

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Française pour la Production Fourragère

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.org

Suivi Diachronique De Steppe Restaurée : Constats Et Perspectives

B. Bouchareb¹²³, J. Huguenin², R. Hammouda³, D. Nedjraoui³

RESUME

La steppe d'Algérie est soumise à un processus de désertification incontestable, affectant la productivité des parcours et compromettant toute une activité agropastorale autour de laquelle vivent des millions d'habitants. Un projet de restauration des parcours a été mis en place et suivi dans cette étude. Les variations écologiques et productives des parcours ont été suivies selon un dispositif de monitoring qui a permis de mesurer l'importance des aménagements des parcours dégradés et dresse un état détaillé des paramètres écologiques et de productivité après 4 années de suivi diachronique.

SUMMARY

Longitudinal study of steppe restoration: observations and perspectives

In Algeria, steppe habitat is undergoing desertification, which has affected rangeland productivity and the ability of millions of people to earn their livelihoods from agropastoral activities. In this study, we implemented a rangeland restoration project and monitored the results. We characterised variation in the ecological features and productivity of the experimental rangelands, which allowed us to quantify their responses to restoration. As a result, we were able to comprehensively assess how these factors changed over the study's four-year duration.

L'élevage ovin représente en Algérie plus de 50% du PIB agricole national (Kanoune, 2016), cantonné principalement dans les régions steppiques du pays, lesquelles sont soumises à un processus de désertification et de raréfaction des pâtures corrélé à l'augmentation régulière de la taille du cheptel (Nedjraoui et Bédrani, 2008). Les conséquences de ce phénomène sont multiples et concernent aussi bien la dimension écologique que socioéconomique. En effet, le rempart que représentait la végétation steppique face à l'ensablement est en train de disparaître, rendant ainsi la menace de la désertification des régions septentrionales du pays plus que jamais présente (Aïdoud *et al.* 2006).

1. Contexte de l'étude

Les régions steppiques agropastorales connaissent actuellement un processus de faible régénération du couvert végétal accompagné d'une diminution de productivité primaire, de la biodiversité et une érosion des sols. Cette évolution est induite par les sécheresses

récurrentes et le surpâturage fragilisant l'aptitude des couverts végétaux à se maintenir (Aïdoud *et al.*, 1998, Hourizi *et al.*, 2017).

La société pastorale, qui était autrefois partie intégrante de cet équilibre par ses pratiques d'élevage reposant sur de nombreux déplacements, s'est sédentarisée en majorité, générant une densité animale importante sur des parcours de plus en plus dégradés et transformés en fonction de l'évolution des systèmes d'élevage (Bourbouze, 2006 ; Daoudi *et al.* 2013). La modernisation de la mobilité des troupeaux et l'introduction de l'irrigation dans les pratiques agricoles (céréales et cultures maraîchères) ont diminué sensiblement la productivité des parcours par le surpâturage et la salinisation des sols.

1.1. Le projet d'aménagement et son suivi

Un projet de recherche développement pour un aménagement participatif des parcours dégradés a été lancé dans la commune steppique de Hadj Méchri du sud-ouest d'Algérie dans la Wilaya de Laghouat,

AUTEURS

1 : Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger ; bouchareb.brahim@gmail.com

2 : CIRAD, Montpellier ; johann.huguenin@cirad.fr

3 : Laboratoire d'Ecologie Végétale et Environnement. Faculté des Sciences Biologiques. USTHB, Alger ; dnedjraoui@yahoo.com ; hammouda.rachid@yahoo.fr

MOTS-CLES : Steppe, Algérie, Désertification, Restauration, Monitoring, Suivi écologique, Productivité.

KEY-WORDS : steppe, Algeria, desertification, restoration, monitoring, ecological monitoring, productivity

REFERENCES DE L'ARTICLE : Bouchareb B., Huguenin J., Hammouda R., Nedjraoui D. (2020). *Suivi Diachronique De Steppe Restaurée : Constats Et Perspectives*. Fourrages, 241, 71-78

L'objectif visé est l'amélioration de la productivité et la viabilité des parcours en adoptant une démarche participative avec les agropasteurs impliqués dans l'expérimentation. Des parcelles de pâtures soumises à divers degrés de dégradation ont bénéficié de restauration et réhabilitation (au sens le Floc'h et Aranson, 1995) avec un dispositif permanent de suivi de la structure de la végétation afin de quantifier l'apport de la restauration sur l'aptitude des parcours à se régénérer, estimer leur degré de résilience ainsi que la durabilité dans le temps d'un système productif, capable de se maintenir indépendamment des vulnérabilités occasionnées par les années de disette. L'amélioration des sources d'alimentation du cheptel dans un système agropastoral originellement extensif a également fait l'objet de suivi dans le temps sur des indicateurs écologiques et de productivité.

2. MATERIEL et METHODES

2.1. La zone d'étude

La zone d'étude se situe dans le secteur biogéographique steppique du Sud oranais et couvre 65720 ha. Le climat est de type méditerranéen à étage bioclimatique semi-aride inférieur à variante froide et une pluviométrie annuelle variant de 280 à 330mm/an. Les sols sont pauvres, en majorité calcimagnésiques peu évolués et un taux faible de matière organique.

La formation végétale est de type steppe herbacée de *Poaceae*, à Alfa (*Macrochloa tenacissima*), ou à Sparte (*Lygeum spartum*) et accessoirement à Drinn (*Stipagrostis pungens*) localisée principalement sur les sols à accumulations sableuses. Des reliques de la steppe à armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) sont limitées aux parcours souvent inaccessibles aux troupeaux. Plusieurs études ont fait ressortir une régression des steppes à Alfa dans cette région (Hammouda, 2019; Slimani et Aidoud, 2018).

2.2. Choix de la conduite de restauration

Deux modes de restauration ont été retenus : la mise en défens et les plantations pastorales. Le choix a été basé sur l'intérêt des agropasteurs expérimentateurs (14 prêts à accueillir des parcelles expérimentales sur leurs parcours), la prospection sur le terrain et la réalisation des outils méthodologiques nécessaires à savoir : la carte d'occupation des sols (Hammouda, 2008) et le parcellaire cartographique des parcours expérimentaux (Bouchareb, 2012). A l'issue de plusieurs brainstormings, un groupe représentatif d'agropasteurs a été retenu, ce sont des petits éleveurs possédant moins de 100 têtes (comme 80% des éleveurs de la région) et avec l'engagement à respecter la charge pastorale, le gardiennage des pâtures et des lignes permanentes installées au centre des parcelles suivies.

2.3. Méthodes d'échantillonnage et de monitoring

Echantillonnage

Le suivi des parcours aménagés a concerné 14 parcelles expérimentales dotées de lignes permanentes dans l'objectif d'étudier l'évolution de paramètres écologiques à l'aide de relevés linéaires réalisés sur chaque ligne et répétés à chaque suivi (Méthode Daget et Poissonnet, 2010) : 3 parcelles témoins soumises au pâturage avec contrôle de charge, 4 parcelles mises en défens et 7 parcelles plantées.

4 suivis diachroniques ont été réalisés : le premier suivi (T0) avant le début de la restauration en 2009, le second suivi (T1) juste après la réalisation des plantations et la matérialisation des mises en défens (en 2010) ; le troisième suivi (T2) une année après l'aménagement (en 2011) et le quatrième suivi (T3) en 2013 en fin d'expérimentation.

Les espèces fourragères retenues pour la plantation sont : *Atriplex canescens*, *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia* ainsi que quelques essais épars en *Medicago arborea*. Ce choix correspond aux plants d'espèces fourragères disponibles dans les pépinières nationales.

Années climatiques de l'étude

La région d'étude reçoit en moyenne 290 mm de pluie par an (tab. 1). Cependant, la période de suivi a coïncidé avec un épisode pluviométrique marqué par une augmentation moyenne d'environ 20% durant les 2 premières années de suivi.

| Années et suivis | 2009/ T0 | 2010/T1 | 2011/T2 | 2012 /T3 |
|--------------------------------|-------------|---------|---------|----------|
| Quantité de pluie en mm par an | 375 | 425 | 237 | 245 |
| Moyenne calculée de 30 années | 290 mm/an | | | |

Tableau 1 : Fluctuation de la pluviosité annuelle durant les différents suivis (Source : station météorologique de Brida, ONM, 2017)

Table 1: Annual precipitation during the different study phases

Indicateurs retenus dans le suivi écologique

Les paramètres écologiques sont un outil incontournable dans les suivis diachroniques de la végétation steppique (Aidoud et al., 2011), ils permettent la surveillance à moyen et long terme de la dynamique de la végétation en écosystèmes arides et reflètent l'impact des aléas climatiques et de la pression

anthropozoïque sur les changements écologiques dans le temps.

Les relevés linéaires le long des lignes permanentes permettent de recenser divers éléments d'occupation du sol. Cette méthode d'échantillonnage a été adaptée aux écosystèmes steppiques dans l'analyse de la végétation et le suivi de l'évolution du couvert végétal (Roselt, 2003 ; Daget et Poissonnet, 2010). Nous pouvons ainsi estimer :

- **Le recouvrement global de la végétation (RGV)** : indicateur de l'état de la végétation qui exprime le pourcentage du recouvrement du sol en espèces sur les parcelles échantillonnées.

- **La richesse spécifique (Rs)** : renseigne sur le nombre d'espèces présentes sur les parcelles et reste un bon indicateur de la biodiversité et son évolution dans le temps sur les parcelles suivies.

- **L'indice de Shannon (ISH)** : permet la mesure et la comparaison de la biodiversité au niveau des différentes parcelles en fonction de l'entropie, basé sur la richesse spécifique, il apportera à cette étude un indicateur à l'importance des parcours aménagés et des faciès.

- **La Productivité Pastorale Primaire** : ce calcul a été fait en se basant sur la formule de la valeur pastorale utilisant l'indice bromatologique des espèces des relevés linéaires conjugué à la fréquence spécifique $V_p = 0.1 \sum (F_{si} \times I_{si})$ (Daget et Poissonnet, 1971 ; Nedjraoui, 1981). La productivité pastorale est estimée par la formule $PPI = 7.52V_{pi}$.

- **La production en matière sèche (phytomasse)** : elle a été quantifiée à l'aide de coupes réelles de phytomasse sur l'ensemble des parcelles expérimentales pour chaque suivi, elle est exprimée en kilogramme de matière sèche à l'hectare.

- **Ajustement de la phytomasse par le coefficient d'efficacité de pluviosité** (CEP ou RUE 'Rainfall Use Efficiency') : le CEP traduit l'efficacité de chaque mm de pluie en sa capacité à produire de la biomasse. Ce coefficient a été retenu afin de quantifier l'impact des variations interannuelles de la pluviosité indépendamment des actions de restauration (Le Houérou, 1984; Dardel *et al.*, 2014). L'emploi du CEP apportera une pondération indépendante de la production limitant l'effet des pluies très fluctuantes durant la période de suivi et sans lequel un effet 'positif ou négatif' de la restauration peut être biaisé.

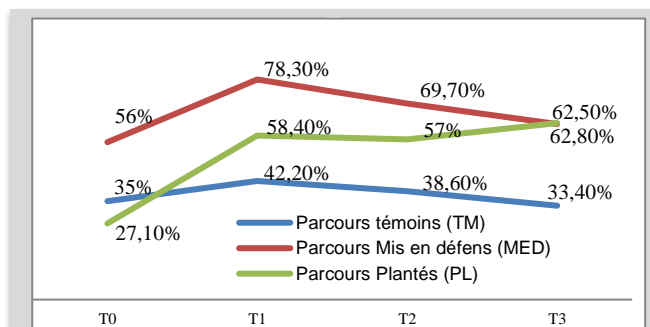
3. RESULTATS et DISCUSSION

3.1. Suivi d'indicateurs écologiques dans l'évolution de la végétation

Le recouvrement global de la végétation (RGV)

L'analyse des relevés linéaires réalisés sur les lignes permanentes nous a permis d'estimer l'évolution du couvert végétal dans le temps pendant les 4 années de suivi (Fig.1). Il est important de souligner que les

périodes de suivi ont coïncidé avec des épisodes pluviométriques très variables (Tableau 1), pouvant générer un impact direct (et souvent controversé) sur l'interprétation des valeurs mesurées qui ne tiendrait compte que du seul paramètre de restauration.



T0 correspond au suivi 2009 avant la restauration mais seule l'installation des lignes permanentes, les autres T1, T2 et T3 correspondent respectivement aux suivis 2010, 2011 et 2013

Figure 1: Recouvrement Global de la végétation (RGV) durant les différents suivis pour chaque type d'aménagement (Témoin, Mise en défens et Plantation).

Figure 1: *Total plant cover for the different experimental rangeland categories (control [TM], deferred grazing [MED], and planting [PL]) over the different study phases.*

Les parcours plantés ont enregistré une augmentation du recouvrement supérieure à 35% (meilleur taux d'amélioration en RGV) tandis que les parcours témoins (sans restauration) maintiennent un niveau plus stable en RGV avec une légère diminution liée éventuellement à une baisse de la pluviosité en T2 et T3.

Les parcours mis en défens manifestent une amélioration similaire aux parcours plantés durant la première année de suivi (plus de 20%), puis une diminution de 10 à 15% dans les années suivantes T2 et T3 mais toujours meilleure que T0. Ces résultats sont certainement dus à la diminution de la pluviosité de plus de 150mm par rapport aux années du suivi T0 et T1.

Ainsi, le seul facteur de restauration a donc permis de constater une amélioration perceptible sur les parcours plantés, moins importante sur les mises en défens.

Les parcours plantés retrouvent à la fin du suivi presque les mêmes valeurs de recouvrement que les parcours mis en défens (62%), permettant ainsi, de constater que la productivité des parcours est certes liée au contexte pluviométrique périodique mais surtout à l'aménagement des parcours qui peuvent, en suivant une nouvelle trajectoire de gestion, devenir à nouveau productifs. Ce constat prend tout son sens si l'on compare les taux du RGV entre parcours témoins et plantés, qui à l'entame, commencent à des valeurs de RGV proches en T0 et enregistrent en T3 d'une part une régression de près de 2% sur les parcours témoins et une amélioration de plus de 35% dans les parcours plantés.

La richesse spécifique (Rs) :

L'estimation de la richesse spécifique durant les 4 années est présentée dans la figure 2.

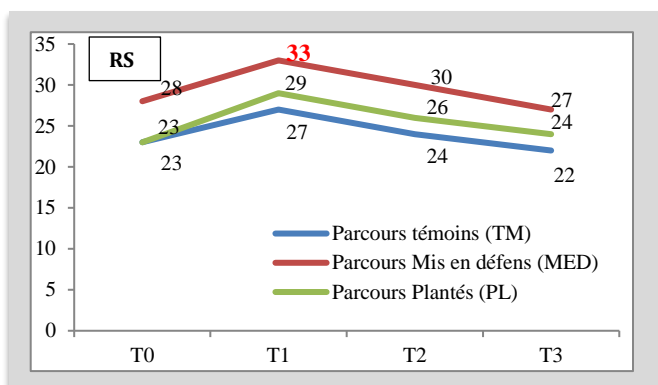


Figure 2: Evolution de la richesse spécifique dans les différentes parcelles expérimentales durant les années de suivis.

Figure 2: *Species richness for the different experimental rangeland categories over the different study phases*

Le choix de conduire certains parcours en mise en défens, durant un laps de temps concerté avec les agropasteurs a comme objectif le rétablissement de la composition taxonomique intégrale de l'écosystème préexistant en se basant sur les vestiges de l'écosystème dégradé (Le Floch et Aranson, 1995).

Les parcours présentant encore les vestiges d'un équilibre antérieur (généralement des parcours à Alfa dans notre étude) ont été prioritairement mis en défens, car préservant encore un niveau suffisant de résilience pour pouvoir rétablir la biodiversité antérieure.

Les plus fortes valeurs de richesse spécifique ont été relevées sur les mises en défens avec une légère augmentation durant le second suivi (T1). Il faut rappeler que cette année de suivi a enregistré un record pluviométrique de plus de 400mm (Tab.1) permettant l'expression de la banque de graines du sol.

Cependant, les valeurs de la richesse spécifique reviennent, presque dans toutes les situations, à leurs valeurs antérieures (comparant le suivi T0 et le T3), ce qui traduit encore une corrélation significative entre la pluviosité et la richesse spécifique indépendamment des actions d'aménagements et corroborant les travaux de spécialistes (Aïdoud et al., 2011; Hourizi et al., 2017) évoquant la relation étroitement liée entre pluviosité et diversité spécifique, constituée majoritairement d'annuelles, dans les régions steppiques.

La richesse spécifique, en tant que paramètre écologique de suivi, ne peut à priori traduire un effet quelconque sur l'amélioration de la biodiversité au regard des actions de restauration et des variations de la pluviosité durant cette période de suivi. Néanmoins, elle justifie les choix d'aménagement préconçus. Sa

pondération par l'utilisation de l'indice de Shannon (mesurant la perte d'information par l'entropie) a été choisie pour tenter d'améliorer la perception de la biodiversité sur l'ensemble des parcelles retenues.

L'indice de Shannon(ISH)

L'estimation de l'indice de Shannon a été d'une part évaluée par rapport aux différents modes d'aménagement (figure 3a) et d'autre part en tenant compte du type de faciès indépendamment de l'aménagement, (figure 3b).

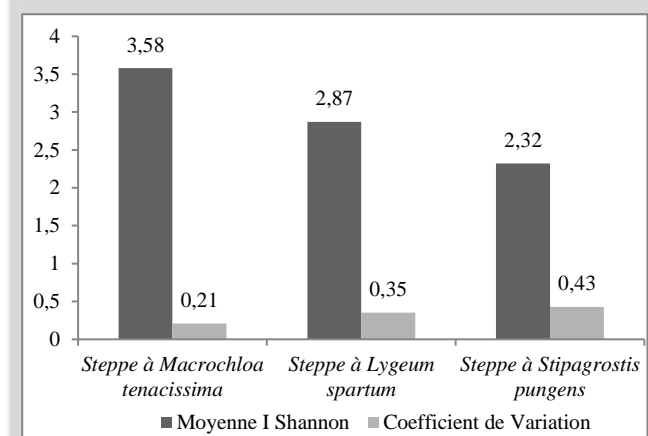
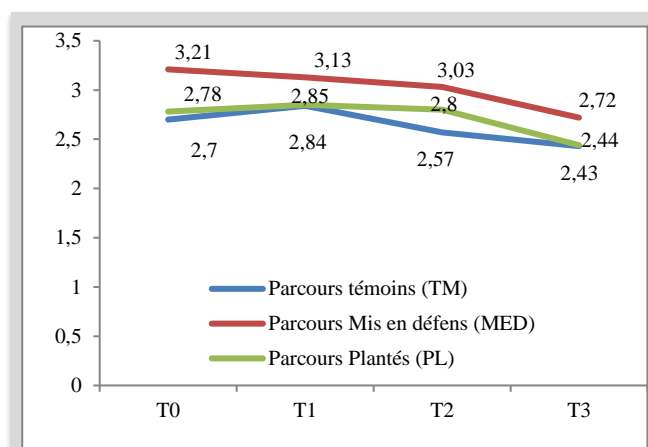


Figure 3: L'indice de Shannon : (a) Variation en fonction du suivi, (b) en fonction du faciès.

Figure 3: *Values of the Shannon index for (a) the different experimental rangeland categories over the different study phases and (b) the different steppe types*

L'indice de Shannon est plus élevé dans les parcours mis en défens durant toute la période de suivi. Il régresse lors des derniers suivis coïncidant avec la diminution de la pluviosité mais surtout avec la croissance des plantations. Ce déclin est plus net sur les parcours dégradés et plantés généralement en *Atriplex* et se traduit par un appauvrissement sur la diversité spécifique pouvant entraîner une réduction de la richesse floristique (Aïdoud et Touffet, 1996). Il est admis que la plantation pastorale notamment du genre *Atriplex* pourrait engendrer dans un premier temps une diminution (ou un changement) de la biodiversité qui serait suivi d'un retour progressif d'espèces, en réponse

au piégeage de sable et à l'amélioration des conditions écologiques stationnaires (Henni et Mehdadi, 2012 ; Amghar *et al.*, 2016).

L'importance de l'indice de Shannon réside dans sa capacité à diminuer la surestimation de la rareté d'espèces par la pondération de leurs abondances relatives (Daget , 1976), c'est pourquoi sa valeur est relativement forte dans les parcours expérimentaux à *Macrochloa tenacissima* (fig.4.b), ces derniers enregistrent de fortes contributions spécifiques des espèces herbacées accompagnatrices de l'Alfa contrairement aux autres types de facies où l'on a constaté un déclin perceptible dans les steppes à *Lygeum spartum* et à *Stipagrostis pungens* indépendamment de l'aménagement.

L'indice de Shannon est inversement proportionnel au coefficient de sa variation. Plus il diminue dans les steppes à *Lygeum spartum* et à *Stipagrostis pungens* plus sa variation augmente exprimant la dispersion des espèces et leur faibles contributions spécifiques dans ce type de parcours. On observe un changement de composition floristique dû à la régression d'espèces dominantes et palatables laissant place à un phénomène de *thérophytisation* « augmentation du taux d'annuelles » (Barbero *et al.*, 1990) et générant une baisse de la diversité floristique globale par l'installation d'espèces peu ou non palatables et indicatrices de dégradation. (Ghennou, 2014 ; Chaouche-Khouane *et al.*, 2018).

Ce phénomène de thérophytisation permet aussi d'expliquer la diminution de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon lors des années à faible pluviosité car la catégorie des thérophytes (plantes annuelles), qui domine le spectre biologique des espèces de la région, est très vulnérable aux déficits de pluie.

Suivi de la productivité pastorale primaire des parcours aménagés

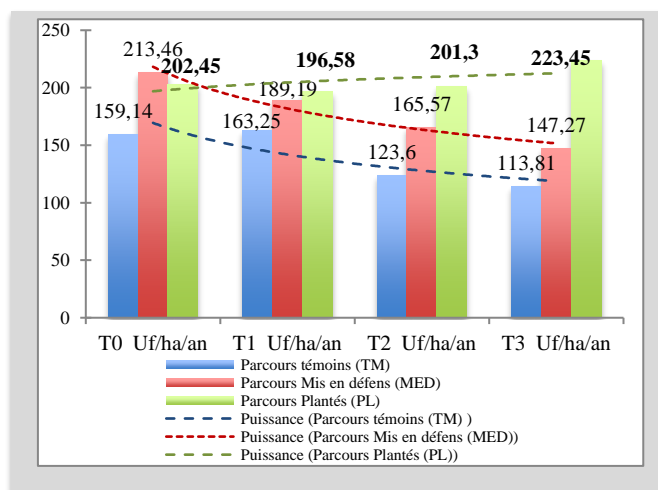


Figure 4 : Productivité pastorale primaire dans les parcelles expérimentales durant les suivis.

Figure 4: *Annual rangeland productivity for the different experimental rangeland categories over the different study phases*

L'analyse de la figure 4 révèle une tendance à la diminution de la productivité dans les mises en défens et les témoins et une augmentation dans les parcelles plantées, cela s'explique par l'introduction d'arbustes fourragers permettant l'amélioration quantitative de la biomasse au niveau des parcours plantés. Il est évident que la productivité des parcours résulte à la fois de la restauration mais reste intimement liée aux aléas climatiques de l'année.

La matrice de corrélation entre les différents paramètres retenus est présentée dans le tableau 2.

| MATRICE | Parcelles | RGV (en %) | Productivité des parcours (UF/ha/An) | Pluviosité annuelle |
|--------------------------------------|-----------|------------|--------------------------------------|---------------------|
| Corrélation (pp/RGV/Pluie) | | | | |
| Parcelles | 1 | * | * | * |
| RGV (en %) | * | 1 | 0,886 | 0,897 |
| Productivité des parcours (UF/ha/An) | * | * | 1 | 0,741 |
| Pluviosité annuelle | * | * | * | 1 |

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

Tableau 2 : Estimation du coefficient de Corrélation entre RGV, Productivité pastorale des parcelles et Pluviosité annuelle durant les différents suivis.

Table 2: *Correlations among experimental rangeland category, total plant cover, annual rangeland productivity, and annual precipitation*

Le tableau 2 révèle une corrélation hautement significative entre le recouvrement et la productivité avec la pluviosité. Elle diminue légèrement entre la pluviosité et la productivité (0.741) compte tenu de l'introduction d'arbustes fourragers qui permettent aux parcelles plantées de maintenir une productivité régulière malgré la diminution de pluviosité dans les deux derniers suivis T2 et T3 (fig.4). Certes, la période de suivi (relativement courte) ne peut *a priori* expliquer les tendances croissantes de productivité sur les nouveaux parcours plantés, mais elle permet de révéler, ne serait-ce qu'à une petite échelle dans le temps et l'espace, un effet direct sur la capacité des parcours aménagés à mieux résister aux fluctuations pluviométriques par le maintien d'une stabilité de la productivité, mais rien ne garantit sa durabilité dans le temps.

Ajustement de la phytomasse par l'application du Coefficient d'Efficacité de la Pluviosité (CEP)

Le CEP a été retenu pour estimer la contribution de la pluviosité à la productivité et ainsi singulariser l'effet réel de l'aménagement sur les parcours. Il a été estimé pour l'ensemble des parcours puis utilisé pour convertir la phytomasse produite pour le seuil moyen

pluviométrique de 290 mm/an (moyenne pluviométrique de 30ans dans la région). Ces valeurs sont présentées dans le tableau 3.

| Phytomasse mesurée Kg.Ms/ha | T0 | T1 | T2 | T3 |
|---|--------|---------|--------|--------|
| Parcours témoins | 561,86 | 689,87 | 575,67 | 419,23 |
| Parcours Mis en défens | 784,36 | 1001,75 | 946,93 | 628,81 |
| Parcours Plantés | 323,25 | 588,58 | 646,67 | 869,74 |
| Pluviométrie des années de suivi en mm/an | 375 | 425 | 237 | 245 |

| Valeurs du CEP kgMs/1mm/ha de pluie | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------------------------------------|------|------|-------------|-------------|
| Parcours témoins | 1,50 | 1,62 | 2,43 | 1,71 |
| Parcours Mis en défens | 2,09 | 2,36 | 3,76 | 2,57 |
| Parcours Plantés | 0,86 | 1,38 | 2,73 | 3,55 |

| Phytomasse estimée par correction avec le CEP pour une pluviosité de 290mm/an | T0 | T1 | T2 | T3 |
|---|--------|--------|--------|---------|
| Parcours témoins | 434,51 | 470,73 | 704,41 | 496,23 |
| Parcours Mis en défens | 606,57 | 683,55 | 843,58 | 744,31 |
| Parcours Plantés | 249,98 | 401,62 | 791,28 | 1029,49 |

Tableau 3 : Ajustement de phytomasse par le CEP pour les différentes périodes et parcours de suivi.

Table 3 : *Plant biomass adjusted for rainfall-use efficiency for the different experimental rangeland categories and study phases*

Les plus grandes valeurs du CEP sont enregistrées dans les mises en défens, ses valeurs varient globalement de 0.86 à 3.76, ce qui reste très faible par rapport à la moyenne de 4 dans les régions arides et steppiques, établie par le Houérou, 1984, 1996 et reprise par la suite par plusieurs auteurs (Dardel et al., 2014 ; Hirche et al., 2018). La productivité par unité d'eau disponible est donc liée non seulement à l'aridité, mais également au fonctionnement et à l'équilibre de l'écosystème.

Il a été constaté que les parcours aménagés enregistrent une amélioration de la productivité indépendamment de la pluviosité, car une augmentation de l'aridité ne peut donc pas nécessairement réduire la

productivité par unité d'eau disponible si elle compensée par une meilleure gestion de l'écosystème (Dardel et al., 2014).

La figure 5 confirme la reprise de la productivité des parcours ayant bénéficié de gestion (mises en défens et plantations) permettant de réduire, dans ces derniers, la vulnérabilité productive liée à l'irrégularité des pluies dans ces régions.

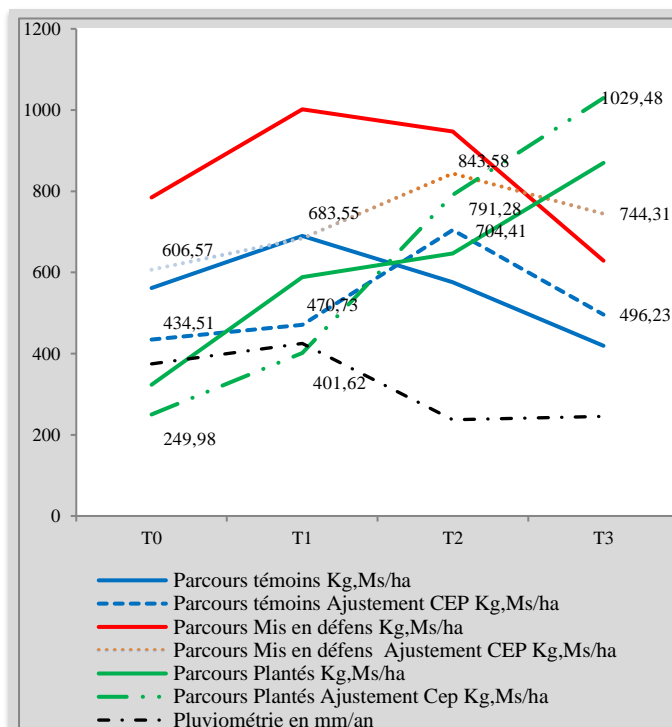


Figure 5 : Valeurs de la phytomasse confrontées à l'ajustement par le CEP

Figure 5 : *Plant biomass and plant biomass adjusted for rainfall-use efficiency for the different categories of experimental rangeland over the different study phases*

L'amélioration du CEP de T0 à T3 reflète une végétation mieux développée mais surtout un effet positif sur la structure du sol. Cela implique que la plus grande partie de l'eau des pluies est mieux utilisée et non rejetée par les phénomènes de ruissellement et autres pertes liées aux sols nus et dégradés. (Del Barrio et al., 2016).

L'analyse de la productivité primaire dans les différents parcours expérimentaux réajustée par le CEP a permis de singulariser l'efficacité du seul facteur de restauration traduit par l'augmentation de la productivité des parcours et une limitation de l'impact de fluctuations pluviométriques sur les parcours aménagés. Elle permet de maintenir une stabilité dans la productivité et l'équilibre de l'écosystème steppique (Amghar et al., 2016 ; Nedjraoui et al., 2016).

La durée de suivi retenue nous a permis de constater que la quantité de biomasse a sensiblement augmenté dans les parcours plantés où elle a quadruplé (passant d'environ 250 kg.MS/ha à plus de 1000

kg.MS/ha) grâce aux arbustes fourragers plantés, tandis que les parcours mis en défens ont maintenu un niveau de production acceptable et qui corroborent les travaux d'auteurs (Hirche *et al.*, 2015; Nedjraoui *et al.*, 2016). Cependant, la durabilité dans le temps des plantations pastorales reste une préoccupation majeure, car elle requière un entretien et une gestion rationnelle et réfléchi dans les niveaux de servitude, paradigme souvent transgressé dans la steppe par les usagers des parcours.

4. CONCLUSION

Cette étude souligne l'intérêt à la fois de mise en place d'aménagement, mais aussi de monitoring à travers les indicateurs mesurables de la végétation.

Le recouvrement global de la végétation a enregistré une nette amélioration dans les parcours restaurés par rapport aux terrains pâturés librement, malgré sa forte corrélation avec la pluviosité. Les parcours mis en défens (occupés en majorité par l'Alfa) maintiennent un recouvrement régulier durant les suivis malgré les aléas climatiques changeants. Les parcours à *Macrochloa tenacissima* représentent dans la steppe le faciès d'équilibre écologique par la diversité de leur végétation. Les parcours plantés (originellement dégradés) retrouvent un taux élevé du recouvrement de végétation, comparable à celui des mises en défens, grâce à la réussite constatée de la plantation en *Atriplex* et conjointement à l'adhésion des populations d'agropasteurs en dépit des réticences initiales.

Le suivi du cortège floristique et de la diversité spécifique, appréciés par la richesse et l'indice de Shannon, a permis de souligner la relation entre la pluviosité et la diversité (fortement corrélée). Cependant, les parcours à Alfa (originellement conduits en mise en défens) enregistrent une meilleure richesse spécifique (en annuelles et en pérennes) et une diversité de Shannon supérieure par rapport aux parcours non aménagés et plantés, justifiant les choix préalables de mise en défens.

La productivité primaire pastorale enregistre une tendance d'amélioration continue dans les parcours plantés, essentiellement en raison du bon développement des *Atriplex* (surtout *Atriplex canescens*). Les avantages de l'utilisation de ces espèces résident dans leurs stratégies d'adaptations écophysologiques, leur grande résistance à l'aridité, la salinité et l'ensablement, ainsi que leur capacité à produire une forte biomasse dans des conditions marginales.

La phytomasse réellement estimée, modérée par le coefficient d'efficacité de pluie a permis de souligner l'influence du seul paramètre de restauration sur la production en phytomasse des parcours, cela est dû au bon développement de la végétation en présence d'*Atriplex*, favorisée certainement par l'épaississement du sol (piégeage du sable), la diminution de l'évapotranspiration (effet self mulching) et la bonne

protection du sol. Les résultats obtenus mettent en évidence l'efficacité de la plantation pastorale dans l'amélioration de l'offre fourragère et la mise en valeur des terres marginales et dégradées ainsi que l'importance de préserver les vestiges de l'écosystème steppique par la mise en défens des terres aux potentialités écologiques indiscutables comme les faciès à Alfa.

La durée du monitoring (même si elle est relativement courte) nous a permis de dresser un état des lieux sur l'amélioration du potentiel biologique (les paramètres écologiques et de productivité) des parcours steppiques en relation avec les modes de restauration retenus et les changements qui en découlent.

Elle a mis en évidence les conséquences liées à une gestion participative des terres de parcours et surtout démontré, par un dispositif expérimental de suivi, que la dégradation des parcours ne semble pas irréversible.

Par ailleurs, des suivis postérieurs (non évoqués dans cette étude) ont révélé une nouvelle dynamique d'usage des terres par les agropasteurs. De nouvelles stratégies d'exploitation de parcours (notamment les nouvelles pâtures mise en place durant le projet) ont été constatées et feront l'objet d'études ultérieures complémentaires, tenant compte d'opportunités offertes par les parcours restaurés et intégrant d'autres données en relation avec la conduite de l'élevage et son évolution après la fin du projet.

Article accepté pour publication le 30 mars 2020

REFERENCES

- AÏDOUD A., TOUFFET J. (1996). "La régression de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L.) : graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes", *Sécheresse*, Vol.7, 187-193
- AÏDOUD A., AÏDOUD-LOUNIS F., SLIMANI H. (1998). "Effect of grazing on soil and desertification: a view from the southern Mediterranean rim", *Ecological basis of livestock grazing*, 133-148
- AÏDOUD A., LE FLOCH E., LE HOUEROU H.N. (2006). "Les steppes arides du nord de l'Algérie", *Sécheresse*, vol. 17, 1, 19-30.
- AÏDOUD A., SLIMANI H., ROZE F. (2011). "La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens ; quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'Alfa (*Stipa tenacissima* L) en Algérie", *Ecol Méditer*, Vol.37, 17-32.
- AMGHAR F., LANGLOIS E., FOREY E., MARGERIE P. (2016). "La mise en défens et la plantation fourragère : deux modes de restauration pour améliorer la végétation, la fertilité et l'état de la surface du sol dans les parcours arides algériens", *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol 20,3, 386-396.
- BARBERO M., QUEZEL P., LOISEL R. (1990). "Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens", *Forêt méditerranéenne*, Vol.12, 194-215.
- BOUCHAREB B. (2012). "Suivi des actions de lutte contre la désertification, Etude expérimentale dans la commune de Hadj Méchri, Wilaya de Laghouat", *Thèse Magister*, USTHB, 111+ann.
- BOURBOUZE A. (2006). "Systèmes d'élevage et production animale dans les steppes du nord de l'Afrique : une relecture de la société pastorale du Maghreb", *Sécheresse*, Vol. 17(1-2), 31-39.
- CHAOUCHE-KHOUANE H., BELHAMRA M., AÏDOUD A. (2018). "Evolution of the plant communities of Alfa (*Stipa tenacissima* L) steppes of Algeria", *Courier du Savoir*, Vol.26, 107-118.

- DAGET J. (1976). "Les modèles mathématiques en écologie", Masson, Paris, 172.
- DAGET P., POISSONNET J. (1971). "Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application", *Ann Agro*, Vol.22, 5-41.
- DAGET P., POISSONNET J. (2010). "Méthode d'étude de terrain et interprétation", CNRS. CIRAD., 955.
- DAOUDI A., TERRANTI S., HAMMOUDA R.F., BEDRANI S. (2013). "Adaptation à la sécheresse en steppe algérienne : le cas de stratégies productives des agropasteurs de Hadj Méchri", *Cahier de l'Agriculture*, vol.22, 303-310.
- DARDEL C., KERGOAT L., HIERNAUX P., GRIPPA M., MOUGIN E., CIAIS P., NGUYEN C.C. (2014). "Rain-Use-Efficiency: What it Tells us about the Conflicting Sahel Greening and Sahelian Paradox", *Remote sens*, Vol. 6, 446-474.
- DEL BARRIO G., E SANJUAN M., HIRCHE A., YASSIN M., RUIZ A., OUESSAR M., VALDERRAMA J.M., ESSIFI B., PUIGDEFABREGAS J. (2016). "Land degradation states and trends in the North-western Maghreb dry lands, 1998-2008", *Remote sensing*, Vol.8, 601-626.
- GHENNOU S. (2014). "Contribution à une étude dynamique de *Stipa tenacissima* L. dans le Sud-ouest de la région de Tlemcen", Thèse. Magister, Univ. Tlemcen. 178
- HAMMOUDA R.F. (2008). "Contribution à l'élaboration d'un modèle de gestion durable d'un parcours steppique dans la commune de Hadj Méchri dans la Wilaya de Laghouat", Thèse. Magister, USTHB, Alger., 113+ann.
- HAMMOUDA R.F., HUGUENIN J., JULIEN L., NEDJRAOUI D. (2019). "Impact of agrarian practices and some pastoral uses on vegetation in Algerian Steppe", *The Rangeland Journal*, Vol.41, 2, 97-107.
- HENNI M., MEHDADI Z. (2012). "Évaluation préliminaire des caractéristiques édaphiques et floristiques des steppes à armoise blanche dégradées réhabilitées par la plantation d'*Atriplex* dans la région de Saïda (Algérie occidentale)", *Acta. Botanica. Gallica*, Vol.159, 1, 43-52.
- HIRCHE A., SALAMANI M., BOUGHANI A., NEDJRAOUI D., HOURIZI R., OUKIL Y., ADI N. (2015). "Thirty years of ecological monitoring in Algerian arid rangelands", *Envi Res Jour*, Vol.9, 351-368.
- HIRCHE A., SALAMANI M., TARHOUNI M., NEDJRAOUI D., EL HAG M., GASHUF E.H., BOUGHANI A., ADI N., HOURIZI R., OULED BELGACEM A., GRANDI M., BEN KHETRA N., BRIKI M., AMRANI S. (2018). "The Maghreb (North Africa) rangelands evolution over forty years : Regreening or Degradation ?", *Chap.3,Ed.Victor, Desertification*, 73-108.
- HOURIZI R., HIRCHE R., DJELLOULI Y., NEDJRAOUI D. (2017). "Changements spatio-temporels des paysages steppiques d'Algérie. Cas de la région de Méchéria", *Terre et Vie*, Vol.72, 1, 33-47.
- KANOUNE M. (2016). "Adaptation des éleveurs ovins face aux multiples changements d'ordre environnementaux et socioéconomique dans les territoires steppiques. Cas des agropasteurs de la région d'El Guédid ; Wilaya de Djelfa", Thèse Doctorat, ENSA. Alger, 207.
- LE HOUÉROU H.N. (1984). "Rain use efficiency : A unifying concept in arid-land ecology". *J. Arid. Environ*. Vol. 7. 213-247.
- LE HOUÉROU H.N. (1996). "Climate change, drought and desertification", *Jour. Ari. Envi.*, Vol.33, 133-185.
- LE FLOC'H H., ARANSON J. (1995). "Ecologie de restauration, définitions de quelques concepts de base", *Nat Sci Soc, HS*, 24-39.
- NEDJRAOUI D. (1981). "Evolution d'éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation (*Armoise blanche*, *Sparte* et *Alfa*) des hauts plateaux, steppe de la Wilaya de Saïda", Thèse. 3ème Cycle, USTHB, 165+ann.
- NEDJRAOUI D., BEDRANI S. (2008). "La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte", *Vertigo on line*, vol.8, 1.
- NEDJRAOUI D., HIRCHE A., BOUGHANI A., SALAMANI M., BOUZENOUNE A., HOURIZI R., OMARI L., SLIMANI H. (2016). "Surveillance à long terme des écosystèmes steppiques et suivi de la désertification. Cas de la steppe du Sud-Ouest", *Biocénose*, Vol. 2, 5-21.
- ROSELT. (2003). "Organisation, fonctionnement et méthodes d'observation et de surveillance écologique à long terme", *OSS*, 2e éd., Tunis, 236+ann.
- SLIMANI H., AÏDOUD A. (2018). "Quarante ans de suivi dans la steppe du Sud-oranais (Algérie) : Changement de diversité et de composition floristiques", *Revue d'Ecologie*, Vol. 73, 3, 293-308.