

Cartographie des strates et cortèges de végétation des falaises instables des Vaches Noires (Normandie)

Bastien Sandberg, Olivier Maquaire, Candide Lissak, Mohand Medjkane, Thomas Rouland

NORMANDIE UNIV, UNICAEN, CNRS, IDEES, 14000 CAEN, France

Introduction

Depuis les années 1950, les scientifiques et géomorphologues constatent que l'action de la végétation dans les mécanismes influençant le maintien des sols instables n'est pas aussi anecdotique qu'il n'y paraît, mais plutôt que ces mécanismes sont interdépendants (Marston, 2010). L'étude de cette interrelation se concentre principalement sur l'éco-ingénierie et l'efficacité de certaines espèces face à un processus donné, plutôt qu'à l'analyse des actions dans leur globalité (Burylo, 2010). Cette tendance pourrait être attribuée à la diversité des espèces végétales, dont le comportement dépend à la fois des caractéristiques abiotiques et biotiques de leurs milieux, mais également de la variabilité et de la plasticité de la végétation qui peuvent être conjointement observées sur un même site.

C'est dans ce contexte qu'une recherche a été initiée sur les falaises des Vaches Noires, situées au nord-ouest du Pays d'Auge (Normandie), s'étendant sur un linéaire de 4,5 kilomètres et formant un site remarquable, sur le plan géomorphologique et botanique, car présentant différents niveaux de couverture de végétation allant de la strate herbacée à la strate arborée. En effet, ces falaises présentent un relief de badlands actif, évoluant sous l'influence de processus subaériens emboîtés, comprenant des glissements de terrain, des coulées boueuses et des chutes de blocs (Auger & Mary, 1968, Roulland *et al.*, 2019 ; Roulland *et al.*, 2021). L'absence d'action humaine a permis un développement naturel croissant des cortèges de végétation spécifiques aux milieux marneux instables, durant ces dernières décennies (Goret et Prey, 2021 ; Thierry *et al.* 2007).

Malgré le développement de la végétation dans des zones où cette dernière s'est pourtant très bien adaptée (ex : Forêt de pente), de nombreux secteurs sont encore instables (actifs). Dans d'autres secteurs, la végétation tente de s'implanter de manière plus ou moins ponctuelle (annuelle/bisannuelle), mais ne semble pas réussir à dépasser le stade herbacé.

Ces travaux de recherche visent à mettre en avant les interrelations entre les différents types d'instabilité observés et le niveau de colonisation végétale, grâce à la cartographie multi-dates des strates de végétation (Fig. 1A), des types de cortèges (Fig. 1B) et des communautés végétales. Cette cartographie est primordiale pour mettre en avant les variations d'occupation du sol en lien avec les processus de surfaces observées.

Matériels et méthodes

Afin de réaliser cette cartographie de la végétation, plusieurs méthodes ont été appliquées de manière conjointe (analyse d'images, inventaire *in situ*). En parallèle, cette cartographie est associée à celle des zones d'instabilités et des types de mouvement (Roulland *et al.* 2021 ; Roulland, thèse en cours) qui ne seront pas présentées dans cette communication.

La méthode Braun-Blanquet a été retenue **pour identifier les différents cortèges** : elle consiste à faire des relevés *in situ* de la végétation par transect simplifié (Fiers, 2004), permettant d'identifier les différents cortèges en fonction de leurs compositions floristiques en s'appuyant sur les écrits existants (Goret et Prey, 2021 ; Bardat *et al.*, 2004), ainsi que leurs emplacements et les enchaînements visibles sur le terrain.

Pour **spatialiser ces différents cortèges**, des séries multi-temporelles d'orthophotos (RGB) par drone ont été réalisées sur l'intégralité du versant des falaises, à trois périodes différentes à l'aide de deux levers à 115 mètres d'élévation produisant entre 3 000 et 4 000 photos par période.

Pour compléter ces levers, afin d'identifier les cortèges incertains lors de l'analyse des images, et pour observer les secteurs inaccessibles, différents levers drone à basse altitude ont été réalisés.

Différents algorithmes de classification et analyses radiométriques (calculs d'indices) ont été testés, en s'appuyant sur les bandes RGB des images drone, dans le but d'extraire l'information végétation de ces séries d'images. Certains indices classiques permettant la détection de la végétation ont été sélectionnés (GBR, NDBRBI et GRVI dans Lissak *et al.*, 2020), mais n'ont pas permis d'obtenir de résultats cohérents et fiables, concernant l'identification des cortèges (Problème de confusion des sols avec les cortèges arbustifs et herbacés), ni de mettre en avant les sols nus, secs ou humides.

Pour compléter ces résultats, la photo-interprétation visuelle pourra permettre d'identifier les différents secteurs « homogènes » de strates (herbacée, arbustive, arborée et sol nu) et les cortèges de végétation sur lesquels s'appuiera l'étude, pour analyser les relations entre les cortèges de végétation et les sols instables.

Résultats et discussions

Depuis mars 2021, seuls trois orthophotos ont pu être réalisés (7-8 octobre 2021 et 11-12 novembre et 22-23 janvier 2022) sur l'intégralité des Vaches Noires, due à la variété de critères à combiner, pour la réalisation d'un vol optimal.

Sur les **21 cortèges de végétation** reconnus dans la littérature et sur le terrain, allant de la végétation pionnière au stade végétal climacique de la forêt, **huit cortèges** ont été retenus compte tenu de leurs représentativités (leurs taux de recouvrement, leurs caractéristiques autoécologiques et leurs indépendances à toute présence humaine) et leurs positionnements sur les falaises (sur le versant et à proximité des différents escarpements et échines des ravines) :

1. Végétation pionnière des éboulements de marne
2. Pelouse marnicole à *Blackstonia perfoliata* et *Tetragonolobus maritimus*
3. Mégaphorbiaie à *Epilobium hirsutum* *Equisetum telmateia* dans les zones de suintement
4. Roselière de *Phragmites communis*
5. Fourré à *Hippophae rhamnoides* et *Ligustrum vulgare*
6. Saulaie à *Equisetum telmateia*
7. Forêt alluviale à *Equisetum telmateia* et *Fraxinus excelsior*
8. Forêt de pente à *Dryopteris affinis* et *Fraxinus excelsior*

Comme le montre la figure 1, extrait d'une première cartographie des strates et cortèges réalisée pour le lever du 11-12 octobre 2021.

Il est possible de visualiser à l'œil nu la différence de l'occupation des strates de végétation par ravine, il reste cependant nécessaire de préciser les cortèges car les informations qui en découlent sont très importantes. En effet, avec la lecture de la cartographie des strates de

végétation, il est possible d'observer une différence de proportion des strates entre les différentes unités biogéomorphologiques. Par exemple, entre l'unité 1 et l'unité 4, dont les processus hydrogravitaires sont principalement respectivement des coulées boueuses et des glissements de terrain, on observe que :

L'unité 1 (à l'extrême Est de la zone d'étude), est avant tout recouverte d'herbacée (51 %), essentiellement composée de végétation pionnière (qui présente aussi, de ce fait une certaine surface de sol nu), suivie du sol nu (21 %), principalement dû aux coulées boueuses ayant arraché et recouvert la végétation, puis de la strate arborée (14 %) et arbustive (13 %), composée de saulaies et de fourrés d'argousier. Les cortèges associés sont principalement la végétation pionnière, les fourrés d'Argousier, les roselières, les mégaphorbiaies, les saulaie...

L'unité 4 (à l'extrême ouest de la zone d'étude), est recouverte par les différentes strates de manière assez uniforme avec une dominance de la strate arborée (35 %), composée de forêts de pente, suivie de la strate arbustive (27 %), avec des fourrés d'argousiers, du sol nu (24 %) et enfin de la strate herbacée (14 %), essentiellement composée de pelouse marnicole. Les cortèges associés sont notamment des forêts de pente, fourré d'Argousier, pelouse marnicole, saulaie, ...

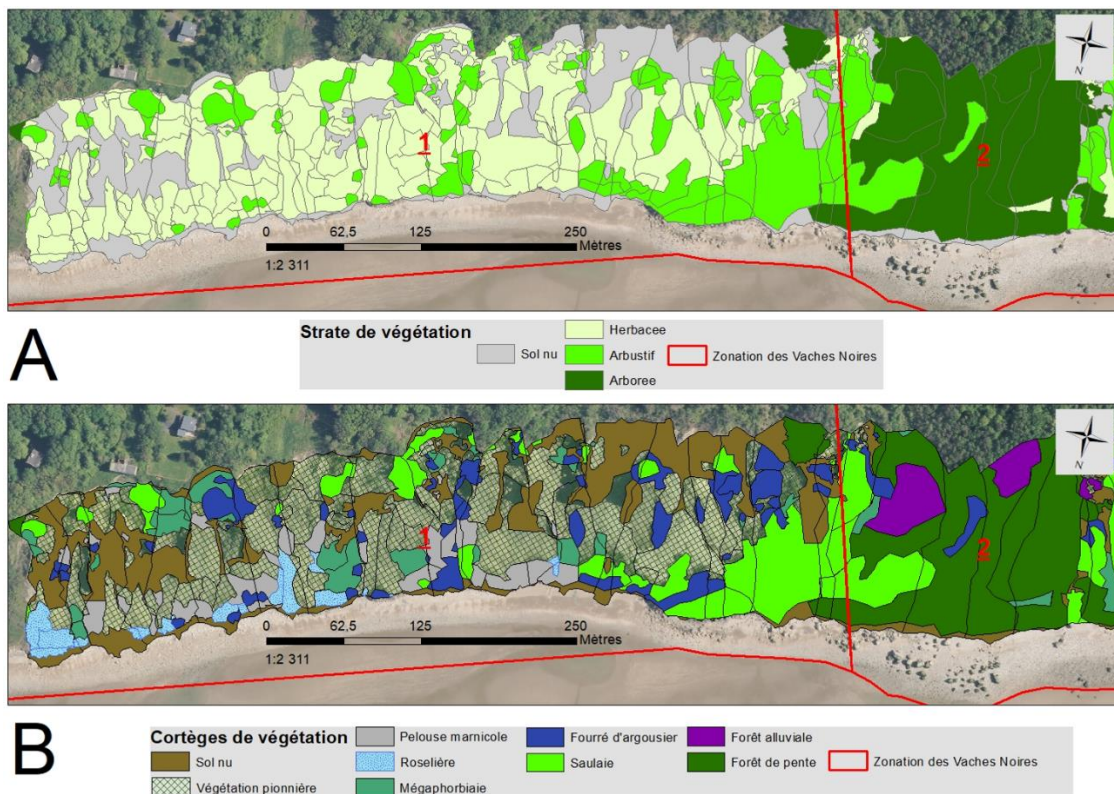


Figure 1 : Partie orientale des falaises des Vaches Noires avec extrait de la cartographie des strates (A) et des cortèges (B) de végétation (Levés du 11-12 octobre 2022) sur les unités 1 et 2.

L'analyse de l'autoécologie de ces cortèges fournit ainsi plus d'informations sur les caractéristiques abiotiques du milieu (la présence d'eau, la charge en élément grossier, etc.). De ce fait, les espaces plutôt secs et calcaires vont principalement contenir des pelouses marnicoles alors que les espaces plus humides ou récemment perturbés vont présenter de la végétation pionnière ou des roselières. Les sols présentant surtout des éléments fins (sable, argile, limon), sont surtout occupés par les saulaies alors que ceux chargés en éléments grossiers sont occupés par les fourrés d'argousier.

Conclusion et perspectives

Le croisement des données floristiques relevées *in-situ* et l'analyse d'images haute résolution démontrent ici l'intérêt majeur qu'apporte la cartographie des strates et des cortèges, de ce site très accidenté, peu accessible et dont la cinématique est forte. Grâce à la combinaison des approches, la recolonisation végétale en lien avec les vitesses et rythmes d'évolution des falaises des Vaches Noires, la résistance et la résilience des cortèges à la suite d'un processus hydro gravitaire, peuvent être suivies à haute résolution spatiale et temporelle, et cela, pour chaque unité morphologique qui en compose le versant. En réalisant des vols à chaque saison, il sera possible par la suite de spatialiser l'évolution des cortèges, de suivre les processus en place, mais également d'effectuer une typologie des mouvements de versant rencontrés et des cortèges de végétation associée. Ces différentes méthodes de suivi ainsi que l'analyse croisée menée, permettent de se questionner sur les clés de transposition pouvant être apportées pour l'étude d'autres sites côtiers ou continentaux à faible accessibilité.

Références

- Auger, P., & Mary, G. (1968). Glissements et coulées boueuses en Basse-Normandie. *Revue de Géol. Phy. et Géol. Dyn.*(2), 10, 213-224.
- Bardat, J., Bioret, F., Botineau, M., Bouillet, V., Delpech, R., Géhu, J. M., ... & Touffet, J. (2004). *Prodrome des végétations de France (Vol. 61, p. 171)*. Muséum national d'histoire naturelle.
- Burylo, M. (2010). Relations entre les traits fonctionnels des espèces végétales et leurs fonctions de protection contre l'érosion dans les milieux marneux restaurés de montagne [Thèse de doctorat, Université de Grenoble]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00602804>
- Fiers, V. (2004). Guide pratique : Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité.
- Goret, M., & Prey, T. (2021). Typologie de la végétation des falaises des Vaches noires et des Roches noires. 91.
- Lissak, C., Bartsch, A., de Michele, M., Gomez, C., Maquaire, O., Raucoules, D., & Roulland, T. (2020). Remote Sensing for Assessing Landslides and Associated Hazards. *Surveys in Geophysics*, 41, 1-45. <https://doi.org/10.1007/s10712-020-09609-1>
- Marston, R. (2010). Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops. *Geomorphology*, 116(3), p.206-217. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.028>
- Roulland, T., Maquaire, O., Costa, S., Compain, V., Davidson, R., & Medjkane, M. (2019). Dynamique des falaises des Vaches Noires : Analyse diachronique historique et récente à l'aide de documents multi-sources (Normandie, France). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 25(1), 37-55. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.12989>
- Roulland, T., Olivier, M., Costa, S., Medjkane, M., Davidson, R., Fauchard, C., & Antoine, R. (2021). Seasonal activity quantification of coast badlands by TLS monitoring over five years at the "Vaches Noires" cliffs (Normandy, France). *Geomorphology*, 400, 16. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.108083>
- Thierry, T., Delassus, L., & Avoine, J. (2007). Typologie appliquée aux falaises sédimentaire du Calvados. 11.