

---

# Contributions de l'écologie des paysages à la caractérisation des trajectoires des socio-écosystèmes : analyse critique et perspectives

Thomas Houet\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (CNRS LETG) – Université de Rennes 2, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6554 – Université Rennes 2, CNRS UMR LETG 6554, Place du recteur Henri Le Moal, 35043 Rennes Cedex, France

## Résumé

Thomas Houet 1, Audrey Alignier 5, Aurélien Jamoneau 2, Clélia Sirami 3, Florent Rumiano 4, Annelise Tran 4, Dominique Marguerie 6

- LETG-Rennes UMR 6554 CNRS, Géographie, Rennes
- INRAE, UR EABX 1454, Cestas
- UMR DYNAFOR, INP de Toulouse, INRAE, Auzeville Tolosane, France
- CIRAD, UMR TETIS, Montpellier, France
- BAGAP UMR 0980 INRAE-Institut Agro-ESA, Rennes, France
- ECOBIO UMR6553 CNRS

Cette contribution est le fruit d'une réflexion collective de scientifiques investis dans l'écologie des paysages, réalisée dans le cadre d'un atelier participatif lors des Rencontres d'Ecologie des Paysages qui se sont déroulées à Rennes du 11 au 13 octobre 2021. La communauté concernée regroupe divers instituts de recherche (INRAE, CIRAD, Universités, CNRS) et diverses disciplines (écologie, géographie, agronomie, etc.).

Si le cadre des socio-écosystèmes a bien été décrit (Collins et al. 2001) et développé récemment par Bretagnolle et al. (2019) dans le contexte de réseau des Zones Ateliers, l'écologie des paysages aborde leurs trajectoires en prenant en compte l'existence d'interactions entre les différentes composantes de ces socio-écosystèmes. Cette approche permet ainsi d'explorer les trajectoires des socio-écosystèmes, sous le prisme de l'étude des dynamiques d'interactions (et boucles de rétro-actions) entre "paysages" (type d'occupation du sol), "ressources" (biodiversité en particulier, mais extensible à l'eau, la santé, le sol, etc.) et "sociétés humaines" (types d'usage du sol, pratiques de gestion, usages culturels, ...).

La comparaison de différents travaux en écologie des paysages menés par les participants à l'atelier a permis de faire ressortir quatre points principaux sur lesquels l'écologie des paysages peut apporter une contribution à l'étude des trajectoires des socio-écosystèmes. Elle a également permis d'identifier des limites de ces approches et des perspectives de recherche pour améliorer l'étude des trajectoires des socio-écosystèmes.

- **Caractérisation des changements de la structure des paysages** : il s'agit d'identifier

---

\*Intervenant

suyant des approches la plupart du temps quantitatives (cartographiques) et diachroniques les changements d'occupation et d'usage du sol. La majeure partie des études utilisent la télédétection spatiale et les photographies aériennes p, avec des pas de temps usuellement décennaux mais pouvant varier selon les problématiques abordées (modèle biologique, contexte socio-économique, types d'usages – sylvicole, viticole, agricole, etc.). Si la disponibilité de la donnée est une contrainte forte, la fréquence temporelle des produits satellitaires récents (e.g. Sentinel-1 et 2 - par exemple Mercier et al. 2019) ou encore les nouvelles sources de données (e.g. drone) réinterrogent l'analyse des interactions mentionnées ci-dessus, les méthodes utilisées et certains des concepts de l'écologie des paysages. Par ailleurs, la disponibilité de cartes anciennes limite la prise en compte du temps long (de la centaine d'années à plusieurs milliers d'années). Alors que cette temporalité est intéressante pour connaître et évaluer l'impact de perturbations (climatiques, anthropiques) anciennes sur les paysages et les ressources, et pourrait éclairer sur des situations à venir, les documents biologiques contenus dans les archives sédimentaires et archéologiques sont difficilement représentables cartographiquement : ces archives renseignent sur l'organisation et la composition des paysages, sur certaines pratiques anthropiques, mais expliquent difficilement leur hétérogénéité ou leurs répartitions. Le passage du point (carottage) à la carte est un défi majeur actuellement (Mazier et al., 2015 ; Van Beek et al., 2017).

*La question de la résolution de la donnée nécessaire est donc forte et doit être abordée très en amont vis-à-vis des problématiques actuelles (et à venir) et requièrent une bancarisation systématique. La place des Observatoires de recherche (ZA, OHM, SNO) est centrale pour expérimenter et contribuer à apporter une réflexion générique sur la base d'une diversité de cas d'applications.*

- **Identification des drivers des changements de paysage** (multifactoriels, multi-scalaires) : si là aussi des méthodes quantitatives sont régulièrement employées (statistiques spatiales) pour expliciter la localisation de certains changements, notamment l'influence de facteurs biophysiques (climat, topographie), un usage complémentaire de méthodes qualitatives (entretiens, analyse de discours, cartographie participative, etc.) semble indispensable pour pouvoir établir des liens de causalités avec des facteurs anthropiques (économie, gouvernance, politiques publiques). Peu de méthodes synthétiques existent pour représenter et hiérarchiser ces drivers (poids, périodes d'influence). La frise chrono-systémique constitue une tentative intéressante d'approche à la fois synthétique et comparative (e.g. confrontation des conceptions des processus et des trajectoires à différentes échelles), et qui souligne les apports de différentes disciplines. Cette approche a notamment été testée sur une diversité de sites du Réseau des Zones Ateliers (Bergeret et al. 2015; Alignier et al. 2020; Cognard et al. 2020; Pinaut et al.2020).

*L'interdisciplinarité est un critère indispensable à la compréhension du fonctionnement d'un socio-écosystème, où la place des SHS doit être renforcée mais aussi relativement normalisée pour faciliter le couplage de méthodes quantitatives et qualitatives.*

- **Modélisation des paysages socio-écologiques (i.e. un ensemble de socio-écosystèmes en interaction)**: la modélisation peut avoir deux finalités : (1) participer aux deux objectifs précédents au travers par exemple d'une " analyse des résidus " (comment expliquer l'écart observé de l'évolution d'un socio-écosystème par rapport à une trajectoire modélisée et donc simplifiée de celui-ci) ou encore par comparaison avec des processus / données observées sur le terrain ; (2) l'exploration du futur au travers d'approches scénaristiques (Houet et al. 2010, 2016, 2017) pour tester des stratégies de gestion, l'impact d'usages du sol ou encore des rétroactions entre Paysages-Hommes-Ressources (Ouin et al. 2021). Trop souvent, la modélisation va dans un seul sens (impact des usages anthropiques sur les paysages, et leurs répercussions sur la biodiversité par exemple) et devrait davantage intégrer les phénomènes de rétroaction, i.e. l'impact des services / disservices fournis par la Biodiversité (par exem-

ple) sur les usages et stratégies de gestion des paysages.

*La modélisation, terme fortement polysémique, recouvre une large diversité d'approches (statistiques plus ou moins complexes, modélisation spatiale, modélisation dynamique, modélisation de systèmes complexes...) a donc pour but de fournir de la connaissance pour l'aide à la décision.*

**- Contribution à l'aide à la décision pour la gestion des paysages:** L'échelle paysagère représente un niveau d'organisation privilégié pour les interactions avec les acteurs du territoire (Vialatte et al. 2019). De ce fait, une des finalités de l'étude des trajectoires des paysages socio-écologiques (Cumming et al. 2013) est souvent l'aide à la décision auprès des décideurs ou autres acteurs locaux. L'étude de ces trajectoires peut en effet (1) faciliter la planification territoriale vis-à-vis des Objectifs du Développement Durable (ODD), (2) sensibiliser les acteurs locaux à plus de flexibilité, de prise de recul pour une gestion plus adaptative et moins planifiée (" sortir la tête du guidon " même si certaines marges de manœuvres peuvent être réduites dans l'adaptation (ou l'adoption) de certaines pratiques agricoles par exemple compte tenu des contraintes qui pèsent sur le fonctionnement de l'exploitation), ou encore (3) contribuer à l'évaluation de politiques publiques et de schémas / stratégies de gestion car certains outils de planification (SAGE, SCoT) peuvent avoir une portée trop limitée ou ne couvrant qu'une ressource / service écosystémique. Dans ce dernier cas, une approche intégrée des divers usages et enjeux de gestion est indispensable. Le transfert de connaissances et les interactions avec la décision publique (quels que soient les niveaux d'organisation concernés: individus, collectivités territoriales, Etat, Europe) restent cependant délicats. Si les approches quantitatives tendent à objectiver les débats et autres recommandations, elles peuvent aussi être utilisées à des fins de caution scientifique pour justifier un choix politique (voire un enjeu de pouvoir). Les modalités de construction de ces connaissances, les choix de représentation de ces connaissances (par exemple cartographiques) et les modalités de diffusion et de discussion de ces connaissances requièrent donc un cadrage conceptuel.

*Les travaux en écologie des paysages sur les trajectoires des socio-écosystèmes facilitent la transdisciplinarité et l'interface entre la recherche et l'action publique. Ils doivent cependant s'accompagner d'une approche réflexive et d'un cadrage conceptuel des enjeux à l'interface entre science et société.*

Du rôle central de la carte

La cartographie joue un rôle central dans tous les cas de figure. Elle est à la fois la donnée, la quantification, le support participatif, le média d'interaction et de décision. Les modes de représentation de la donnée (vecteur, raster) influent sur les méthodes d'analyse et de modélisation. Leur résolution spatiale et temporelle permettent la compréhension de certains processus biologiques en réaction à certaines pratiques, et réciproquement. La télédétection et la modélisation spatiale sont indispensables à la compréhension et à l'identification des trajectoires des socio-écosystèmes (Houet et al. 2010b), et font encore aujourd'hui face à des défis méthodologiques propres (e.g., défis liés aux variations d'échelles spatio-temporelles, à l'hétérogénéité de la donnée de télédétection, à la généralité et à la validation de la modélisation spatiale).

Conclusion

Les travaux menés en écologie des paysages confirment le caractère intrinsèquement interdisciplinaire voire transdisciplinaire de l'étude des trajectoires des socio-écosystèmes, en crise ou non. Ils mobilisent une grande diversité de méthodes que l'écologie des paysages (au sens large du terme) a pu contribuer à formaliser. Des innovations (type de données, couplage de méthodes qualitatives/quantitatives, approches multi-échelles, représentation cartographique de l'incertitude, etc.) restent nécessaires et la capitalisation des acquis nécessite une formalisation qui peut recouvrir divers aspects (bancairisation et FAIRisation des données, charte éthique liée à l'usage des connaissances scientifiques destinées à atteindre les ODDs et pour éviter son détournement à des fins politiques, positionnement / implication du chercheur

dans l'accompagnement de l'aide à la décision). Ces aspects constituent des perspectives de recherches indispensables dans les domaines de l'Environnement et de l'Écologie.

## Références

Alignier A., Bergerot B., Houet T., Langlais-Hesse A., Nabucet J. Trajectoires des systèmes bocagers du nord de la Zone Atelier Armorique : approche chrono-systémique des déterminants de la relation de l'Homme à la haie. 5e colloque des Zones Ateliers, Nov 2020, Blois, France.

Bergeret A., Delannoy J.J. , George-Marcelpoil E., Piazza-Morel D., Berthier-Foglar S. , et al. L'outil-frise, dispositif d'étude interdisciplinaire du changement territorial. Favoriser l'interdisciplinarité par un outil de visualisation du changement territorial. Espaces-Temps.net, Association Espaces Temps.net, 2015, pp. 24. <hal-02601644>

Bretagnolle, V., M. Benoit, M. Bonnefond, V. Breton, J. M. Church, S. Gaba, D. Gilbert, F. Gillet, S. Glatron, C. Guerbois, N. Lamouroux, M. Lebouvier, C. Mazé, J.-M. Mouchel, A. Ouin, O. Pays, C. Piscart, O. Ragueneau, S. Servain, T. Spiegelberger, and H. Fritz. 2019. Action-orientated research and framework: insights from the French long-term social-ecological research network. *Ecology and Society* 24(3):10. <https://doi.org/10.5751/ES-10989-240310>

Cognard V., Baltzinger C., Robert A., Servain S.. Gouvernance et changements de trajectoire au sein du Domaine national de Chambord : un territoire emmuré depuis 5 siècles. 5e colloque des Zones Ateliers-CNRS : 2000-2020, 20 ans de recherche du Réseau des Zones Ateliers, Réseau des Zones Ateliers-CNRS, Nov 2020, à distance, France. <hal-03001878>

Collins, S. L., S. R. Carpenter, S. M. Swinton, D. E. Orenstein, D. L. Childers, T. L. Gragson, N. B. Grimm, J. M. Grove, S. L. Harlan, J. P. Kaye, A. K. Knapp, G. P. Kofinas, J. J. Magnuson, W. H. McDowell, J. M. Melack, L. A. Ogden, G. P. Robertson, M. D. Smith, and A. C. Whitmer. 2011. An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9:351-357. <https://doi.org/10.1890/100068>

Cumming et al. (2013) <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-012-9725-4>

Houet T., Loveland T. R., Hubert-Moy L., Napton D., Gaucherel C. and Barnes C. (2010a) Exploring subtle land use and land cover changes: a framework based on future landscape studies, *Landscape Ecology*, 25(2), 249-266, <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-9362-8>

Houet T., Verburg P. and Loveland T. (2010b), Monitoring and modelling landscape dynamics, *Landscape Ecology*, 25(2), 163-167 <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-9417-x>

Houet T., Marchadier C., Bretagne G., Moine M.P., Aguejdad R., Vigié V., Bonhomme M., Lemonsu A., Avner P., Hidalgo J., Masson V. (2016). Combining narratives and modeling approaches to simulate fine-scale and long-term urban growth scenarios for climate adaptation. *Environmental Modelling and Software*, 86:1-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.010>

Houet T., Grémont M., Vacquie L., Forget Y., Bourrier F., Peltier A., Puissant A., Bernardie S., Grandjean G., (2017) Downscaling scenarios of future land use and land cover changes using a participatory approach: an application to mountain risk assessment in the Pyrenees (France), *Regional Environmental Change*, 17(8): 2293–2307, <http://link.springer.com/article/10.1007/s10113-017-1171-z>

Mazier F., Broström A., Bragée B., Fredh D., Stenberg L., Thiere G., Sugita S., Hammarlund D., 2015. Two hundred years of changing land-use in the South Swedish Uplands: comparison of historical map-based estimates with a pollen-based reconstruction using the Landscape Reconstruction Algorithm. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24(5), 555-570

Mercier A., Betbeder J., Rumiano F., Baudry J., Gond V., Blanc L., Bourgoïn C., Cornu G., Ciudad C., Marchamalo M., Pocard-Chapuis R., Hubert-Moy L.. 2019. Evaluation of sentinel-1 and 2 time series for land cover classification of forest–agriculture mosaics in temperate and tropical landscapes. *Remote Sensing*, 11:979, 20 p. <https://doi.org/10.3390/rs11080979>

Quin A., Andrieu E., Vialatte A., Balent G., Barbaro L., et al.. Building a shared vision of the future for multifunctional agricultural landscapes. Lessons from a long term socio-ecological research site in south-western France. *Advances in Ecological Research*, Elsevier, In press

Pinault L., Charpentier I., Glatron S.. L’Ile du Rohrschollen : Réserve naturelle ou socio-éco-techno-système ?. 5ème colloque des Zones Ateliers-CNRS - 2020, Nov 2020, Tours, France. hal-02992362

Van Beek R., Marguerie D., Burel F., 2017 - Land use, settlement, and plant diversity in Iron Age Northwest France. *The Holocene*, 28, 4, 513-528

**Mots-Clés:** Socio, écosystème, Paysage, Interactions Société, Environnement, Rétrospective, Prospective, Modélisation, Aide à la décision