



Évaluation de la dynamique des sites naturels par l'analyse des cartes de végétation

Sébastien GALLET & Jérôme SAWTSCHUK

20 ans de restauration et de gestion sur le site mégalithique de Carnac (Bretagne).

La gestion et la restauration des sites naturels ont pour but soit de contrôler soit d'accompagner la dynamique naturelle des milieux afin de maintenir ou de revenir à un état considéré comme « satisfaisant » d'un point de vue écologique. Or cette dynamique est souvent complexe et, s'il est possible de définir de grandes trajectoires dynamiques, leur expression à l'échelle d'un site est souvent hétérogène et difficilement prévisible.

Connaître ou prévoir l'évolution du couvert végétal d'un site apparaît aujourd'hui un élément indispensable à la conception et à l'évaluation des opérations de gestion et de restauration. Dans le cas des opérations de restauration, il s'agit d'établir des « modèles dynamiques » permettant de caractériser les différentes étapes et trajectoires empruntées par les écosystèmes après la mise en défens ou la mise en œuvre de techniques de génie écologique adaptées. La construction de ces modèles se fonde soit sur les résultats de suivis spécifiques réalisés sur des sites faisant l'objet d'une attention scientifique particulière, soit par l'analyse de données existantes. Ainsi, l'une des difficultés pour l'établissement de ces « modèles », et plus globalement pour l'évaluation de la dynamique d'un site, est la disponibilité de données. Un recensement effectué en 2007 sur les opérations de restauration de végétation des falaises littorales avait montré que moins d'un tiers des sites concernés avait fait l'objet de suivis scientifique et, à de rares exceptions près, uniquement pour des durées de quelques années (Lebras, 2007). De plus, les sui-

vis mis en œuvre, généralement des transects, des cadrats ou des lignes de points-contact, s'ils sont très informatifs localement d'un point de vue scientifique, rendent difficilement compte de la variabilité spatiale des dynamiques existantes au sein d'un site et de l'évolution globale de celui-ci.

Parallèlement, des cartographies de la végétation sont réalisées couramment dans le cadre de la gestion et de la protection des sites mais restent peu exploitées d'un point de vue scientifique. On peut ainsi s'interroger sur leur utilisation potentielle pour analyser les dynamiques des milieux naturels. En effet, certains sites peuvent avoir été cartographiés à plusieurs reprises, chaque carte donnant un état spatialisé du site à un moment donné. Souvent l'analyse de ces cartes se limite à une description de l'évolution des surfaces totales occupées pour chaque « type » de végétation cartographiée. Pourtant, les outils d'analyse spatiale (SIG) et les méthodes statistiques telles que les matrices de transition offrent des possibilités d'analyses à la fois relativement simples et puissantes pour décrire les changements de la végétation. En effet, si cette approche peut paraître complexe avec la possibilité d'analyses statistiques poussées, elle peut être appliquée facilement pour quantifier et schématiser la dynamique de la végétation (Usher, 1992 ; Sawtschuk, 2010 ; Sawtschuk et Bioret, 2012).

Ces possibilités d'analyses ont ici été testées à partir de données cartographiques fiables et répétées dans le temps pour éva-

luer les pratiques de restauration et de gestion mises en œuvre sur le site des alignements de Carnac (Gallet et Sawtschuk, 2014).

Un site étudié à la loupe...

Les *Alignements de Carnac* sont mondialement connus pour leurs files de menhirs qui regroupent plus de 2 500 pierres dressées au Néolithique, il y a près de 5 000 ans. Monument Historique et propriété de l'état depuis la fin du XIX^e siècle, les alignements ont néanmoins subi de fortes dégradations dans les années 1980 du fait, principalement, d'une fréquentation excessive et surtout non gérée. Afin de stopper les processus d'érosion et de restaurer le couvert végétal du site, celui-ci a été protégé, par mise en défens, au début des années 1990, ce qui a permis la mise en place de processus de recolonisation passive de la végétation (Gallet, 2010). L'objectif fixé alors était de restaurer ou de maintenir un système de landes rases. Pendant dix ans, le site a fait l'objet d'études concernant sa fréquentation et sa gestion. Celles-ci ont abouti à la mise en place, au début des années 2000, de modalités de gestion adaptées à ses caractéristiques écologiques et archéologiques (Gallet, 2010).

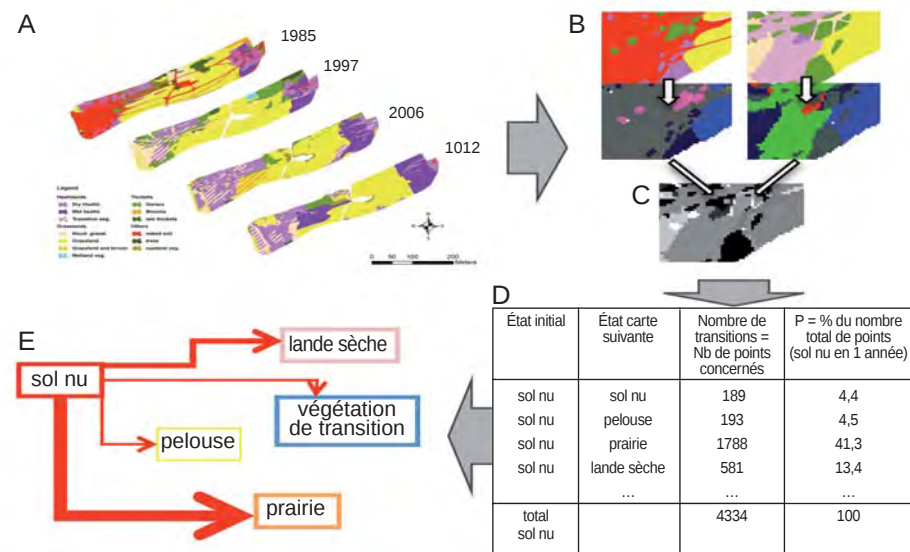
La gestion de ce site est relativement complexe, avec des secteurs historiquement

dégradés du fait d'une concentration de la fréquentation sur 10 ou 15 % du site (autour des mégalithes les plus imposants) et des secteurs n'ayant été que peu ou pas dégradés ou ayant antérieurement fait l'objet d'autres perturbations (par ex. une mise en culture). Les premiers présentent une dynamique souvent lente de recolonisation et les seconds sont sujet à une dynamique d'enrichissement ou à différents types de gestion (fauche, pâturage). La fréquentation actuelle du site, même si elle est contrôlée, induit elle-même des dynamiques spécifiques.

Depuis le milieu des années 1980, diverses cartographies ont été réalisées avec la même méthodologie (cartographie de groupements végétaux) : en 1985 (phase de dégradation), 1996 (5 ans après protection), 2004 (après 5 ans de gestion adaptée) et enfin en 2012. Ces cartes permettent donc de retracer l'évolution de la végétation au cours des différentes phases (dégradation, restauration, gestion), elles sont la base de l'étude présentée ici.

Des cartes à la matrice...

Les différentes cartes réalisées de 1985 à 2012 sont basées sur la définition d'unités de végétation homogènes définies en terme de physionomie et de dominance floristique (Gallet, 2001). L'analyse des



[1] Les étapes de création du modèle de transition. A : simplification des cartes B : transformation en grille de points ; C : grille de transition ; D : matrice de transition ; E : schéma dynamique

dynamiques a nécessité une simplification de ces cartes permettant de définir neuf stades ou types de végétation.

La construction des modèles dynamiques repose sur différentes étapes, permettant la transformation d'une donnée écologique et géographique (carte) en modèle statistique [1]. La première étape consiste en la transformation, sous SIG, des cartes en grilles de points (2 x 2 m) auxquels est attribuée la végétation dominante. Entre les cartes successives, le devenir de chaque point est ensuite observé et une « grille de transition » est construite. Il s'agit de définir la fréquence de chaque type de transition existant (par exemple le nombre de points de la carte présentant du « sol nu » sur la première carte évoluant vers une « lande sèche » sur la seconde). La compilation de ces grilles donne une « matrice de transition » qui peut être traduite graphiquement (Usher, 1992).

Cette analyse a été réalisée sur les secteurs des alignements de Carnac correspondant aux zones initialement les plus dégradées (Kermario et Le Ménec).

Un modèle complexe mais simplifiable...

Le modèle général obtenu sur l'ensemble des données accumulées sur le site (70 000 transitions) apparaît, comme cela

était pressenti, particulièrement complexe [2]. Il peut néanmoins être simplifié en représentant indépendamment chaque grand type de transition [3]. En effet certaines d'entre elles illustrent :

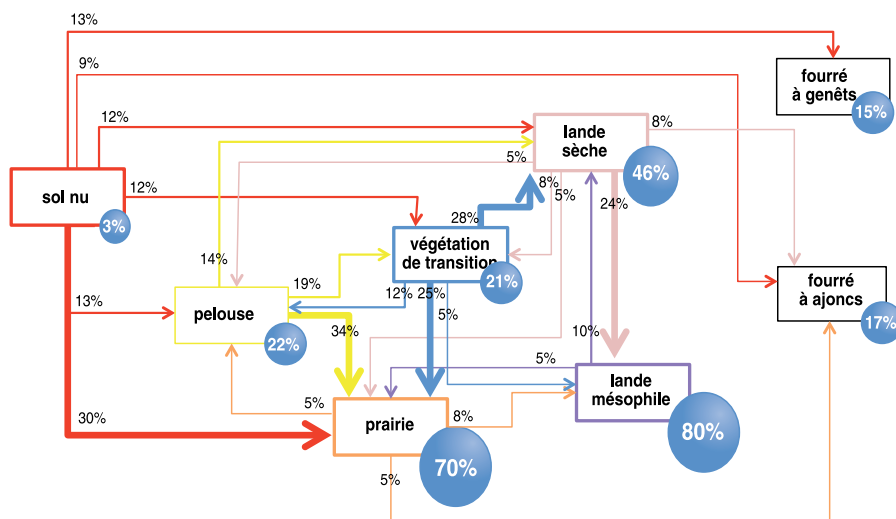
- des trajectoires de recolonisation et de restauration ;
- des évolutions liées à des opérations de gestion ;
- des trajectoires régressives pouvant indiquer la poursuite ponctuelle de processus de dégradation ;
- des dynamiques incontrôlées.

Dans le cadre de la gestion du site, les deux premiers types de dynamique peuvent être considérés comme favorables et les deux derniers comme des évolutions non souhaitées.

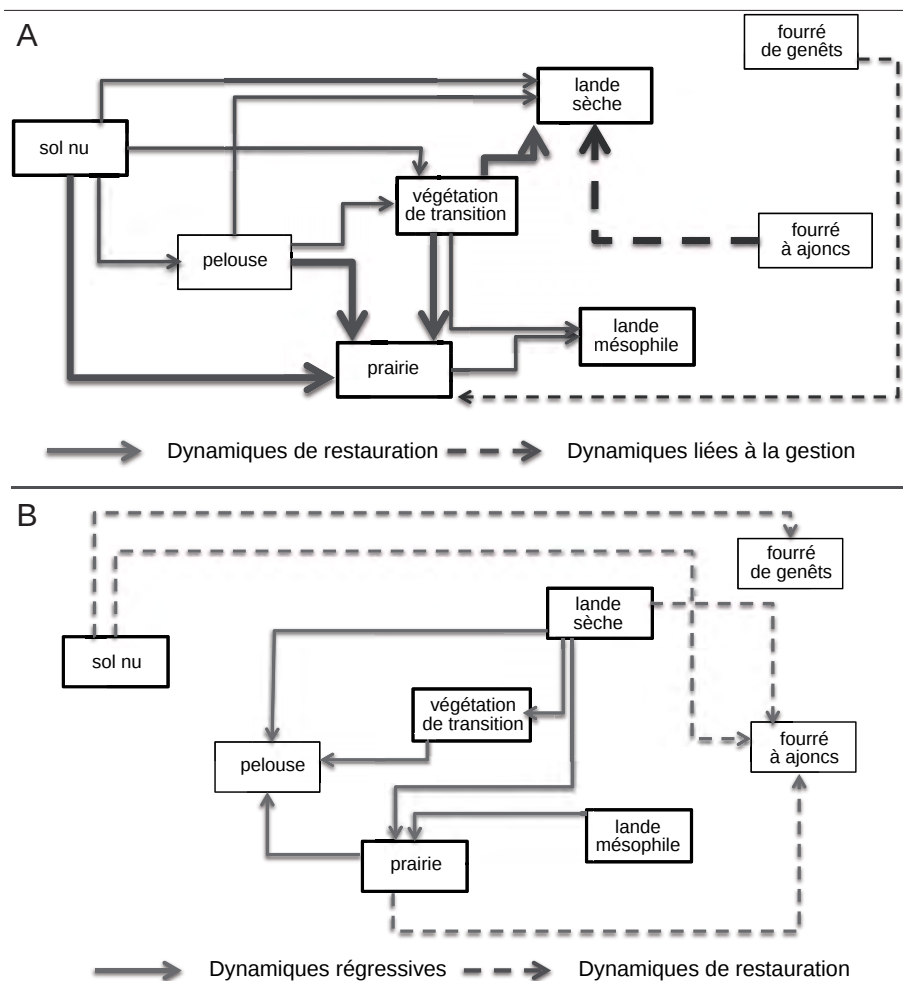
... permettant une spatialisation des objectifs

L'analyse portant sur deux secteurs des alignements de Carnac, il a été possible de construire les modèles dynamiques indépendamment pour chacun d'entre eux. En effet, ces deux secteurs présentent une organisation assez différente de la végétation et deux hypothèses peuvent l'expliquer :

- la dynamique des deux sites est similaire et les différences sont le résultat d'un état initial très différent ;
- les différences entre les états initiaux des



[2] Schéma dynamique global. L'ensemble des transitions observées entre chaque date (1985-1996 / 1996-2004 / 2004-2012), soit près de 70 000 données, est intégré (d'après Gallet & Sawtschuk, 2014).



[3] Schémas dynamiques simplifiés. A : Dynamiques liées à la restauration ou à la gestion ; B : Dynamiques défavorables régressives ou incontrôlées

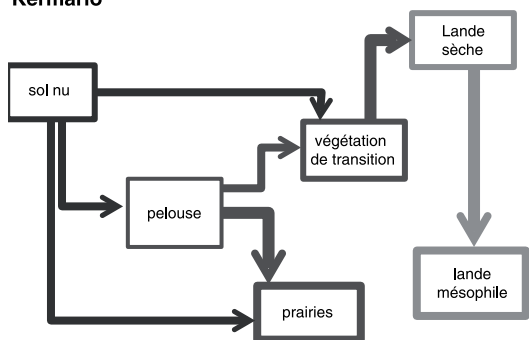
sites ont induit des dynamiques de restauration elles-mêmes différentes. C'est cette dernière hypothèse qui semble devoir être retenue au vu des modèles dynamiques [4].

En effet, le site de Kermario montre une dynamique assez classique sur un modèle sol nu pelouse lande ou prairie (Clément, 1987). En revanche, sur le site du Méneac, le sol nu évolue préférentiellement vers les systèmes prairiaux ou les systèmes de fourrés à genêt, et les landes semblent déconnectées des processus de restauration. Cette dynamique très rapide est sans doute explicable par la nature des sols, plus profonds dans ce secteur, ainsi qu'à d'anciens usages agricoles.

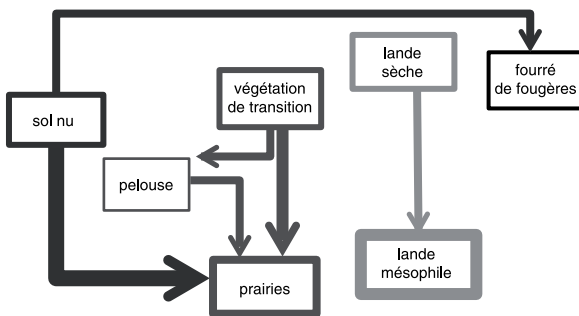
Ces deux schémas montrent la nécessité d'une gestion différente des deux sites,

mais indique également que l'objectif de restauration doit aussi être défini à une échelle plus fine que celle du site dans sa globalité. L'objectif global de restauration de « landes » défini pour les alignements au début de l'opération de restauration apparaît adapté pour le site de Kermario mais ne correspond pas à la dynamique du Méneac. Si des landes sont présentes sur ce secteur, la dynamique de restauration des secteurs anciennement dégradés concerne des espaces où elles sont peu susceptibles de s'installer sans interventions lourdes (qui sont complètement exclues sur un site archéologique comme celui-ci). Le maintien d'une mosaïque lande/prairie semble donc un objectif plus conforme aux potentialités du site.

Kermario



Le Ménéac



[4] Schémas dynamiques simplifiés des sites de Kermario et du Ménéac (d'après Gallet & Sawtschuk, 2014)

Conclusion

L'étude présentée ici a montré le fort potentiel de l'analyse des données cartographiques par la méthode des matrices de transition. Ce type d'analyse permet de caractériser finement les dynamiques végétales, notamment dans le cadre de processus de restauration, en intégrant l'hétérogénéité spatiale des sites ainsi que les pratiques et usages existants.

Compte-tenu du nombre très important de cartographies réalisées sur les sites naturels au cours des dernières décennies, il existe certainement un gisement inexploité de données qui pourrait contribuer à notre connaissance des processus dynamiques (Hearn *et al.*, 2011). Bien évidemment, il existe des limites à l'application de cette méthode : les cartes successives doivent avoir été réalisées avec une méthodologie et une typologie similaires, être fiables et avoir été réalisées à des intervalles réguliers. D'un point de vue pratique, ces schémas dynamiques, même s'ils peuvent paraître complexes, permettent d'affiner les objectifs de gestion et de restauration et de mettre en évidence des dynamiques inattendues et parfois discrètes. ■

Références

- CLÉMENT B. 1987 – *Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes*. Thèse de l'Université de Rennes 1.
- GALLET S. 2001 – *Les landes atlantiques : de l'écologie des perturbations à la gestion conservatoire*. Exemple du site mégalithique de

Carnac. Thèse de l'Université de Rennes 1, 300p.

GALLET S. 2010 – Combiner tourisme et conservation patrimoniale. Exemple d'une gestion écologique de la fréquentation sur le site mégalithique de Carnac. *Teoros*, 29, pp. 139-146.

GALLET S. & SAWTSCHUK J. 2014 – Restoration dynamics evaluation by vegetation mapping and transition matrix modelling: analysis of 20 years of restoration and management at the megalithic site of Carnac (Brittany, France). *Applied Vegetation Sciences*, 17(2), pp. 225-23.

HEARN S.M., HEALEY J.R., McDONALD M.A., TURNER A.J., WONG J.L.G. & STEWART G.B. 2011 – The repeatability of vegetation classification and mapping. *Journal of Environmental Management*, 92, pp. 1174-1184.

LEBRAS G. 2007 – *Inventaire des opérations de restauration et de réhabilitation des végétations des falaises du littoral Manche-Atlantique*. Rapport d'étude, Institut de Géoarchitecture – EA 2219-UBO, 506 p.

SAWTSCHUK J. 2010 – *Restauration écologique des pelouses et des landes des falaises atlantiques : Analyse des trajectoires successionales en environnements contraints*. Thèse de l'Université de Brest.

SAWTSCHUK J. & BIORET F. 2012 – Analyse diachronique de la dynamique spatiale de la végétation de l'estuaire de la Loire. *Photo interprétation*, 48 (3), pp. 15-28.

USHER M. B. 1992 – Statistical models of succession. In D. C. Glenn-Lewin, R. K. Peet, and T. T. Veblen, editors, *Plant succession: Theory and prediction*. Chapman and Hall, London, pp. 215-248.

Sébastien GALLET & Jérôme SAWTSCHUK, EA 2219 Géoarchitecture, Université de Bretagne Occidentale.