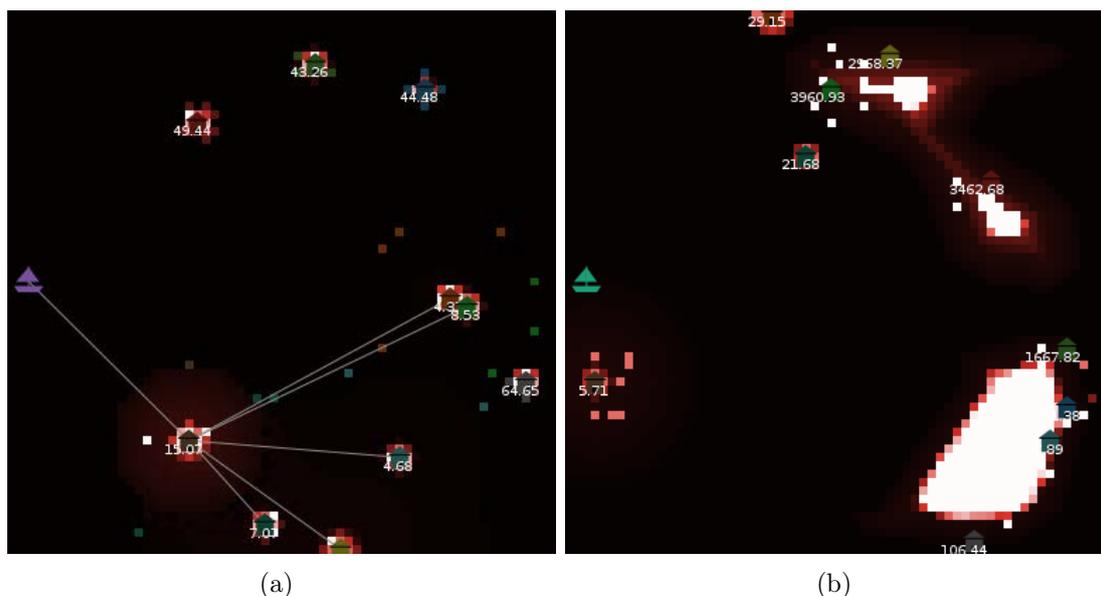


FIGURE 3.10 – L'évolution de la qualité dans les espaces simulés : dans une configuration isotrope (a), puis anisotrope (b). On observe un gradient de qualité (du rouge sombre pour les basses qualités au blanc pour les hautes qualités), et nous distinguons à l'intérieur des zones identifiées comme qualitatives, des petites zones encore plus qualitatives que leurs voisines.

la qualité sont confrontées i) une conception linéaire et ii) une conception logistique de l'évolution de la qualité. La figure 3.11 représente les valeurs que prend la qualité moyenne (à l'échelle du système) quand nous fixons l'environnement (anisotrope n°1), la demande, et les variables liées au marché extérieur.

On constate qu'en condition linéaire, la qualité peut prendre des valeurs bien plus élevées que lorsque le système est confronté à une qualité logistique (ce que laissait largement présager la figure 3.6).

Mais la différence qu'indique ce changement de paradigme se joue davantage d'un point de vue spatial et micro géographique. En effet, la confrontation des deux types de constructions spatiales explicités sur la figure 3.12 met en évidence un mécanisme proche de théories issues de la biologie évolutive, en particulier de l'hypothèse de la « reine rouge » (VAN VALEN 1977). Cette hypothèse consiste à définir l'évolution comme un phénomène nécessairement permanent pour rester compétitif dans les mécanismes de coévolution. Dans cette filiation et en s'appuyant par exemple sur les grands vignobles français comme celui du Bordelais, on comprend la nécessité d'invoquer une évolution de la qualité linéaire plutôt que logistique pour expliquer leur permanence dans le temps au sein d'une même appellation, de zone hyperqualitative au sein des zones déjà connues et reconnu comme qualitative (c.f. fig. 3.10). La qualité serait alors une fonction émergente du temps.

La notion d'émergence est l'une des notions les plus importantes issues des théories de

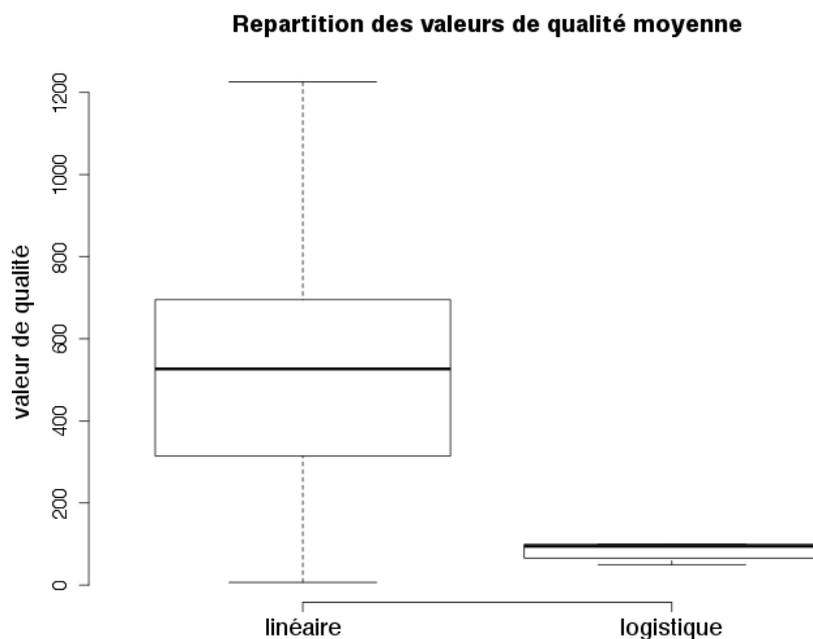


FIGURE 3.11 – Répartition des valeurs de qualité en fonction du type de comportement mathématique (linéaire ou logistique)

la complexité, sur lesquelles s'appuient largement les travaux recourant à la simulation. L'émergence se produit quand des interactions à un certain niveau d'organisation produisent des effets différents quand on les observe à des niveaux différents (N. GILBERT et TROITZSCH 2005). Autrement dit, un phénomène est dit émergent quand son observation n'est pas déductible du comportement individuel des agents qui entrent en jeu dans sa composition.

En condition d'évolution linéaire de la qualité (vignette (a) et (b)), on remarque de grands sauts qualitatifs symbolisés par les cellules blanches situées dans des zones de plus basse qualité. Cette structuration spatiale ne se retrouve pas dans les simulations en condition d'évolution logistique de la qualité (fig. 3.12 vignette (c) et (d)).

3.1.4 Discussion

Les premiers résultats présentés figure 3.7 permettent d'identifier une très nette variance inter-groupe sur le nombre de parcelles viticoles, liée aux transformations du marché extérieur, tandis que des modifications du consentement à payer ou du type d'évolution que peut suivre la qualité ne produisent pas de phénomènes aussi remarquables sur les surfaces cultivées. On retrouve donc ici les considérations introductives de R.DION qui s'appuyant sur O. DE SERRE considère la prépondérance du facteur économique lié au

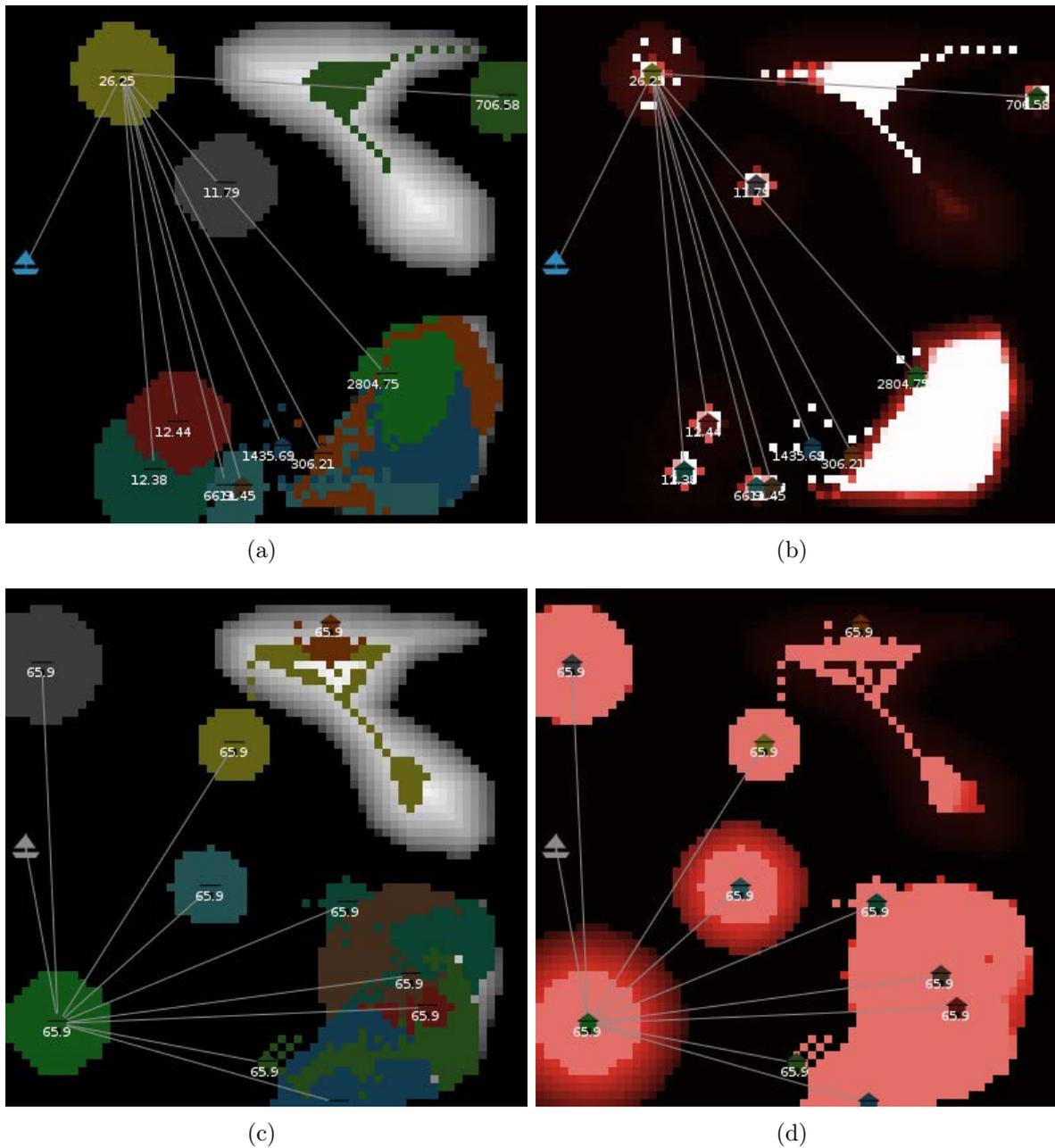


FIGURE 3.12 – Structuration spatiale du territoire viticole et de la qualité sous-jacente des parcelles. Les deux images supérieures mettent en scène une qualité linéaire. L'image (a) représente l'emprise viticole au bout de 500 itérations, tandis que l'image (b) représente la structuration de la qualité au même instant. De la même manière, les images (c) et (d) représentent une configuration dans un modèle logistique.

marché sur les autres facteurs entrant en jeu dans les logiques d'extension du vignoble. Dynamiques familières s'il en est à proximité des zones portuaires ou lors de l'ouverture du réseau ferré (MOLLEVI BORTOLO 2012). On pourra citer comme exemple les retombées sur tout l'arrière-pays aquitain de la demande en vin faite à Bordeaux sous l'impulsion des Anglais.

En considérant l'espace (fig. 3.8 et 3.9), nous questionnons les implications des dissimilarités locales des variables environnementales sur l'organisation du monde. La recherche de qualité est un comportement implémenté au niveau des agents. Ils sont donc tous confrontés à des prises de décisions au moment de la mise en culture d'une nouvelle parcelle. On constate donc sans surprise que les configurations spatiales dans lesquelles de l'hétérogénéité est intégrée conduisent les agents à utiliser ces variations (fig. 3.8). Cela implique une nette augmentation des valeurs de la qualité sur les parcelles (fig. 3.9). Les agents effectuant leur choix en fonction de la qualité et de la distance (c.f. part. sous-modèles), la proximité de la montagne (boxplot de droite fig. 3.8) confère aux résultats des simulations effectuées dans ces conditions une net avance en terme de qualité qui est visible sur les graphes de la figure 3.9. Si le contexte économique des agents est important, ceux si profite évidemment des spécificités locales pour prospérer.

L'idée selon laquelle, la qualité, serait fonction du temps, s'inscrit dans une tradition d'économie géographique autour des systèmes productifs locaux. Cette émergence d'un phénomène de type « district local » met en évidence un mécanisme intéressant : l'effet quantité se traduit par un effet qualité. Avec le temps, des savoir-faire se diffusent dans le milieu (BECATTINI 1979). Les travaux sur le sujet portant notamment sur les AOC, mettent en évidence l'importance du contexte sociale dans la construction de l'image de la qualité liée à un espace (TORRE 2000 ; TORRE 2006 ; HINNEWINKEL 2007).

Ainsi il est raisonnable de faire l'hypothèse que, dans le cas d'une concentration d'acteurs d'un même secteur telle que ce à quoi aboutit le modèle, ces connaissances issues de l'expérience ainsi que ces relations formelles et informelles se développent avec le temps et contribuent à une amélioration générale de la qualité construite et perçu par les consommateurs. La question du type de relation qu'entretiennent les valeurs de la qualité à travers le temps n'en est pas pour autant définie. La différence significative qui existe entre l'évolution des valeurs de qualité (fig. 3.11) suivant les types de relation que nous avons envisagés nous permet de confronter deux conceptions. La croissance logistique envisage la qualité comme une ressource qui peut atteindre une valeur finie, tandis que la croissance linéaire, elle, la considère comme évolutive dans le temps. S'opposent alors deux conceptions sur le temps long de la notion de qualité : l'une est évolutionniste et l'autre déterministe.

Si l'on considère l'effet spatial de ces deux conceptions (fig. 3.12) on constate que les formes produites de la qualité sont radicalement différentes. La confrontation des deux

types de formes produites nous permet de distinguer la forme conceptuelle telle qu'elle est construite par les sociétés. En effet, les vignettes (a) et (b) de la figure 3.12 qui proposent une évolution de la qualité de type linéaire permettent de retrouver des zones hyper-qualitatives. En comparant cette situation aux vignettes (c) et (d), on constate bien la différence des formes spatiales de qualité. Dans cette seconde série, les zones blanches (fig. 3.12(b)) ont disparu, gommées par la limite supérieure de qualité. Cette dernière tendra à s'uniformiser dans le temps.

On peut noter enfin, sur les vignettes (a) et (b) de la figure 3.12, un phénomène d'émergence déjà observé par R.DION avec la mise en place d'un second zonage issu de l'entretien historique accentué sur ces parcelles. Les parcelles les plus vieilles acquièrent une avance qualitative (plus claire) par rapport à celles qui s'ouvrent plus tardivement. L'apparition de ces zones est ici un phénomène émergent (N. GILBERT et TROITZSCH 2005 ; N. GILBERT 1995a) à l'échelle du paysage : le positionnement spatial de ces parcelles, très bien identifié d'un point de vue qualitatif, n'est pas déductible des caractéristiques initiales de la parcelle. Tandis-que le développement des aires de production s'explique par l'ouverture initiale d'une voie commerciale et que les différences de qualité entre aires de production peuvent découler de la localisation des côteaux, la grande qualité des vins des parcelles identifiées dans la figure 3.12 dépend quand à elle assez peu des caractéristiques initiales de celles-ci.

A chaque itération, une parcelle peut être maintenue en culture ou abandonnée pour des raisons liées à sa proximité au négociant voire même par hasard (lorsqu'elle est en concurrence avec une autre parcelle de qualité et de distance égales). Mais une fois que l'ancienneté lui permet d'acquérir une qualité supérieure, elle est moins souvent abandonnée, de sorte que sa qualité augmente plus régulièrement. Ce second zonage doit être comparé à l'identification des crus dans le Bordelais ou des clos en Bourgogne. Ces zones sont identifiées comme très qualitatives par rapport à leur entourage : parcelles historiquement cultivées et ayant profité de générations de cultivateurs attentionnés.

En interprétant la construction spatiale de ces zones hyper-qualitatives comme un phénomène émergent, nous poursuivons l'affinement, initié plus haut, de la hiérarchisation et de l'ordonnancement des processus géographiques (processus physiques *versus* processus commerciaux). La géographie commerciale pour ce qui en est des productions territorialisées (GUMUCHIAN et PECQUEUR 2007) n'a pas seulement un impact macro, mais également un impact micro, quoique secondaire par rapport à la géographie physique : si une parcelle est maintenue durablement en culture en raison de sa proximité (faibles coûts de transport) et de sa qualité progressive liée à l'ancienneté, elle peut acquérir une qualité supérieure quelles que soient les conditions pédoclimatiques initiales. Enfin au-delà de leurs trajectoires individuelles, on peut imaginer que ces parcelles ont une fonction méso-économique stimulant la vente des parcelles voisines par effet de proxi-

mité, et ainsi à l'échelle des marchés locaux reconstituer la hiérarchie dans les appellations.

Conclusion

La simulation réalisée permet de donner du crédit au réordonnement qu'effectue *R.Dion* en replaçant à leur échelle l'importance des phénomènes en jeu dans la construction de la qualité du vin. Si le rôle du sol et du climat ne sont pas remis en cause localement, l'importance de la géographie commerciale a une très grande implication à l'échelle régionale (PITTE 2010). Cette modélisation permet de comprendre la cohabitation spatiale de vins de diverses qualités. Le processus de mise en place des appellations d'origine contrôlées a été une mesure de ségrégation spatiale, distinguant des vignobles de qualité vis-à-vis de leurs voisins, à une période de surproduction qui rendait la différenciation qualitative nécessaire.

La conception de la viticulture de qualité attribuée aux modernes, mettant l'accent sur la combinaison du cépage, du sol et du climat, n'est pas ici à mettre de côté. Comme dans l'article original, elle doit en effet co-exister à l'échelle locale avec l'approche attribuée aux Anciens mettant l'accent sur les voies commerciales dans les variables agissant sur la qualité à une échelle plus large. Notre approche de modélisation retrouve ce résultat où la géographie commerciale joue sur la géographie du vin à l'échelle macro des principales aires de production, tandis que la géographie physique joue sur la géographie du vin à l'échelle micro des différences de qualité dans une même aire de production. Elle encourage donc à garder à l'esprit toute l'actualité de la pensée de R.Dion dans la construction historique de la qualité des vins.

Par ailleurs, l'approche de modélisation et de simulation que nous avons entreprise offre la possibilité de pousser plus loin les questionnements et les hypothèses avancées par DION (1952). En effet, s'il opposait les vins bourgeois aux vins paysans DION n'avaient pas été confrontés aux questionnements sur les types de formalismes que pouvait prendre la qualité. Nos résultats, s'ils ne permettent pas de trancher la question du type de formalisme le plus a même de représenter la qualité sur le temps long, nous permettent néanmoins de rejeter l'hypothèse d'une qualité bornée (guidé par une croissance logistique). Autrement dit, on considérera l'évolution de la qualité comme le résultat d'une longue construction dans la ligner de l'histoire continue de FOUCAULT (2008).

La justification de la qualité des vins *a posteriori*, grâce aux terroirs (c.f. chap. 1) est sans doute une construction intellectuelle partiellement fautive. Elle revient à mettre en place un processus d'auto-justification / auto-validation (WATZLAWICK 1984, p.58). Il faut donc garder à l'esprit que ce quasi-déterminisme de la définition des zones de production de vin de qualité est bien en partie une construction sociale. Dire qu'une

région a toujours produit des vins de qualité grâce à un contexte pédoclimatique particulièrement propice, revient à tracer une cible une fois que l'archer a tiré sa flèche. Et à DION (1952, p.431) de nous mettre en garde : « Le spectacle de la création d'un vignoble de qualité en terrain neuf est devenu chez nous, depuis longtemps déjà, chose si rare, que nos contemporains ne se représentent plus ce qu'il faut de labeur et d'ingéniosité, en pareille entreprise, pour contraindre la nature à donner ce que jamais, d'elle-même, elle n'eût offert à l'homme ».

Notre modèle permet donc, grâce au travail de formalisation de la pensée de R. DION, de comprendre l'ordonnement de principaux des facteurs jouant sur la qualité des vins en essayant de réconcilier la vision des « anciens » et des « modernes ». Les résultats présentés ici mobilisent des interactions locales à petite échelle et montrent que les zones de pentes, plus qualitatives pour la vigne, sont préférées si tant est qu'elles soient accessibles aux agents.

Il ouvre également des voies de réflexions quant à notre conception de l'évolution de la qualité sur le temps long. Si R.DION ne fait aucune mention au terme de terroir en tant que facteur déterminant de la pensée qualitative et des mesures de discrimination spatiale qui en découlent, c'est probablement qu'il n'a pas eu besoin de recourir à une échelle spatiale aussi petite pour comprendre les dynamiques viticoles à l'échelle de la France. Il n'en demeure pas moins que sa pensée a largement structuré la géographie viticole actuelle.

Mais elle fait aussi émerger d'autres questions, sur le plan spatial mais aussi sur le plan d'un formalisme économique. En effet est-ce que l'hétérogénéité spatiale est plus facilement prise en compte à une échelle plus petite ? Est-ce que localement les agents villes/villages peuvent entrer en compétition pour la ressource espace ? Est-ce que le type de formalisme économique qui s'applique sur les productions joue un rôle sur les structures spatiales de production ? Ce sont à ces questions que nous allons tenter de répondre maintenant.

3.2 Le modèle VIcTOr : Paysage computationnel, viticulture virtuelle. Histoire d'émergence spatiale.

— Le modèle *VIcTOr* —

Échelle spatiale : modèle pensé à mezo échelle (quelques communes)

Agents : sont mobilisés dans ce modèle, une grille de cellules, un réseau de villes / villages, et un marché extérieur au territoire

Question(s) :

- Quelle est l'importance de l'hétérogénéité spatiale et comment les agents arrivent à s'en servir ou la surmonter ?
- Quelle influence peut avoir la compétition entre deux type de production sur la structuration de l'espace ?
- Quelle est la place du marché économique dans la structuration du territoire agricole/vitivinicole et comment affecte-t-il la compétition entre les cultures ?

Nous avons montré dans la partie précédente (c.f. 3.1) toute l'actualité de la pensée de R.DION dans la compréhension des dynamiques spatiales, mais aussi les retombées qu'elle implique sur la conception que nous avons du concept de qualité viticole à grande échelle. Le modèle que nous explorons ici hérite donc des conceptions issues du modèle précédent, on accepte donc ici l'importance du marché comme facteur structurant des territoires à grande échelle. On essayera ici d'interroger l'espace à une échelle plus restreinte en convoquant des structures sociales décrites de manière plus descriptives. Ce travail nous fera prendre en compte un nombre plus important de concepts sur l'ontologie terroir - territoire formalisés dans le chapitre 1 (c.f. fig. 1.4). L'objectif est de souligner la pertinence de l'alignement de notre ontologie, mais aussi d'explorer une palette plus large de facteurs susceptibles d'influencer les dynamiques locales sans pour autant revisiter l'intégralité des mécanismes déjà validés.

Introduction

Les paysages viticoles sont hautement emblématiques de la capacité d'adaptation des sociétés qui les ont construits. Ils sont le reflet pluriel de leur appropriation de l'espace et du temps. À ce titre, ils accèdent à de très hauts niveaux de reconnaissance patrimoniale (aujourd'hui 10 paysages de vignoble sont inscrits au patrimoine mondial de l'UNESCO). Les productions viticoles font l'objet d'une grande fascination et polarisent beaucoup d'attention. D'une part l'attention des consommateurs, car la mise en concurrence sur le marché des producteurs et des régions viticoles tend à favoriser l'usage de leviers marketing pour encourager la consommation d'un produit plutôt qu'un autre, mettant ainsi

en compétition les producteurs, mais aussi les régions. D'autre part, du point de vue des institutions qui sont appelées à protéger ou conserver des paysages et des filières pour maintenir une activité économique sur leurs territoires. Enfin, du point de vue de la recherche où, selon les disciplines, le milieu scientifique va se focaliser sur une partie des innombrables questionnements que soulèvent les systèmes viticoles.

De quelque manière que ce soit, ces interrogations impliquent toujours l'espace et les territoires. Cet espace, qui pour R. BRUNET est « fait de l'ensemble des populations, de leurs oeuvres, de leurs relations localisées » (BERQUE 2005 ; BRUNET et DOLLFUS 1990), peut être étudié sous l'angle du *terroir* quand on s'intéresse aux questions viticoles. Le terroir, pour les géographes français, est « avant tout une portion de territoire, un taxon, homogène à tous les points de vue, naturels et socio-économiques » (ROUVELLAC 2005). On retrouve dans cette définition des notions développées par C. BERTRAND et G. BERTRAND (2002) s'intéressant au lien entre géosystème¹³, territoire¹⁴ et paysage¹⁵.

Nous considérerons le paysage comme la structure de la couverture du sol que nous percevons par l'intermédiaire de la simulation. Ce paysage ne doit pas être considéré comme une composante du terroir, mais comme une résultante, car il est l'émergence issue de l'agrégation des interactions sociales et environnementale projetée au sol (AURIAC 2000 ; E. DELAY 2013) et qui forme le territoire. Il est ici le point d'entrée dans la compréhension des mécanismes en jeu dans le système.

L'objet de notre réflexion est d'explorer sur le temps long les conséquences pour le territoire du basculement d'une viticulture de subsistance à une viticulture d'exportation au moyen de simulations informatiques distribuées¹⁶. Pour cela, nous allons soumettre un territoire virtuel à différentes contraintes en vue d'identifier les forces évolutives qui ont des effets sur le maintien, l'extension ou la disparition des formes spatiales que peut prendre la viticulture, quand celle-ci est en concurrence directe avec un autre type d'agriculture.

En travaillant sur un monde virtuel, nous proposons de nous abstraire des spécificités spatiales et des problématiques liées aux particularismes locaux, tout en conservant la notion importante d'espace. En opérant par simplification, et dans une démarche tant constructiviste (ANDERSON *et al.* 1999 ; BOMMEL 2009) que structuraliste (THOM 1989), notre objectif est de petit à petit déterminer et comprendre (THOM 2009) les variables qui

13. Le géosystème que l'on peut identifier sur la figure 3.14 est en prise directe avec les concepts des sciences naturelles. Il recouvre la notion de "landuse" anglo-saxonne, et prend en compte les masses, les volumes, les fonctionnements bio-physico-chimiques. Il introduit la dimension géographique dans les études environnementales (G. BERTRAND et C. BERTRAND 1995).

14. Le territoire est à prendre ici comme interface entre le géosystème et les activités socio-économiques situées. C'est le lieu où se déroulent les actions et la vie des sociétés humaines (GENTELLE 1995).

15. Le paysage est une notion qui permet d'accéder aux questions de représentations des objets localisés. Nous nous intéresserons ici plus particulièrement au paysage comme résultat de formes perçues (BERQUE 1995).

16. au sens d'intelligence artificielle distribuée (FERBER 1995, p.1).

entrent en considération dans la structuration, l'agencement et l'émergence de structures à l'échelle des paysages virtuels que nous simulons. Par la mobilisation de ces concepts nous voulons utiliser le paysage, en temps qu'espace perçu, comme indicateur de territorialisation ou reterritorialisation du terroir.

Ce travail a pris la forme d'une co-construction de modélisation entre Samuel Leturcq (LAT¹⁷), Xavier Rodier (LAT) et moi même. Il a été l'occasion de confronter les différentes réalités qui sous-tendent les territoires viticoles dans des contextes de recherche différents et à des échelles de temps très contrastées. Ce travail est la première étape dans un processus de réflexion plus large sur la viticulture et la construction de la qualité. Par ailleurs il a servi de « validation de principe¹⁸ » au projet VITITERROIR¹⁹.

3.2.1 Contexte de la modélisation

L'implication de l'espace en interaction avec la société dans le contexte d'une production viticole s'inscrit dans une représentation partagée dans les différentes disciplines qui s'intéressent à la vigne et au vin. Elle considère la vigne comme une culture peuplante (HANNIN, BRUGIÈRE *et al.* 2010). En ce qu'elle nécessite une main d'œuvre abondante pour certaines tâches, ce qui la rend difficilement délocalisable et ce d'autant plus qu'elle bénéficie de reconnaissance de qualité territorialisé (AOC, IGP, DOC, etc.).

Pourtant la viticulture a évolué sur le temps long : colonisant certaines terres quand les conditions économiques lui étaient favorables ou les délaissant en temps de crise²⁰. En s'inspirant des travaux de DION (1952), nous avons pu montrer que le contexte économique et commerciale jouait un rôle dans l'émergence de vignoble et dans la structuration sociale de la qualité (E. DELAY, CHEVALLIER *et al.* 2014 ; E. DELAY et CHEVALLIER 2015).

Mais d'après AURIAC (2000, p.9) dans une approche systémique du vignoble « le problème le plus délicat pourrait provenir de l'interférence de plusieurs sous-systèmes collatéraux intégrant le même espace selon plusieurs types de cultures ou de spéculations agricoles ». C'est à ce questionnement que nous nous sommes intéressés en considérant le vignoble-système et en le confrontant à une agriculture vivrière de type céréalière. Ces deux systèmes, guidés par les communautés villageoises, entrent en compétition spatiale et économique en fonction des conditions micros et macros du système.

17. Laboratoire Archéologie et Territoires de l'UMR CITERES à Tours.

18. *Proof of concept* pour les anglais.

19. Le projet VITITERROIR a pour ambition de poser les bases d'une analyse dynamique des vignobles en région Centre dans le temps long. Il a débuté en 2014, piloté par S. LETRURCQ et A. LAMMOGLIA, et propose une approche pluridisciplinaire à laquelle GEOLAB est partie prenante.

20. Ces expansions et contractions du vignoble ont donné lieu à la définition par KUHNHOLTZ-LORDAT (1960) des noyaux d'élite qui s'expriment comme un amenuisement centrifuge de la qualité.

3.2.2 Matériels et Méthodes : ODD

Pour explorer les dynamiques paysagères et la construction territoriale, nous avons développé sur Netlogo (WILENSKY 1999) un modèle multi-agents intitulé VICTOR (VIticulture Consommation TOuRaine) qui modélise un espace abstrait à l'échelle communale. Il est construit dans une démarche constructiviste. Nous proposons ici une description du modèle suivant le formalisme du protocole ODD (GRIMM, U. BERGER, BASTIANSEN *et al.* 2006 ; GRIMM, U. BERGER, DEANGELIS *et al.* 2010 ; RAILSBACK et GRIMM 2011).

3.2.2.1 Développement du modèle

objectifs

L'objectif du modèle VICTORv2.0.X est d'explorer les dynamiques paysagères liées à la compétition entre la viticulture et une autre forme d'agriculture.

En postulant après HINNEWINKEL (2004) que le terroir viticole de qualité est constitué d'un triptyque "rente – organisation – terroir", nous proposons d'envisager différents paramètres (sociaux, économiques ou spatiaux) qui influencent la stabilité du territoire et donc la potentielle émergence de "production de qualité"²¹. Dans ce travail, la notion de qualité ne sera pas véritablement abordée (la qualité étant une notion complexe nécessitant une analyse de l'évolution culturelle, ce qui nous éloignerait de notre propos), mais elle reste sous-jacente dans le discours, comme une représentation sur laquelle nous extrapolerons dans la partie Discussion.

Nous voulons ainsi isoler des trajectoires territoriales et paysagères pour entrevoir certaines facettes de la construction du terroir et des comportements génériques qui les engendrent.

Entités, variables, et échelle

Les entités : En nous intéressant aux dynamiques spatiales sur le temps long, nous avons construit le modèle autour d'agents habités (villages, hameaux), appelés "localités". Les communautés villageoises sont donc considérées dans leur ensemble. C'est la localité qui va opérer les choix individuels. Cette simplification nous permet de faciliter les interactions d'un point de vue simulateur, tout en conservant un réalisme spatial.

Nous avons défini une hiérarchie initiale entre les localités. Nous opérons donc une différenciation entre le village principal et les hameaux, lesquels sont considérés comme une entité satellite. C'est la population initiale définie lors de l'initialisation qui distingue ces deux types d'entités. Chaque agent va donc être constitué d'habitants qui cultivent la terre. Les orientations de culture sont prises par l'agent chaque année, ce qui conduit à des

21. En considérant grâce aux résultats du modèle *Dion still alive* que la qualité est une fonction du temps.

restructurations du paysage agraire en fonction des opportunités du marché, mais aussi des contraintes environnementales et spatiales. Les localités ont les mêmes comportements, elles tentent d'optimiser les cultures de leurs aires d'influence en fonction de la demande locale et des prix du marché global. Les variations tireront leurs origines de l'hétérogénéité entre les agents et des opportunités qu'ils auront saisies.

Les variables d'état des entités : Les villages et les hameaux (c.f. fig. 3.13) sont décrits par leurs identifiants uniques, leurs populations, le nombre d'actifs, la demande locale en céréales et en vin, la quantité de céréales et de vin importée, le nombre de parcelles de chaque culture cultivée pour l'exportation et le capital. Ils ont également connaissance des parcelles qui dépendent d'eux.

Les parcelles, quant à elles, sont définies par leur rendement, leur altitude, leur sol, leur propriétaire et leur type de culture. Le monde simulé est donc constitué d'une hétérogénéité spatiale (c.f. fig. 3.14) composée de zones de pente (l'orographie sur la figure 3.13) et de zones pauvres (d'un point de vue agronomique, les « mauvaises terres » sur la figure 3.13).

L'échelle temporelle : Puisque nous nous intéressons aux dynamiques paysagères liées à une activité économique de nature agricole basée sur le cycle végétatif d'une plante, nous avons donc opté pour un pas de temps annuel. Il permet d'observer les mises en culture et les abandons de zones agricoles. De cette manière, nous pouvons synthétiser les itinéraires de culture de l'année sous forme de bénéfices/déficits pour les agents.

L'échelle spatiale : Nous nous situons pour ce travail dans un espace abstrait constitué d'une grille de 70 x 70 patches (unité spatiale de Netlogo), présentée en figure 3.13. De manière conceptuelle, ces patches représenteront des parcelles qui seront utilisées pour produire les ressources dont les localités ont besoin. Ainsi, nous considérons les "parcelles" comme des entités spatiales "primordiales" et indivisibles, elles-mêmes constitutives d'unités paysagères lorsque l'on opère un changement d'échelle.

Pour travailler dans un espace cohérent à l'échelle communale, un patch de l'espace simulé équivaut à 1 hectare, ce qui veut dire que l'espace représente $50km^2$.

Processus et Ordonnement

Le modèle VICTOR est construit pour mettre en évidence les structurations spatiales et les dynamiques paysagères issues des interactions et des compétitions en action sur un territoire. C'est un modèle parcimonieux, dans lequel nous avons opté pour une approche KISS²² mettant en évidence les interactions et les compétitions spatiales en place sur un

22. *Keep It Simple and Stupid* c.f. R. M. AXELROD (1997)

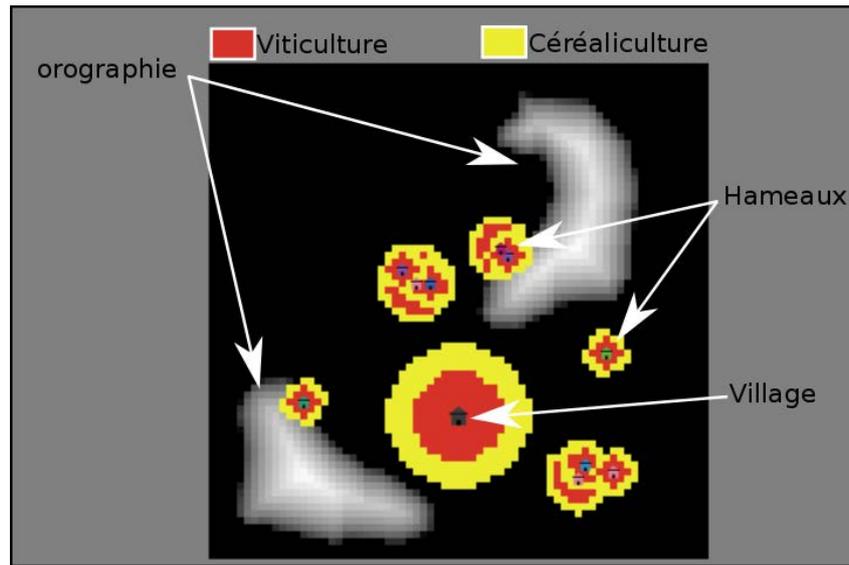


FIGURE 3.13 – Configuration de l'espace de simulation, pour une simulation donnée.

territoire. Le modèle est divisé en quatre sous-modèles que nous détaillerons plus longuement dans la partie 3.2.2.3.

Le modèle est divisé en 4 sous-modèles (numérotés dans la figure 3.14) que nous détaillerons plus longuement dans la partie 3.2.2.3. Ceux-ci s'enchaînent de la manière suivante :

- sous-modèles d'extension/rétractation des parcelles pour chaque localité (n° 1 sur la figure 3.14) ;
- sous-modèle de mise à jour du capital des villages et hameaux (n° 2) ;
- sous-modèle d'évolution de la population des villages et hameaux (n° 3) ;
- sous-modèle de mise à jour du prix d'achat et de vente des productions de manière généralisée à tout le système (n° 4) ;
- sous-modèle de mise à jour de l'historique des parcelles (n° 5).

3.2.2.2 Concepts d'élaboration

Contexte scientifique

Nous avons vu avec le modèle *Dion still alive* (c.f. 3.1, p. 130) comment pouvait être envisagé l'ordonnancement des processus qui entrent en jeu dans la définition de la qualité du vin. Avec le changement d'échelle que nous effectuons ici, nous voulons explorer les conditions qui permettent à un territoire de conserver de la viticulture sur le temps long. Ce monde est construit du point de vue de la culture des céréales, considérée à la fois comme : une culture de subsistance (dont les populations locales ont besoin pour vivre)²³, mais également comme un produit d'échange dans une économie connectée.

23. On notera dans la France entière des tentatives « législatives » visant à essayer de maintenir la

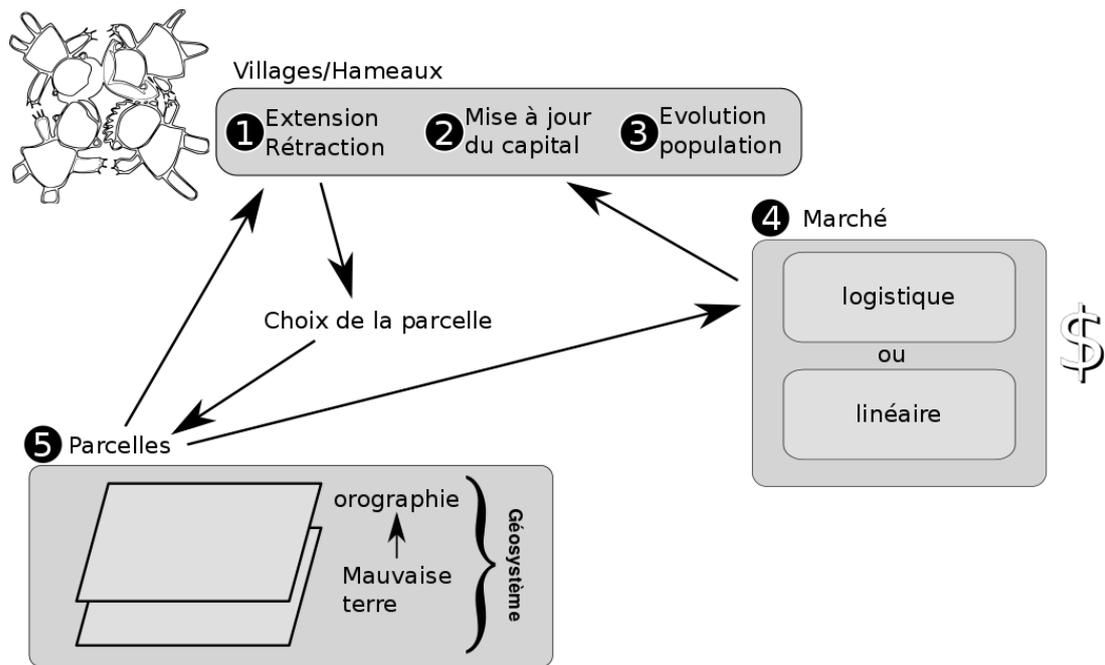


FIGURE 3.14 – Schéma de l'ordonnancement des processus en jeu lors d'une itération de la simulation

Aussi intégrerons-nous ici, selon les simulations, deux types de variables spatiales (implémentées à l'échelle de la parcelle) qui permettront aux agents localités de calculer un indice de rendement : les montagnes (sous forme d'un gradient) et la mauvaise terre (présence/absence). Ces deux valeurs seront utilisées par ces derniers dans leur recherche de nouvelles parcelles. La combinaison de ces valeurs permet d'identifier des agro terroirs (terroirs physiques) relativement simples (HINNEWINKEL et VELASCO-GRACIET 2007).

Nous nous attachons ici à l'exploration d'un monde virtuel répondant à la complexification des hypothèses proposées par von Thünen (MOINDROT 1995 ; THÜNEN 1966) :

- l'inégale fertilité du sol dans le monde virtuel a une influence sur la structuration et les stratégies d'implantation des différentes cultures ;
- la multiplicité des marchés urbains : chaque village est à la fois producteur et consommateur. Il suscite donc, autour de lui, une imbrication d'aires de culture influencées par la qualité des sols, la présence de ses voisins et les chocs de demandes de la part des consommateurs locaux ou étrangers (s'il existe une demande extérieure) ;
- la tension de *l'infield/outfield* : les villages (nos agents) sont tentés d'abandonner en premier lieu des parcelles les plus éloignées du centre.

viticulture hors des zones de production de céréales (MAILLARD 1992 ; MESSIEZ 2002), et cela contre les logiques économiques.

Processus de décisions

Les villages sont capables de réorienter leur politique agricole pour essayer d'éviter une situation difficile (banqueroute) en cas de dévaluation d'une culture. La main d'œuvre inoccupée est envoyée sur de nouvelles parcelles. Certaines parcelles de culture moins avantageuses peuvent être abandonnées au profit de la plus bénéfique sur le moment (c.f. partie sous modèles)

Réflexe aux conditions extérieures

Un certain nombre de paramètres vont influencer la mise en culture par les agents. En effet ceux-ci devront répondre aux besoins de leur population tout en essayant de maximiser leurs revenus sur les marchés. En cas d'indisponibilité des terres²⁴ à répondre à une demande extérieure plus valorisante ou mieux valorisée, les parcelles peuvent subir une réaffectation de leur production, ce qui aura bien sûr des conséquences sur la structure des paysages.

En cas de manque de main-d'œuvre, les parcelles les plus éloignées sont abandonnées en premier. Suivant leur configuration spatiale et celle de leur environnement, les localités ne vont pas aborder les variations de rémunération des cultures avec la même facilité. Vont donc émerger des zones de stabilité et des zones de transition amenées à changer plus souvent de couvert végétal au gré des fluctuations du marché. Inversement, en cas de changement de la demande (maintien d'un prix plus élevé pour l'une des cultures pendant plusieurs itérations), certaines zones sont plus résistantes au changement et vont conserver de la vigne ou des céréales plus longtemps.

Interaction

Les agents villages et hameaux interagissent avec la grille des parcelles, ce qui limite le type d'interaction qu'ils mobilisent entre eux à des relations de compétition pour l'espace.

Hétérogénéité

Nous avons introduit de l'hétérogénéité entre les agents villages et hameaux au niveau de leur positionnement spatial à l'initialisation du modèle, mais aussi au niveau de la population initiale qu'ils abritent. L'espace est également hétérogène. Les *patches* peuvent être initialisés avec un sol agronomiquement pauvre ou être situés dans une zone de pente.

Stochastique

Nous avons dû tester la stochasticité du modèle et déterminer le nombre de simulations dont nous avons besoin pour stabiliser suffisamment nos résultats. Il s'agit ici de faire un compromis entre un grand nombre de répliques de chaque paramétrage et le temps de

24. Par exemple à cause d'une saturation de l'espace, ou d'une trop grande distance au centre bourg.

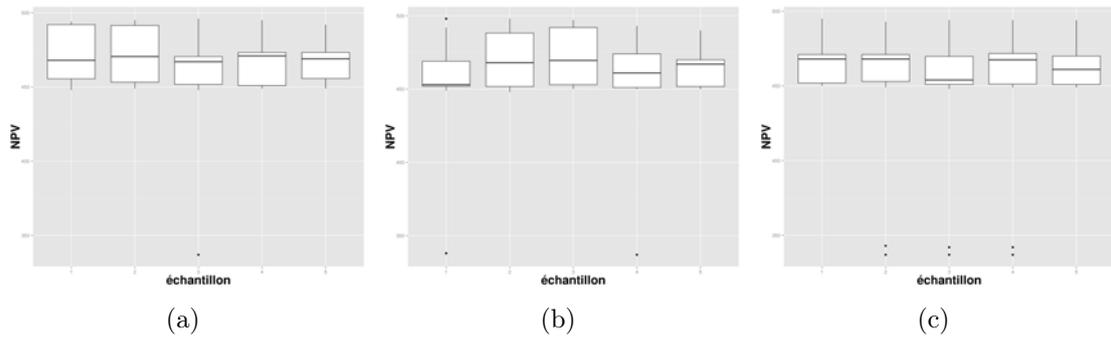


FIGURE 3.15 – Tirage aléatoire de 10 (a), 20 (b) et 30 (c) simulations par groupe, réparties en 5 groupes (NPV : Nombre de Parcelles Viticoles).

calculs que nécessite une simulation. Pour cela, nous avons effectué 3000 simulations d’un même jeu de paramétrage. Par une procédure de tirage aléatoire des résultats de simulations, nous avons constitué cinq groupes de différentes tailles : respectivement 10 (fig. 3.15(a)), 20 (fig. 3.15(b)) et 30 simulations (fig. 3.15(c)). On observe, sur la figure 3.15(c), une stabilisation de la variance intergroupe pour des populations de 30 simulations. Nous utiliserons donc ce nombre de réplifications pour l’analyse des résultats.

Observations

Tout en s’adaptant à son environnement, chaque village va essayer de maximiser ses rentes en tenant compte de son environnement social et spatial. Nous allons nous intéresser à différentes valeurs de sortie : le nombre de parcelles de chaque culture, le nombre de villages au cours du temps, la localisation des parcelles en fonction de leur position sur un type de sol approprié. Pour cette dernière sortie, les parcelles de céréales sont installées sur des terres plus riches que les parcelles en vigne. On comparera donc la richesse de la terre avec les besoins de la plante. Nous reviendrons sur le mécanisme de choix dans la partie sur les sous-modèles.

Nous avons effectué plusieurs analyses de sensibilité sur notre système pour explorer les comportements liés à :

- l’effet de l’isotropie et anisotropie, et de la position initiale dans l’espace ;
- l’effet du nombre d’agents villages/hameaux sur le comportement du système ;
- l’effet d’une macroéconomie basée sur une fonction linéaire et logistique.

Chaque paramétrisation a été testée 30 fois sur 300 itérations. En sortie de modèle, nous nous sommes intéressés à la surface en céréales et en vigne, à l’utilisation du sol en fonction de la culture et au nombre de villages qui perdurent dans le temps. L’ensemble des données issues des 510 simulations (c.f. tab. 3.1) a été traité avec le logiciel R (TEAM 2014). Les résultats présentés ici sont les moyennes des 30 simulations de chaque paramétrage. Nous observons :

Paramètres	Valeurs	nombre de simulations
Type d'espaces	iso - anisotrope	60
Nombre de hameaux	0 à 10 par 2	150
Évolution logistique	-0.005 à 0 par 0.001	150
Évolution périodique	0 à 10 par 2	150
Total		510

Tableau 3.1 – Les différents plans d'expériences effectuées avec ViCTOR

- l'évolution du nombre de localités ;
- le nombre de parcelles viticoles et céréalières ;
- le pourcentage de parcelles viticoles et céréalières implantées sur des parcelles appropriées à cette culture ;
- le pourcentage d'espace disponible pour la vigne ou les céréales dans les zones adaptées.

Ces différentes variables sont explorées au regard des différents paramètres d'entrée de la modélisation.

3.2.2.3 Détails

Initialisation

Le monde est initialisé avec un nombre de villages / hameaux variant de 1 à 11. L'une de ces localités joue le rôle de village central ; c'est-à-dire qu'elle est initialisée avec une population de 400 personnes tandis que les hameaux le sont avec 40 personnes. Les hameaux sont distribués aléatoirement, à une distance comprise entre 18 et 25 parcelles du village central. Le village central est initialisé au même endroit, quels que soient les scénarii. Chaque village (village central et hameaux) se voit doter d'un nombre suffisant de parcelles pour répondre à la demande locale en vin et céréales. La répartition de ces parcelles se fait de manière concentrique et emboîtée pour répondre au présupposé de la théorie de Von Thünen von Thünen (THÜNEN 1966).

Variables de forçage

Il n'y a pas d'entrée externe au système une fois les simulations lancées.

Sous-modèles

EXTENSION/RÉTRACTION DES PARCELLES :

L'extension et la rétractation des cultures répondent à un enchaînement de mécanismes de décision de la part de l'agent localité. La première s'appuie sur une double condition : si le capital de l'agent dépasse 10000 et si le dixième de son capital lui permet de couvrir ses

frais de subsistance, alors il peut mettre en place une rente commerciale (HINNEWINKEL 2004). Si ces conditions ne sont pas remplies, il va consommer sa propre production (autoconsommation) . Ces deux processus prennent la forme de deux sous-modèles :

L'autoconsommation : Chaque localité compte la main-d'œuvre qui n'est pas déjà assignée à une culture. Dans le cas où la main-d'œuvre est disponible et que la demande locale en céréales n'est pas assouvie, le village va utiliser la moitié de la main-d'œuvre pour cultiver des céréales. S'il reste encore de la main-d'œuvre après cette opération, elle sera envoyée sur des parcelles de vigne en suivant le même procédé. Au contraire, quand le nombre de personnes vacantes est égal à zéro, il s'opère alors une démobilisation de $\frac{1}{3}$ de la main-d'œuvre précédemment attribuée à la culture de la vigne pour la destiner à la culture de céréales. Ainsi, faisons-nous diminuer les surfaces viticoles, toutefois les parcelles céréalières pourront être replantées en vigne lors d'une prochaine itération si les besoins locaux ou le marché sont favorables. De cette manière, nous voulons entraîner un retard dans le changement de vocation agricole des parcelles et introduire une certaine résilience du système.

Le commerce : Une fois entré dans le processus commercial, si le prix d'achat/vente du vin est plus élevé que celui du blé et dans la mesure où la main-d'œuvre disponible est supérieure à 2, l'agent va mettre en culture autant de parcelles que peut cultiver la moitié de sa main-d'œuvre disponible. Au contraire dans le cas où le prix d'achat/vente des céréales est supérieur au prix du vin, et que le capital est inférieur à l'équivalent parcelles pour nourrir la population locale, on réattribue $\frac{1}{3}$ des surfaces céréalières supplémentaires à la culture de la vigne. Lorsque le capital couvre les besoins d'approvisionnement à l'extérieur, on abandonne 10% des parcelles de subsistance dont la production sera achetée à l'extérieur. Par ailleurs, dans le cas où le prix du blé est supérieur ou égal au prix du vin et si la main-d'œuvre disponible est supérieure à 2, alors on utilisera $\frac{1}{2}$ de cette main-d'œuvre pour cultiver des céréales. Sinon avec un capital inférieur au prix de l'importation de blé pour la subsistance, on abandonnera des parcelles de céréales destinées à l'exportation pour les réorienter vers la viticulture. Avec un capital supérieur au besoin de l'agent pour maintenir sa population, ce dernier va pouvoir abandonner 10% des parcelles de vigne pour y planter des céréales.

Sont également compris dans ce sous-modèle, les sous-modèles de choix/abandon d'une nouvelle parcelle de vin et de céréales. Lors de l'extension du territoire, on sélectionne les parcelles dans un rayon de 3 parcelles de celles déjà cultivées en vigne et l'on regarde si elles sont inoccupées ou cultivées en céréales par l'agent lui-même. Puis, on recherche celle dont l'indice de rendement est le plus proche de 60 (valeur de rendement arbitrairement établie en fonction des valeurs de l'environnement). Cette parcelle est alors ajoutée à

la collection de parcelles de l'agent. Si elle faisait partie de la collection de parcelles en céréales, elle en est alors extraite. Concernant l'extension des parcelles de céréales, nous avons introduit une condition par rapport au mécanisme d'extension viticole afin d'alléger le temps de calcul.

En effet, dans le cas de parcelles non encore occupées, on sélectionne celles se situant dans un rayon de 2 parcelles céréalières, puis celles dont l'indice de rendement est le plus proche de 95. S'il n'y a pas de parcelles disponibles dans un rayon de 2, l'agent localité en sélectionne une inoccupée dont le rendement est le plus proche de 95. Cette sélection s'effectue de manière aléatoire et à l'échelle du monde virtuel. Cette parcelle intègre alors la collection des parcelles céréalières de la localité.

Le mécanisme de rétraction est quasiment similaire pour les céréales et la vigne. Dans le premier cas, on abandonne la parcelle qui est la plus éloignée et dont l'indice de rendement est le plus bas. Dans le second cas, on abandonne celle qui est la plus éloignée, mais avec l'indice de rendement le plus haut. Ainsi privilégiera-t-on les terres riches (indice de rendement élevé) pour y implanter du blé, et les terres pauvres pour y implanter de la vigne, sans pour autant se limiter à ces conditions.

MISE À JOUR DU CAPITAL DU VILLAGE :

La mise à jour du capital de chaque agent est la somme des exportations en céréales et/ou en vin, et la soustraction des importations nécessaires pour la population locale en céréales ou en vin. Les prix d'achat et de vente d'une denrée sont les mêmes pendant chaque itération, mais variables entre les itérations. Leur variation va dépendre du sous-modèle de mise à jour des prix d'achat et de vente des productions (que nous développerons après). Les prix sont calculés en fin de procédure pour l'itération suivante.

ÉVOLUTION DE LA POPULATION

La population de chaque village s'accroît et décroît en suivant la fonction logistique définie par l'équation 3.3, dans laquelle la valeur à un instant t dépend de l'état précédent. Si la demande locale est inférieure à la somme de la production de l'agent et de ses importations ($dl < prod + imp$), la population augmente. En revanche, si la demande locale ne peut pas être assouvie et que le capital n'est pas suffisant pour importer la nourriture manquante ($dl > prod + imp$) alors a devient négatif.

$$n_{t+1} = \begin{cases} n_t + a \times n_t \times \left(1 - \frac{n_t}{n_{max}}\right) & \text{si } dl < prod + imp \\ n_t - a \times n_t \times \left(1 - \frac{n_t}{n_{max}}\right) & \text{si } dl > prod + imp \end{cases} \quad (3.3)$$

où :

-
- n_{t+1} est la population à $t + 1$;
 - n_t est la taille de la population à l'instant t ;
 - n_{max} est la taille maximum de la population. Dans notre cas, nous avons choisi 1 000 ;
 - a est le coefficient logistique de la courbe.

MISE À JOUR DU PRIX D'ACHAT ET DE VENTE DES PRODUCTIONS :

Nous avons travaillé sur 2 types de comportements macroéconomiques en vue d'en explorer les conséquences sur chacun des mondes virtuels. Comme nous l'avons déjà évoqué, le prix d'achat et de vente est le même pour chacune des denrées produites.

Le modèle logistique :

Il établit un lien direct entre le prix de vente du produit et le nombre de parcelles qui a été mis en production à un instant t , comme représenté sur la figure 3.2.2.3. La fonction calculant le prix de vente au prochain tour compare le nombre actuel de parcelles avec le nombre de parcelles au tour précédent. L'équation permettant de calculer l'évolution du prix à chaque itération est la suivante :

$$p_{t+1} = \begin{cases} p_t + \sum_0^n -b \times p_{ti} \times \left(1 - \frac{p_{ti}}{p_{max}}\right) & \text{si } n < 0 \\ p_t + \sum_{i=0}^n +b \times p_{ti} \times \left(1 - \frac{p_{ti}}{p_{max}}\right) & \text{si } n > 0 \end{cases} \quad (3.4)$$

où :

- n est le nombre de parcelles gagné ou perdu pour une production ;
- p_{t+1} est le prix de la production à l'instant $t + 1$;
- p_t est le prix de la production à l'instant t ;
- p_{max} est le prix maximum. Dans notre cas, nous avons choisi 100 ;
- et b est le coefficient logistique de la courbe.

Si le nombre de parcelles à l'instant t est supérieur à celui à l'instant $t-1$, alors le coefficient b est négatif et le prix va donc diminuer. Si par contre le nombre de parcelles à l'instant t est inférieur à $t-1$, le coefficient b va alors être positif, le prix va augmenter, créant un choc de demande par le prix sur les autres marchés.

Le modèle linéaire :

Il propose aux agents un prix qui varie de manière inversement proportionnelle à la production du territoire. Nous l'avons implémenté de la manière en utilisant l'équation 3.5

$$p_t = \frac{pr_{max} - pr_t \times 100}{pr_{max}} \quad (3.5)$$

où :

- p_t est le prix de la production à un instant t ;

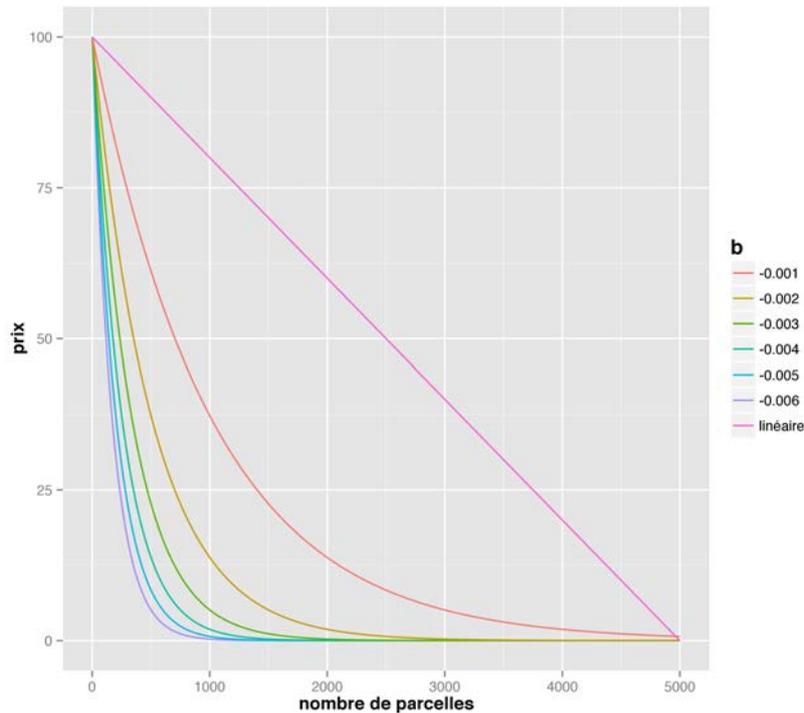


FIGURE 3.16 – Les dynamiques économiques implémentées dans le modèle VICTOr. Sur le graphe, les 6 premières courbes ont une dynamique logistique. Le prix payé pour la production viticole ou pour la production céréalicole est lié à la production dans le modèle (c.f. equ 3.4). Pour la dernière courbe légendée « linéaire, » le prix payé pour chaque production est linéaire (c.f. equ 3.5)

- pr_t la production à un instant t ;
- pr_{max} la production maximum (le nombre d'unités spatiales total).

3.2.3 Résultats

3.2.3.1 Exploration de l'hétérogénéité spatiale

Nous avons exploré le comportement du modèle dans un monde isotrope, et dans quatre configurations spatiales différentes d'un même monde anisotrope avec une situation commerciale linéaire (c.f. part 3.2.2.3 et équ. 3.5). Sur la figure 3.17, nous observons qu'en se plaçant dans une configuration avec 11 agents "localités" à l'initialisation, le comportement général du système est relativement similaire et suit le même motif : les villages se maintiennent jusqu'à 100 itérations, puis s'ensuit une décroissance exponentielle en 150 ans, pour finalement se stabiliser entre 4.5 et 5.5 localités encore présentes après 250 itérations.

Considérant ensuite les mêmes conditions, mais cette fois en s'intéressant à la couverture du sol, la figure 3.18 apporte d'autres informations. En effet, si le comportement est rela-

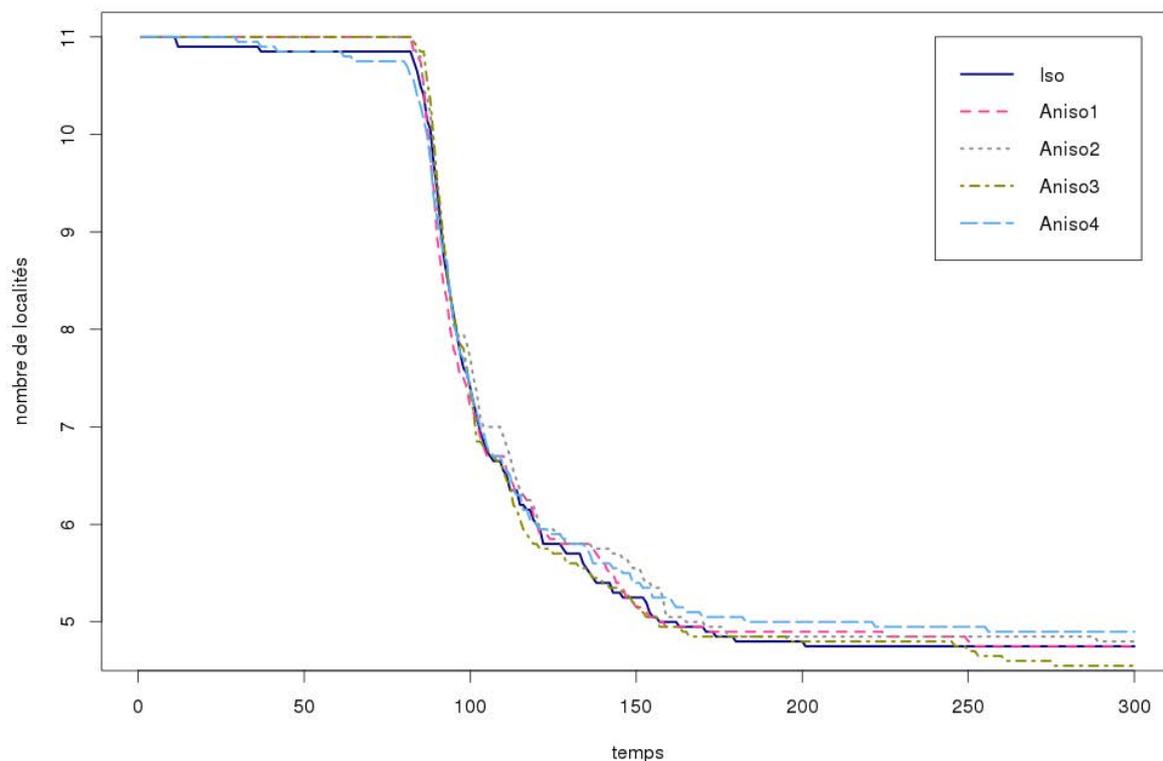


FIGURE 3.17 – Exploration de l’effet de la configuration spatiale initiale sur la conservation du nombre de villages

tivement semblable quand on s’intéresse au développement du couvert viticole (graphique "a") avec, pour le mode isotropique, un nombre de parcelles viticoles proche de la moyenne au bout de 300 itérations, il diffère en ce qui concerne le nombre de parcelles cultivées en céréales (graphique "b"). Après 150 itérations, on remarque effectivement une nette démarcation du nombre de parcelles dans les simulations réalisées sur l’espace isotropique.

3.2.3.2 Exploration de la variation du nombre d’agents

Nous nous intéressons ensuite aux effets de la variation du nombre d’agents villages / hameaux. On stabilise donc les autres paramètres : comportement macroéconomique linéaire et structuration spatiale anisotropique. Sur la courbe 11 (pointillés violets) de la figure 3.19, on retrouve le motif déjà observé dans la figure 3.17. On est également capable d’observer le même motif pour des situations de simulation comprenant de 6 à 11 localités. Ces 6 situations de simulation aboutissent toutes à une disparition relativement brusque d’une partie des agents "localités", avec une stabilisation à 5. Le motif représenté

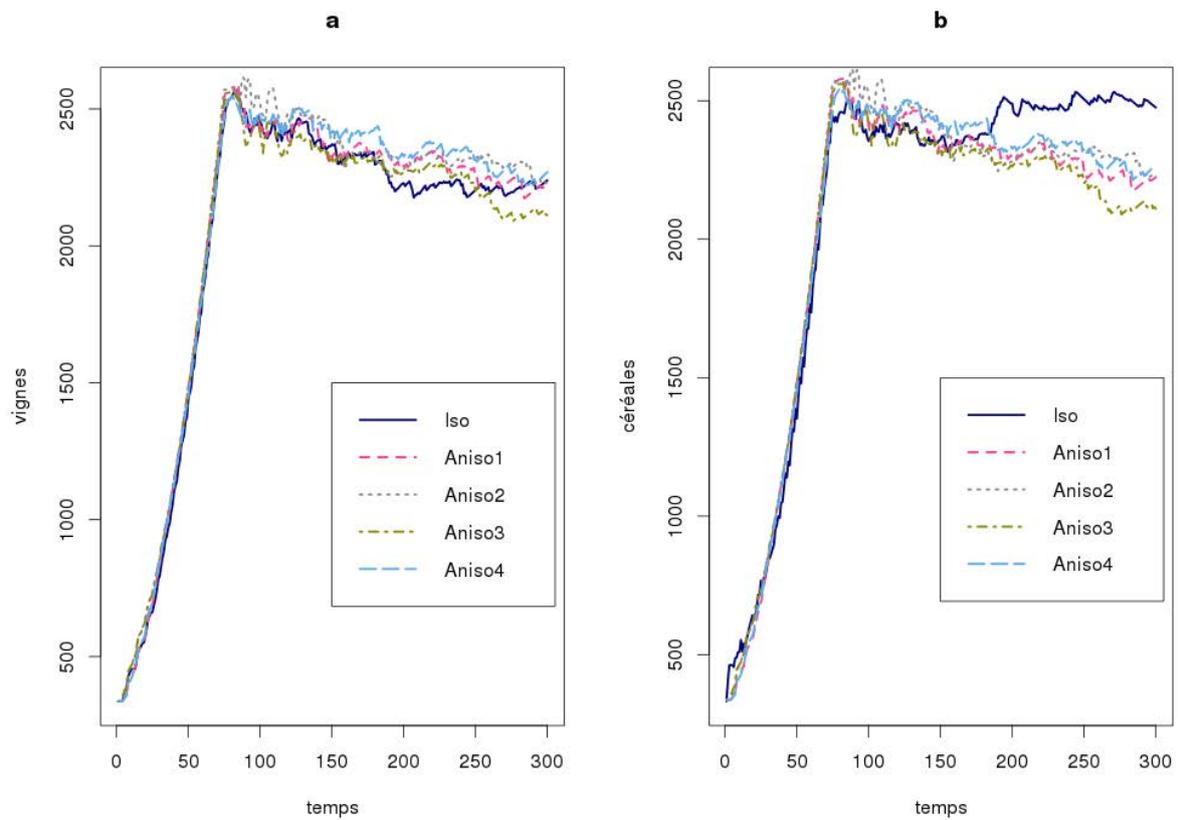


FIGURE 3.18 – Exploration de l'effet de la configuration spatiale initiale sur les surfaces cultivées. En "a", on observe les surfaces viticoles, et en "b" les surfaces en céréales

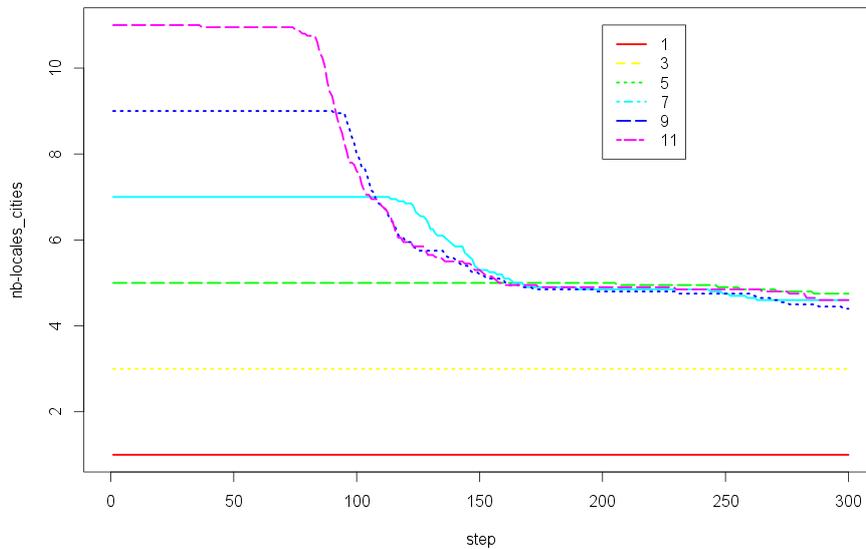


FIGURE 3.19 – Exploration du comportement des localités et de leur réorganisation en fonction de la saturation de l'espace.

est très proche de celui que nous avons déjà remarqué sur la figure 3.17, quand le monde est initialisé avec 5 à 11 agents "village". Le modèle converge vers une sorte d'équilibre dynamique.

Considérons maintenant plus spécifiquement la figure 3.20 qui représente l'utilisation de l'espace en fonction des prédispositions que l'on peut observer localement (évoquées en 3.2.2.2), on constate toujours cette différence de comportement du système initialisé avec trois et cinq agents « localités ». Dans le premier cas, et pour tous les paramétrages inférieurs, l'espace nécessaire à la viticulture n'est jamais saturé (pointillés jaunes de la figure 3.20). De plus, nous ne constatons pas de baisse aussi marquée dans les cas suivants, ce qui nous informe d'une occupation rationnelle de l'espace. La vigne est installée sur des terres plus pauvres, lesquelles sont en nombre suffisant pour, malgré tout, répondre au comportement du marché linéaire.

Pour les paramétrisations initialisées de 5 à 11 agents "localités", l'espace de "b" est très vite saturé. Il n'y a donc plus d'espace disponible sur les terres pauvres pour implanter de la vigne. Commence alors une compétition spatiale entre ces deux cultures. La compétition pour les terres les plus riches engendre la décroissance des surfaces plantées observable sur les courbes pleines (courbes "a").

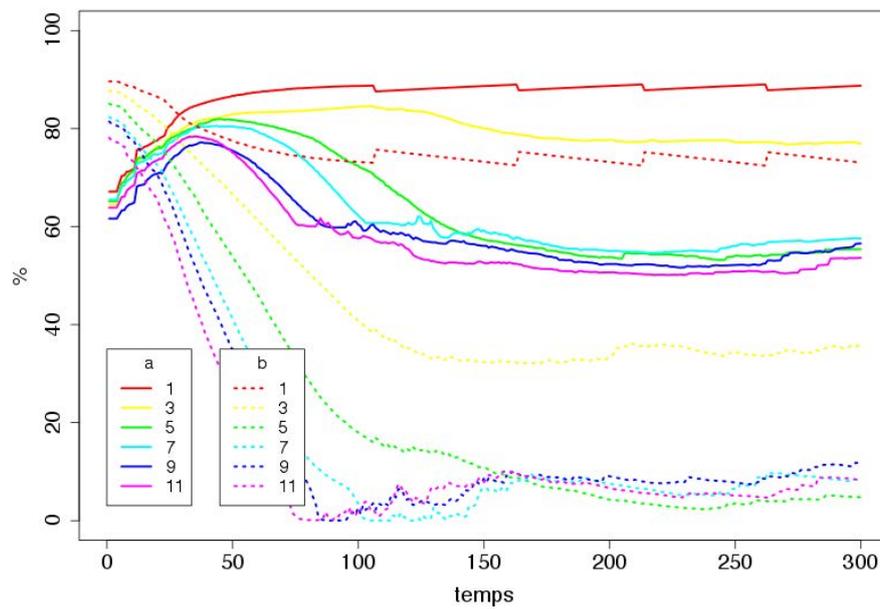


FIGURE 3.20 – Exploration de l'utilisation de l'espace pour la culture de la vigne, en fonction du nombre d'agents "localités" initialisé dans un système économique linéaire. Les courbes pleines (notées "a") reprennent le pourcentage de parcelles viticoles implantées sur des terres mieux disposées à produire de la vigne. Les courbes en pointillé (notées "b") représentent la proportion d'espace disponible sur ces terres.

3.2.3.3 Exploration de l'influence des marchés

Les figures 3.17, 3.18, 3.19 et 3.20 ont été réalisées avec un paramétrage macroéconomique linéaire (c.f. sous modèles) permettant de ne pas soumettre le système à une contrainte rendant l'interprétation trop complexe. Toutefois, nous l'avons également soumis à un autre type de variations macro-économiques (décrites également dans les sous-modèles) qui confrontent le modèle à un environnement où intervient un marché guidé par une fonction logistique (c.f. équ. 3.4). C'est l'influence de ce dernier que nous allons explorer ici, en le comparant au comportement du même système face au marché linéaire.

En rapprochant les figures 3.18 et 3.22 (pour un monde initialisé avec 11 agents), on constate que les comportements sont assez différents du marché linéaire. Le maximum de parcelles cultivées atteint en vigne (graphique "a", fig. 3.22) et en céréales (graphique "b", fig. 3.22), sous conditions de marché logistique, est majoritairement plus élevé qu'en marché linéaire (figure 3.17), même si on constate une décroissance plus forte dans la suite de simulation. Le modèle logistique est moins propice à une stabilité des productions à leur maximum. En effet, pour les parcelles viticoles, une fois ce maximum atteint, une décroissance apparaît plus ou moins rapidement selon l'intensité du coefficient b utilisé. Ce qui conduit le système vers un nombre de parcelles viticoles généralement inférieur à celui en situation de marché linéaire. Mais paradoxalement, plus ce coefficient b est faible (tend vers -1) plus le système viticole a tendance à se rapprocher de la stabilité du marché linéaire, mais dans des valeurs supérieures.

Pour les céréales, on peut constater que, pour des valeurs de b comprises entre -0.001 et -0.003 (donc dans le cas d'un système relativement résilient), les surfaces ont tendance à diminuer tandis que, pour des valeurs de -0.004 et -0.005 , la propension à se maintenir est plutôt meilleure. Grâce à la figure 3.21 nous pouvons identifier trois phases d'utilisation du sol par la vigne. La première, en début de simulation, durant laquelle les agents colonisent les terres à proximité. Leur préférence va aux parcelles les plus adaptées à la vigne, ce qui se traduit par une croissance des courbes pleines. Puis, dans un second temps, nous entrons dans une phase de disparition de certains agents n'ayant pas réussi à s'adapter à la concurrence ; les courbes pleines sont alors décroissantes. Le ratio, parcelles viticoles implantées sur des terres viticoles et parcelles viticoles implantées sur des terres plus propices aux céréales est donc déséquilibré. On constate une libération des terres adaptées à la viticulture (courbe en pointillé). Cela se traduit sur le paysage global par le maintien ou la survivance de la viticulture face à la céréale, mais cela se fait au détriment des zones adaptées. On est alors dans un système où, localement, les céréales et la viticulture entrent beaucoup plus en compétition pour l'espace que dans une situation régie par un marché linéaire (c.f. figure 3.20).

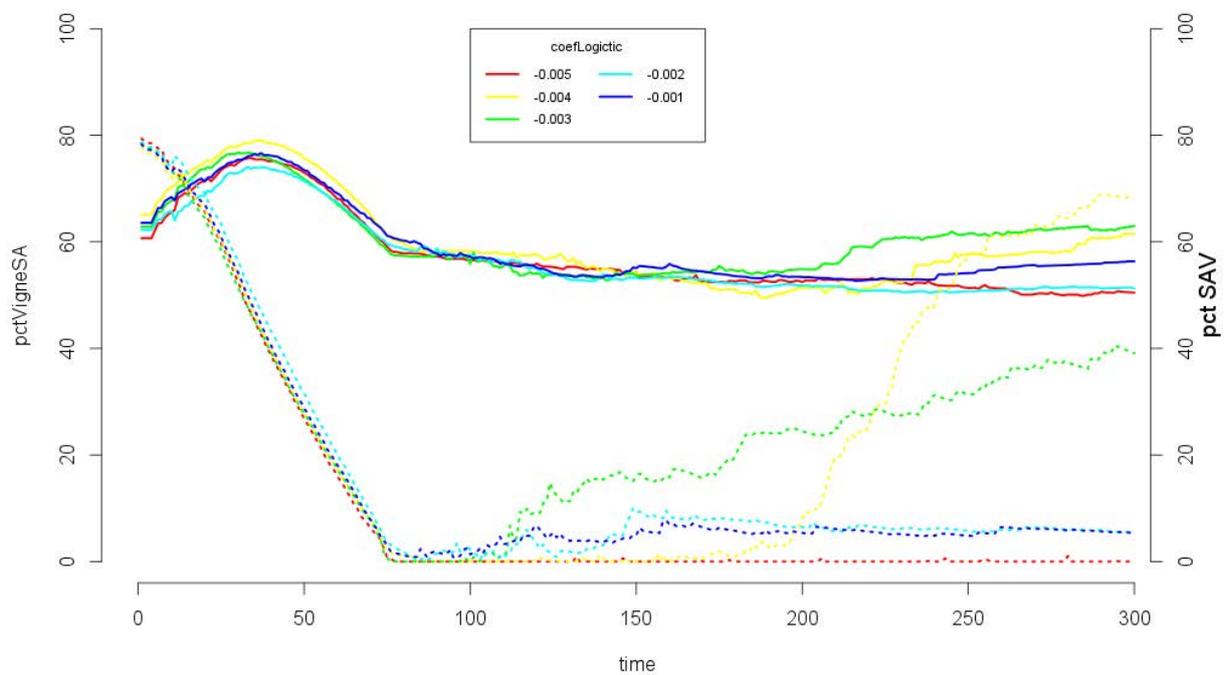


FIGURE 3.21 – Exploration de l’utilisation du sol pour la viticulture en fonction du type de marché logistique. Les courbes pleines permettent d’évaluer la proportion implantée de parcelles viticoles sur des terres adaptées par rapport au nombre total de parcelles viticoles. Les courbes en pointillés nous donnent la proportion utilisée des terres adaptées à la viticulture.

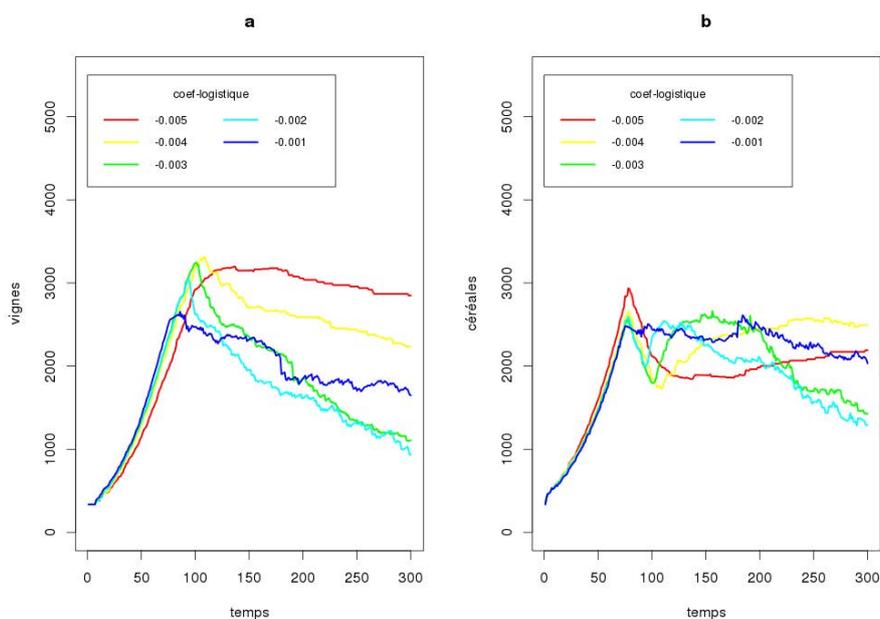


FIGURE 3.22 – Exploration de la sensibilité à différentes variations d’un marché logistique. Le graphique "a" représente le nombre de parcelles viticoles, et le graphique "b" représente le nombre de parcelles en céréales par rapport au temps, dans les deux cas, en fonction du coefficient b de la fonction logistique

3.2.4 Discussion

3.2.4.1 Isotropie, anisotropie, espace de compétition ?

L’analyse des résultats de la simulation montre la faible influence de l’espace sur le maintien ou non des villages (c.f. figure 3.17). Toutefois, ce qui est vrai au niveau de l’organisation des agents « localités », ne l’est pas au niveau des parcelles. Le modèle permet de mettre en évidence un phénomène déjà relevé par DION (1952) concernant l’implication locale de l’agro-terroir et son rôle dans la structuration spatiale des formes paysagères.

En effet, la figure 3.18 montre qu’un monde anisotrope défavorise la culture de céréales. Cette dernière étant considérée comme plus sensible aux conditions d’implantation. Une réduction de son aire d’implantation induit inévitablement une diminution de sa surface cultivée. Ce n’est pas vrai pour la vigne, capable de se développer à la fois sur des sols pauvres et sur des sols riches, ce qui forcera parfois les pouvoirs publics à prendre des mesures coercitives envers la viticulture (MAILLARD 1992 ; MESSIEZ 2002).

On présuppose alors une possible compétition entre les localités pour une ressource qui est ici l’espace²⁵. Cette hypothèse est confirmée par la figure 3.19 qui nous permet d’évaluer

25. Une compétition exacerbée par l’hétérogénéité spatiale.

empiriquement les besoins spatiaux des localités. Nous sommes alors en mesure de dire que la compétition a lieu de manière très agressive au fur et à mesure que la population des villages et leur besoin grandissent. Notre espace d'analyse est capable d'abriter cinq agents sans leur faire subir une concurrence destructrice. Cette compétition entre localités peut s'observer quand les parcelles viticoles implantées sur des terres adaptées diminuent (fig. 3.20).

Ainsi, en considérant le même instant (autour de 100 itérations), près de 20% des parcelles viticoles des paramétrisations à plus de cinq agents ne sont pas situées sur des terrains adaptés. Au même moment, le nombre de villages a déjà commencé à diminuer dans les simulations denses (plus de sept agents sur la figure 5). Une fois que certaines localités ont disparu, les zones viticoles vont persister sur les espaces précédemment investis, même si ces derniers sont moins adaptés à cette culture. Les formes ainsi créées sont donc le résultat d'une compétition initiale pour l'espace.

Si l'on tente une comparaison avec des pratiques historiques, on peut citer l'utilisation des zones dites "de palu" dont le sol gras et frais a été utilisé pour planter de nouvelles parcelles viticoles dans le Bordelais au moment de l'augmentation de la demande en vin (DION 1952; ENJALBERT 1953), et dont HINNEWINKEL (2011, p.3) on retrouve la trace au moment des tractations avec le négoce puisque « les vins de palu y sont en bonne place, avec le prix plancher le plus élevé ».

Le monde virtuel que nous avons créé génère donc un comportement émergent. Les agents²⁶ vont préférer planter des vignobles dans certaines zones moins propices à la vigne, ou des céréales sur des parcelles moins adaptées, en fonction des caractéristiques des parcelles disponibles lors du processus de choix.

Si la discrétisation initiale imposée au territoire permet d'orienter la production, elle ne la contraint pas. Quand la rente attribuée à la vigne devient avantageuse ou que la place vient à manquer dans les terres adaptées, alors sa culture peut gagner de l'espace sur les terres céréalières. On retrouve donc ici la théorie de J.C HINNEWINKEL (2004) sur la composition tripartite pour la construction du terroir dans laquelle la construction sociale peut se faire *a posteriori* de la qualité de terroir.

3.2.4.2 Dynamique macro-économique et conséquences spatiales

La proximité de motifs²⁷, que l'on peut observer entre les figures 3.20 et 3.22, présente un mécanisme d'autorégulation dans le premier cas, alors qu'il est imposé par le marché dans le second cas. Ils représentent respectivement les parts de virtualisation et d'inhibition qu'on peut retrouver dans les systèmes complexes (MORIN 2013).

Quand le marché est une fonction linéaire, nous sommes dans une situation d'inhibition

26. Eux-mêmes répondant aux marchés et aux besoins de leur population.

27. Évoquée dans la partie sur l'influence des marchés (3.2.3.3).

de la production par le système lui-même, chaque nouvelle parcelle faisant diminuer le prix de vente de la production globale. Dans ce cas-là, l'ajustement est fait au niveau de chaque agent en considération de son volume de parcelles. Les phases d'équilibre dynamique se succèdent donc avec une relative continuité.

C'est, par exemple, ce qui se passe en figure 3.20 dans le cas des courbes violettes (pour onze agents « localités »). Les agents prennent beaucoup plus en compte les variations locales des conditions agricoles, car ils ne doivent faire face qu'à de micro-variations économiques. L'espace le mieux adapté à la viticulture est presque entièrement dédié à cette culture, et on assiste à une co-construction des espaces agricoles ainsi qu'à un zonage "naturel". Cela sous-entend que, localement, quand les agents ont une vision à long terme (même relative) de l'évolution des cours de leur production, ils sont en mesure d'optimiser le territoire et donc de tirer parti des variations locales.

Dans cette situation, les agents sont « solidaires » : une augmentation de la production des uns impacte à long terme sur les revenus tant individuels que collectifs. Ce type de contrainte peut être en partie représentatif d'une région où les propriétaires réussissent à s'organiser pour empêcher l'extension d'une viticulture populaire (MAILLARD 1992), comme cela a pu se produire dans la région de Bordeaux (ENJALBERT 1953).

Dans le second cas, illustré par la figure 3.21, nous plaçons le système dans une situation de virtualisation. Les prix sont alors ajustés depuis l'extérieur, une fois par itération (c.f. partie : Processus et ordonnancement). Les évolutions des prix sont partiellement découplées de la réalité du territoire. On ne tient compte que de la valeur positive ou négative du bilan de colonisation de l'itération, le comportement logistique fait le reste ; la courbe d'ajustement des prix va suivre là encore un comportement logistique (qui s'amplifie par la fréquence de l'événement).

Dans ce cas-là, les localités cherchent à optimiser leurs revenus. Or, si l'un d'eux prend l'avantage à une itération en mettant en culture une grande superficie (grâce à de la main-d'oeuvre disponible, par exemple), ces parcelles vont beaucoup rapporter à cette itération, mais le prix va chuter lors de la suivante. Nous sommes dans une situation où le marché crée des opportunités à court terme, ce qui va donc encourager les dynamiques individuelles et imposer aux agents une compétition immédiate.

Ce type de configuration est visible sur la figure 3.23. En effet, dans un contexte de marché guidé par une fonction linéaire (fig 3.23(a), (b) et (c)), les surfaces viticoles sont un peu moins étendues, mais elles sont largement disposées sur les zones qui leur sont propices (c.f. (a) et (b) vis-à-vis de la fig. 3.13). Dans les conditions où le territoire est guidé par une équation logistique (c.f. 3.23(d), (e) et (f)), on constate que la viticulture occupe une place un peu plus importante dans le cas (a). Une seconde auréole apparaît de manière plus marquée dans le cas de (e) que dans celui de (b). En ce qui concerne les deux dernières visualisations, il apparaît que pour un environnement guidé par une

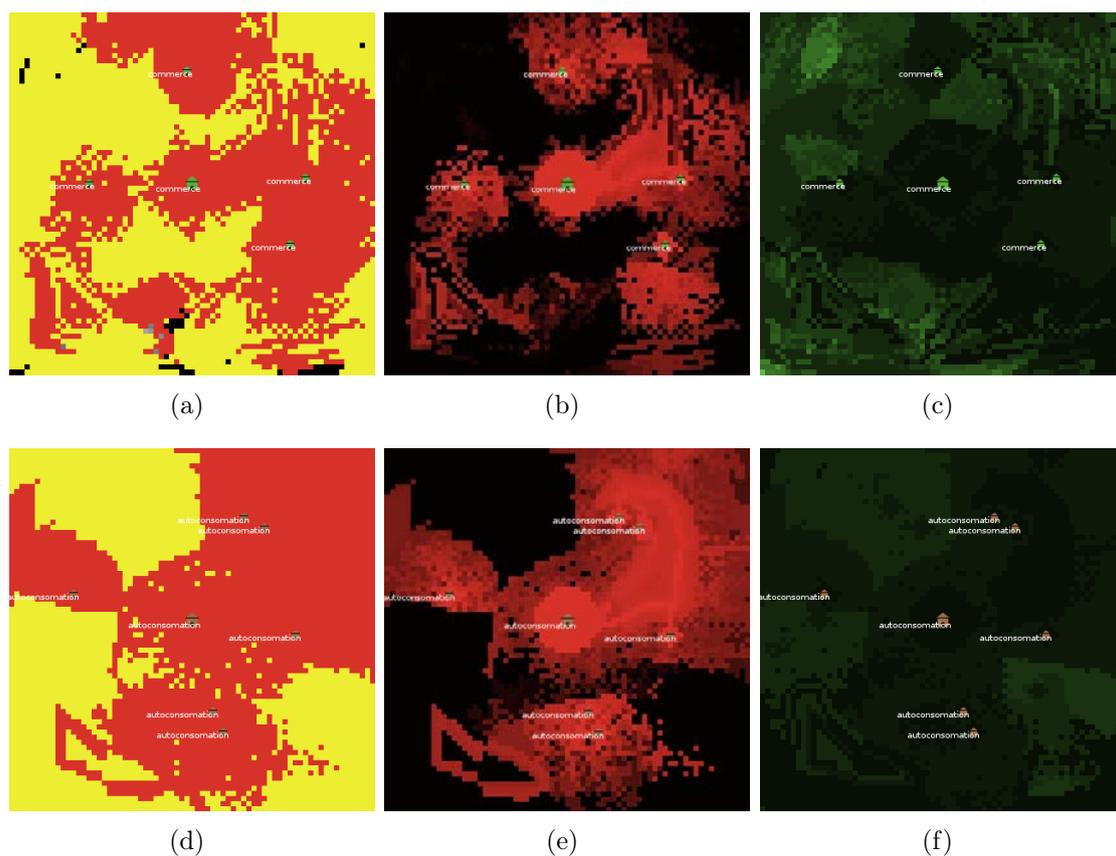


FIGURE 3.23 – Deux types de configuration spatiale du territoire après 300 itérations. Sur la ligne du haut, le modèle était soumis à un marché guidé par une fonction affine. On retrouve en (a) le partage de l’espace entre vigne et céréales, en (b) l’histoire de la culture de la vigne (nombre d’itérations où la vigne s’est maintenue sur la parcelle) et en (c) le nombre de fois où le couvert végétal a varié sur la parcelle. Sur la ligne du bas, le modèle est guidé par un marché logistique. Comme précédemment on retrouve en (d) le partage de l’espace entre vigne et céréales, en (b) l’histoire de la culture de la vigne (nombre d’itérations où la vigne s’est maintenue sur la parcelle) et en (f) le nombre de fois où le couvert végétal a varié sur la parcelle.

fonction linéaire (c), les zones qui ont le moins changé de couvert (et donc conservé de la vigne le plus longtemps), les espaces soient plus étendus que dans une configuration logistique (c.f. 3.23(f)), ce qui apporte une information supplémentaire. Le marché guidé par une fonction linéaire aurait tendance à maintenir des noyaux d’élites²⁸ plus importants que dans le cas d’un marché guidé par une fonction logistique.

Là encore on peut imaginer un parallèle historique avec la situation de la Touraine au XVIII^e siècle. En effet, les exportations par la Loire sont taxées en direction de Nantes (MAILLARD 1992). Le vin est une marchandise pondéreuse, donc coûteuse à faire voyager. Des exportations en petite quantité, mais de bonne qualité, produites par des portions de

28. Le concept de noyaux d’élites a été défini par KUHNHOLTZ-LORDAT (1960). Il le définit comme un système d’extension spatiale centrifuge, dans lequel plus on s’éloigne du centre et plus la qualité diminue.

territoire²⁹, font monter les prix du vin, mais le contrôle « extérieur » sur le prix exercé par la taxe pourrait avoir ce type de résultat sur les surfaces produites.

Grâce à ces simulations, on peut dire que les territoires viticoles aujourd’hui reconnus ont sûrement eu besoin, dans les premiers temps, d’un environnement économique suffisamment stable pour garantir des débouchés, tout en profitant localement de « ce qui, dans la disposition naturelle des lieux, pouvait favoriser son [en parlant de viticulteurs] dessein (...) ». Par là s’établit, mais dans le menu détail, bien plus que dans les grandes lignes, le lien de la géographie viticole à la géographie physique » (DION 1952, p.428) .

La fonction logistique représente plus un modèle spéculatif dans lequel les prix sont fixés par des variables qui échappent, au moins partiellement, au territoire et aux agents (vins d’opportunité). Si la baisse des prix est liée à l’extension entre deux itérations, on découvre, sur la figure 3.22, qu’une forte réactivité du prix (b de -0.003 ou -0.004) génère une réappropriation de l’espace par les localités qui ont réussi à se maintenir. Ces émergences sont le résultat d’un darwinisme économique et spatial couplé à une forte réactivité du système économique en jeu, qui a tendance à recréer une stabilité précaire. Les zones les plus adaptées pour la viticulture ne sont alors plus occupées de manière aussi optimale par la vigne, bien que celle-ci reste une composante du paysage.

Ce modèle nous permet d’explorer ainsi les implications spatiales des hypothèses avancées par HINNEWINKEL (2010, p.10) : « La position commerciale acquise ne durera que par la mise en place d’une efficace protection de la rente territoriale sur un espace délimité. La durabilité de cette rente est alors essentiellement liée à la société qui la porte ». Cette protection, qui fait tellement défaut dans la situation où le marché est guidé par une équation logistique et qui finalement est peu nécessaire aux situations soumises au marché linéaire, nous permet de dresser les grandes lignes par « plausibilité de principe » (VARENNE 2011) du défaut de protection et d’auto-organisation dont ont besoin les sociétés pour faire face à toutes les circonstances.

Conclusion

Ce premier travail nous permet de présenter la posture scientifique qui conduit à explorer les comportements du monde réel à partir de modélisations. La modélisation et les systèmes multi-agents sont alors utilisés comme « une béquille pour l’esprit humain » (BANOS 2010). Ils aident à se projeter et à comprendre des situations complexes.

Nous avons pu explorer certaines hypothèses nécessaires à la compréhension des comportements génériques de la structuration des paysages viticoles. En particulier, nous montrons que l’espace a moins d’influence sur le maintien des sociétés villageoises que sur l’implantation des cultures (c.f part. 3.2.4.1 Isotropie, anisotropie, espace de compé-

29. Comme Vouvray et Joué (MAILLARD 1998) en Touraine.

tition). Nos explorations des comportements du paysage, pour en déduire la nature de la contrainte économique, nous ont permis d’esquisser quelques pistes quant aux forces agissant sur les paysages agricoles.

- Nous pouvons d’ores et déjà avancer que les contraintes mises en évidence avec le modèle *Dion still alive* (part 3.1) n’ont pas disparu. Le marché reste très structurant, mais l’hétérogénéité (les agro-terroirs) est utilisée par les agents ;
- La nouveauté réside ici à considérer les formes économiques qui entrent en jeu sur le territoire comme des contraintes spatialement structurantes.

Ainsi, si certaines formes ou certains processus jouant sur la structuration paysagère nous semblent plus clairs - par exemple, la détermination de la contrainte liée à l’hétérogénéité spatiale sur les cultures - une grande part d’ombre persiste sur les structures plus fines qui peuvent se mettre en place sur les composantes de la notion de terroir. Ces résultats ouvrent, des questionnements dans plusieurs directions :

- Impliquant exactement le même modèle, mais en questionnant d’autres composantes. En s’inspirant des travaux de R. DION nous pourrions nous interroger sur les possibilités de cohabitation de deux types de viticulture³⁰ : une viticulture paysanne et une viticulture bourgeoise. On pourrait également imaginer explorer les effets d’une viticulture de consommation locale contre une viticulture d’exportation³¹ ; et ainsi poursuivre cette tentative de définition du concept de terroir au sens topologique ;
- Impliquant un changement de résolution dans l’organisation sociale. Le passage à une unité individuelle à l’échelle des agriculteurs pourrait être un enrichissement du système qui permettrait de descendre à un niveau d’interactions intra-communautaires (à l’intérieur de la localité). On pourrait alors vérifier la robustesse des territoires viticoles et plus particulièrement les comportements spatiaux liés au triptyque « *rente - organisation - terroir* » (HINNEWINKEL 2004). Ce changement d’échelle de réflexion en remplaçant l’agent localité par les Hommes, afin d’explorer plus finement les processus à mobiliser dès lors que l’hypothèse de l’individualisme méthodologique est introduite (BOUDON 2004). Dans ces conditions, les paysages viticoles pourraient être considérés comme des émergences de second ordre (N. GILBERT 1995a).

A ce moment-là de la réflexion, nous avons fait le choix d’orienter nos travaux vers les seconds questionnements. En effet, bien que très intéressants, les questionnements autour

30. Mis en avant dans la lecture des travaux de DION (1952) avec une grille de lecture marxisante, opposant la viticulture paysanne et la viticulture bourgeoise dans leurs objectifs de qualité.

31. Dans un rapport de *Morgan Stanley analysts*, KIERATH et WANG (2013) avancent que le marché mondial du vin risque de se contracter à cause d’une pénurie de production. Les auteurs s’appuient, entre autres, sur le fait que la demande mondiale de vin a dépassé l’offre. Cette caractéristique est accentuée par le fait que 2012 aura été l’année où la production est tombée le plus bas depuis les 40 dernières années.

des formes de cohabitation des différents types de viticulture nous auraient éloignés de l’ancrage territorial. Ces deux premiers modèles nous permettent de situer la viticulture et des comportements spatiaux du vignoble à des niveaux agrégés, mais les questionnements apportés par nos territoires d’étude nécessitaient de déplacer nos interrogations vers un niveau social plus fin. Ainsi les chapitres 4 et 5 nous permettront des résolutions d’interactions plus fines.

Conclusion du chapitre

Nous avons dans ce chapitre exposé les détails et les résultats des modèles *Dion still alive* et VICtOr pour explorer quelles sont les « forces » durables à l’origine de l’hétérogénéité des formes sociales et spatiales du vignoble de fortes pentes, et de ce qui le différencie de la plaine.

Avec le modèle *Dion still alive*, nous montrons que le marché et la structuration des voies commerciales jouent un rôle dans la construction sociale de la qualité. Avec l’approche de modélisation, nous allons d’ailleurs plus loin que les hypothèses avancées par DION (1952) en essayant de formaliser le type de comportement qui pourrait décrire le plus justement l’évolution sociale de la qualité.

Avec le modèle VICtOr, nous nous rapprochons de l’échelle de réflexion identifiée dans l’approche systémique d’AURIAC (2000) en observant l’évolution d’un territoire sur lequel les communautés villageoises sont soumises à une double concurrence : concurrence spatiale et concurrence économique dans lesquelles celles-ci sont tributaire d’évolutions qui leur échappent au moins partiellement. Dans ce cas-là, l’évolution des prix de vente des productions influence le territoire, mais les agents, localement, bénéficient toujours d’une certaine latitude.

Si nous rejoignons l’hypothèse d’AURIAC (*ibid.*, p.45), qui considère que les formes capitalistes ne doivent pas être considérées « ni comme seules ni comme primordiales » dans la structuration hétérogène du vignoble, les résultats de ces modèles montrent bien qu’elles y jouent, malgré tout, un rôle plus important que celui que lui attribues aujourd’hui la littérature.

L’agrégation spatiale et sociale qui sous-tend ce chapitre participe à virtualiser une partie du système. Á l’évidence, l’introduction d’une diversité d’acteurs couplée à la diversité de conditions locales conduira le système à produire de l’hétérogénéité. C’est à cette hétérogénéité que nous nous intéressons dans les chapitres suivants dans le but d’isoler des *patterns* de développement identiques de la viticulture de montagne et de fortes pentes et ce malgré cette hétérogénéité apparente.