

Simulation des dynamiques spatiales d'un territoire agro-viticole : premier pas vers le modèle VitiTerroir

Adrien LAMMOGLIA¹, Etienne DELAY², Samuel LETURCO¹, Éric ROUVELLAC²

¹UMR 7324 CITERES, équipe LAT, 40 rue James Watt, F-37200 Tours, France

²UMR 6042 GEOLAB, Université de Limoges, FLSH, 39E rue Camille Guérin 87036 Limoges, France

Mots-Clés

Système viticole ; dynamiques spatiales ; compétition territoriale ; modélisation multi-agents ; programme VitiTerroir

Résumé

Introduction

Loin d'être figés, les territoires viticoles, espaces vivants, évoluent au rythme des pulsations de la société. Les communautés humaines créent, exploitent, entretiennent, adaptent à leurs besoins les vignobles sous l'influence des considérations culturelles (évolution des goûts, sentiment d'attachement identitaire à la vigne), sociales (exigences nouvelles des consommateurs en matière de santé publique et de bien-être), économiques (évolution de la demande, pression de la concurrence), juridiques (évolution de la législation sur les droits de plantation) et environnementales (appauvrissement et érosion des sols, évolutions climatiques, pression urbaine).

Le programme VitiTerroir¹ a pour ambition de poser les bases d'une analyse dynamique des territoires viticoles en région Centre. Nous considérons le territoire viticole comme le produit des interactions entre écosystème et anthroposystème, autrement dit, comme un système (très) complexe. Il n'est en aucun cas donné comme un invariant déterminé par des nécessités naturelles, mais bien au contraire comme un construit social (Dion 1959). Pour simuler les dynamiques spatiales des territoires viticoles à des échelles de temps et d'espace variables, nous avons opté pour la modélisation multi-agents (Ferber & Perrot 1995). Elle nous semble particulièrement adaptée pour appréhender la complexité des systèmes et étudier leurs répercussions spatiales (Amblard & Phan 2006).

Notre contribution s'insère dans les volets « 4. Configurations paysagères, occupation du sol, écologie spatiale », « 5. Dynamiques spatiales et interactions sociales » et « 12. Simulations spatiales et systèmes complexes » de TheoQuant15. Nous présentons tout d'abord le modèle VICTOR (Viticulture Consommation TOuRaine) (Delay et al. 2013) qui a constitué le premier pas dans l'élaboration du programme VitiTerroir. Après une discussion des principaux résultats obtenus, nous proposons une transition vers la méthodologie générale adoptée pour VitiTerroir, en précisant son domaine d'application.

¹<http://viterroir.hypotheses.org/tag/viterroir>

Le modèle VICTOR

Le modèle multi-agents VICTOR est le fruit d'une collaboration entre historiens (LAT, Tours) et géographes (GEOLAB, Limoges). Au sein d'un territoire agricole virtuel, il permet d'explorer les dynamiques spatiales engendrées par la compétition entre la viticulture (culture pérenne) et d'autres formes d'agriculture comme la céréaliculture (culture annuelle). Le modèle est basé sur une complexification des hypothèses proposées par von Thünen (von Thünen 1966) :

- l'inégale fertilité des sols influence les stratégies d'implantation et la structuration des cultures ;
- la multiplicité des marchés urbains implique une imbrication des aires de production, de commercialisation et de consommation ;
- contraints par la distance, les villages sont tentés d'abandonner en premier lieu les parcelles les plus éloignées du centre.

VICTOR repose sur deux types d'agents : les villages et les hameaux satellites. Ils représentent tous deux des localités habités par des agriculteurs. Ils sont différenciés par leur population à l'état initial. Les orientations de culture sont prises par les agents chaque année, ce qui conduit à une restructuration du paysage agraire en fonction des opportunités du marché et des contraintes spatiales. Le village tente d'optimiser les cultures de son aire d'influence en fonction de la demande locale et des prix du marché, qui sont mis à jour selon des scénarios préalablement définis.

Le modèle a été développé dans le *framework* NetLogo 5.0.5. (Wilensky 1999; Tisue & Wilensky 2004). Une analyse de sensibilité aux conditions initiales a été menée avec la plateforme OpenMole (Reuillon et al. 2013). Les données extraites des simulations ont ensuite été traitées avec le logiciel R (R. Core Team 2012). Un protocole de simulation regroupant 470 simulations a permis d'analyser (a) les effets de l'isotropie/anisotropie et de la position initiale des localités, (b) l'effet du nombre de villages sur le comportement du système et (c) l'effet d'une macro économie basée sur une fonction linéaire ou logistique. A l'issue du travail nous avons pu ainsi appréhender (i) la dynamique des surfaces céréalières et viticoles, (ii) les modalités d'utilisation du sol en fonction de la culture² et (iii) la résilience des localités (villages et hameaux).

Les simulations montrent qu'une configuration anisotropique (e.g. un espace segmenté par des coteaux) défavorise la culture céréalière. Cette dernière étant sensible aux conditions d'implantation, la moindre réduction des terres favorables aux céréales induit inévitablement une diminution de leurs surfaces cultivées. Cela n'est pas vrai pour la vigne qui est capable de se développer sur une grande variété de sols, dont sur des parcelles en pente. Les céréales étant une ressource indispensable pour les villages, une compétition intense entre les localités, pour le contrôle des terres les plus favorables, se met en place au fur et à mesure que la population accroit. Dans un contexte d'auto-consommation, on constate que, dans le processus de compétition spatiale, la priorité est donnée à la production des céréales, plutôt

² Cela permet de vérifier ou infirmer l'effet de la prédisposition de la vigne à être installée sur des terres pauvres à l'inverse des céréales qui sont normalement conduites sur les terres riches, ainsi que le propose R. Dion (Dion 1952)

qu'à celle du raisin. Pourtant, lorsque la rente attribuée à la vigne devient avantageuse ou que la place vient à manquer, on constate que la viticulture gagne de l'espace sur les terres céréalières (cf. Figure 1), comme cela s'est, par exemple, produit dans le Bourgueillois à la fin du XIX^e siècle (Dion 1952; Caslot 2011).

Le facteur économique apparaît donc déterminant dans le fonctionnement du système agroviticole. Le modèle montre que si les localités sont soumises à un marché linéaire, elles développent un comportement d'inhibition de la production pour aboutir à un équilibre de Pareto, en termes de ressources spatiales. A contrario, lorsqu'elles sont soumises à des marchés cycliques (décorrélés au fonctionnement du territoire, et représentatifs d'un système de spéculation sur la production), on assiste à une recherche d'optimisation et donc à une compétition entre les localités beaucoup plus intense. On comprend alors que les territoires viticoles de renommées ont certainement bénéficié à leur création 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 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).

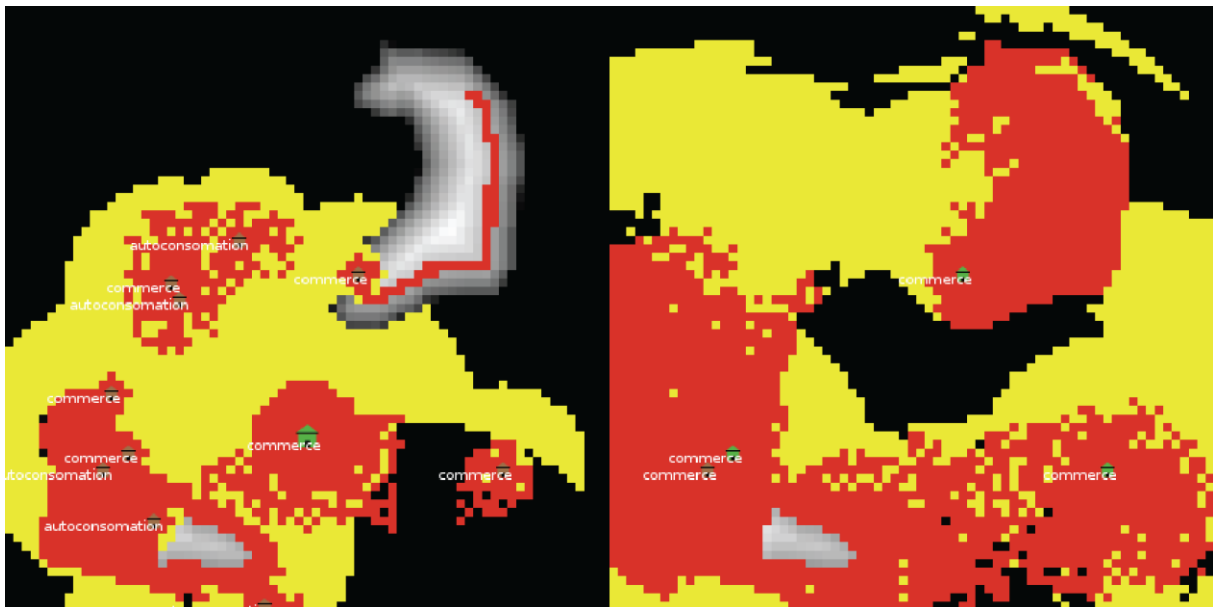


Figure 1: Configurations spatiales du territoire en début (gauche) et fin (droite) de simulation (en contexte de marché cyclique). (Rouge = Vigne, Jaune = céréales, Gris = parcelles en altitude)

Le programme VitiTerroir

Suite à l'expérience menée avec VICTOR, nous avons jugé intéressant d'élargir l'étude en proposant le programme³ VitiTerroir. L'objectif est de développer un modèle permettant de simuler la dynamique spatiale des territoires viticoles à plusieurs échelles spatiales et temporelles. Pour ce projet nous proposons de scinder en deux le travail de modélisation. La première étape consiste à développer un corpus de modèles spécifiques à chaque discipline (e.g. influence du marché sur l'emprise spatiale des vignobles, compétition entre l'urbain et

³ Programme de recherche régional pluridisciplinaire financé par la région Centre (2014-2017), regroupant huit institutions et laboratoires partenaires.

la viticulture, relation entre les propriétés bio-génétiques des cépages et l'extinction/expansion des vignobles, etc.). Dans un premier temps, cela va nous permettre d'analyser précisément et indépendamment l'impact de quelques facteurs sur le fonctionnement des systèmes viti-vinicoles. La seconde étape consiste à regrouper les modèles dans un même simulateur, pour simuler, cette fois-ci, la dynamique globale des territoires viticoles en prenant en compte les interactions entre les différents processus étudiés en amont (facteurs économiques, sociétaux, biologiques, etc.). La perspective est alors multi-échelle, non seulement dans l'espace (échelle de la vigne, de la parcelle, du vignoble, et de la région), mais aussi dans le temps (temps court de quelques années, temps moyen de quelques décennies, temps long de plusieurs siècles).

VitiTerroir se construit sous la forme d'un meta-modèle (Treuil et al. 2008), c'est-à-dire un regroupement de sous modèles dynamiques qui seront exécutés en simultané et en interaction dans le simulateur. Le méta-modèle définit les concepts de modélisation utilisés, les propriétés et les relations existantes entre chacune des entités implémentées dans les sous-modèles. D'un point de vue méthodologique, l'intérêt de cette méthode est (i) d'identifier les procédures spécifiques aux différentes thématiques analysées, (ii) de mutualiser un maximum de procédures et de paramètres qui sont communs aux sous-modèles et (iii) de disposer d'une seule et même interface pour analyser et interpréter les données de simulation (cf. Figure 2).

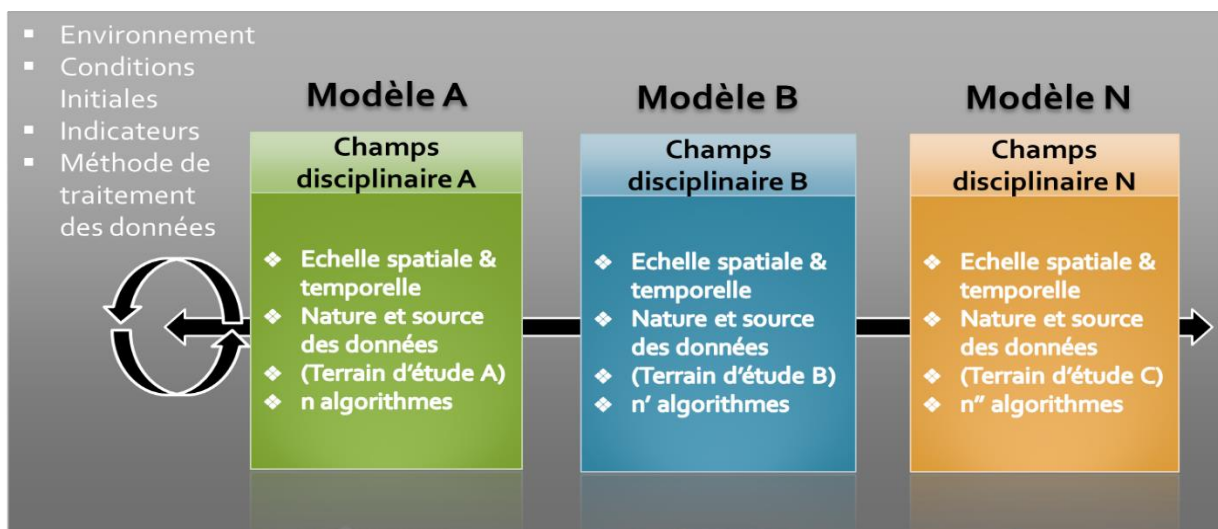


Figure 2: architecture du simulateur VitiTerroir

Perspectives

In fine, le programme VitiTerroir propose de mettre en place les bases d'un outil prospectif fondé sur la modélisation des transformations territoriales des vignobles dans la longue durée. Face aux défis que la viticulture affrontera dans les prochaines décennies, le programme envisage de fournir une compréhension historique, et à terme prospective, de l'activité viticole à plusieurs échelles spatiales (régions, départements, vignobles, parcelles) et temporelles (décennie, demi-siècle, siècle, pluriséculaire). Notre ambition est de mesurer précisément le poids des facteurs environnementaux et sociétaux dans leur profondeur historique (résilience) et de simuler, sur la base d'une connaissance pluridisciplinaire des transformations passées, la complexité des évolutions plausibles.

Références

- Amblard, F. & Phan, D., 2006. *Modélisation et simulation multi-agents : applications pour les Sciences de l'Homme et de la Société*, Paris: Hermes science publ.
- Caslot, L., 2011. L'évolution du vignoble Bourguellois entre 1850 et 1950 : permanences et mutations.
- Delay, E., Letrucq, S. & Rodier, X., 2013. Paysage computationnel, viticulture virtuelle. Histoire d'émergence spatiale. Available at: http://isa.univ-tours.fr/modys/download/rd13_delay.pdf [Accessed September 25, 2014].
- Dion, R., 1959. *Histoire de la vigne et du vin en France des origines au XIXe siècle*, CNRS éditions.
- Dion, R., 1952. Querelle des anciens et des modernes sur les facteurs de la qualité du vin. In *Annales de géographie*. JSTOR, pp. 417–431. Available at: <http://www.jstor.org/stable/23442544> [Accessed December 11, 2014].
- Ferber, J. & Perrot, J.F., 1995. *Les systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*, InterEditions Paris.
- R. Core Team, 2012. R: A language and environment for statistical computing. Available at: <http://cran.case.edu/web/packages/dplR/vignettes/timeseries-dplR.pdf> [Accessed December 11, 2014].
- Reuillon, R., Leclaire, M. & Rey-Coyrehourcq, S., 2013. OpenMOLE, a workflow engine specifically tailored for the distributed exploration of simulation models. *Future Generation Computer Systems*, 29(8), pp.1981–1990.
- Von Thünen, J.H., 1966. *Isolated state: an English edition of Der isolierte Staat*, Pergamon Press.
- Tisue, S. & Wilensky, U., 2004. NetLogo: A simple environment for modeling complexity. In *International Conference on Complex Systems*. pp. 16–21. Available at: <http://ccl.sesp.northwestern.edu/papers/netlogo-iccs2004.pdf> [Accessed September 6, 2012].
- Treuil, J.-P., Drogoul, A. & Zucker, J.-D., 2008. *Modélisation et simulation à base d'agents: exemples commentés, outils informatiques et questions théoriques*, Dunod. Available at: <http://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=cQTj0fgJf8IC&oi=fnd&pg=PR5&dq=mod%C3%A9lisation+et+simulation+%C3%A0+base+d%27agents&ots=86o7LWan3H&sig=W9i-KKms34I2LJux1QucfupVaM> [Accessed April 30, 2013].
- Wilensky, U., 1999. GasLab: An extensible modeling toolkit for connecting micro-and macro-properties of gases. *Modeling and simulation in science and mathematics education*, 1, p.151.