

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Etude phytosociologique du plateau andin Pampa Galéras au Pérou occidental

A. Rivas*, A. Buldgen* et R. Compère*

Résumé

Les auteurs analysent les effets des conditions climatiques très rudes existant sur le haut plateau andin de Pampa Galéras: froid nocturne intense, pluies estivales peu abondantes, longue saison sèche, vents forts, sur la présence d'une steppe semi-aride, rase, peu fournie actuellement pâturée par les vigognes de la réserve nationale.

Les formations végétales identifiées sont la résultante à la fois de la nature du sol, de la morphologie du terrain et de la pression des herbivores. L'analyse structurale: biovolume et stratification reflète parfaitement l'aspect visuel du paysage et correspond bien aux estimations de biomasse.

Deux types physiognomiques sont décrits: la steppe herbeuse et la steppe buissonnante. La steppe herbeuse domine le paysage. Elle compte 4 faciès dominés par des espèces vivaces en corrélation avec la profondeur du sol et 2 faciès surpâturés à dominance d'espèces annuelles sur les sols superficiels. La steppe buissonnante située à la périphérie du territoire sur le flanc Pacifique indique un sol caillouteux, calcaire, très sec avec un faciès de dégradation envahi par un buisson épineux.

Summary

The authors have studied the effects of hard climatic conditions prevailing on the High Andean plateau of Pampa Galeras namely: cold nights, limited summer rainfall, a long dry season and a strong wind, on the development of a semi-arid steppe with a reduced basal cover at present pastured by vigognes of the National Reserve.

The identified range types result both from soil nature, ground morphology and herbivorous livestock. Vegetation structure analysis — bio-volume and stratification — mirrors perfectly well the visual aspect of the landscape and agrees with biomass data.

Two physiognomical types are described: the herbaceous steppe on the one hand, the brushy steppe on the other hand. The herbaceous steppe dominates the landscape. It shows 4 facies governed by perennial species in relation with soil depth and two overpastured facies dominated by annual species on the superficial soils. The brushy steppe bordering the Pacific coast indicates a stony, calcareous and very dry soil, with a degenerated range invaded by thorny brushes.

1. Cadre de l'étude

L'étude s'est déroulée en 1982-1983 dans la réserve naturelle de Pampa Galéras occupant 65.000 hectares des andes occidentales du Pérou (14°42' de latitude Sud et 74°25' de longitude Ouest). La réserve couvre un vaste plateau ondulé perché à 4.000 mètres d'altitude et correspond à un milieu écologique particulier des Andes intertropicales de l'Amérique du Sud dénommé "steppa montano-subtropicale" (5) appartenant aux zones marginales que sont les "punas" de l'altiplano.

1.1. Climat

Selon Köppen, la région bénéficie du climat de type bolivien (8) qui s'étend sur les hautes terres andines depuis les plateaux du Pérou dominant Arequipa

jusqu'à la puna d'Atacama située en Argentine et au Chili. Deux saisons marquent le climat de Pampa Galéras: un hiver sec et froid s'étendant d'avril à septembre suivi d'un été pluvieux et plus doux d'octobre à mars. Au cours de l'hiver, les températures minimales nocturnes atteignent moins 15°C pour des températures diurnes de 12°C. En période pluvieuse, les températures nocturnes sont voisines de 0°C et les températures diurnes dépassent rarement 15°C (Fig. 1).

Les précipitations annuelles très variables entre 200 à 800 mm sont surtout concentrées de janvier à mars (Fig. 2 et 3). En saison sèche de mars à avril, les pluies sont très rares, la couverture nuageuse de 0 octa explique le refroidissement nocturne intense dû à forte irradiation terrestre. La saison des pluies couvre la période de septembre à avril avec un

* Chaire de Zootechnie - Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat à B-5800 Gembloux - Belgique.

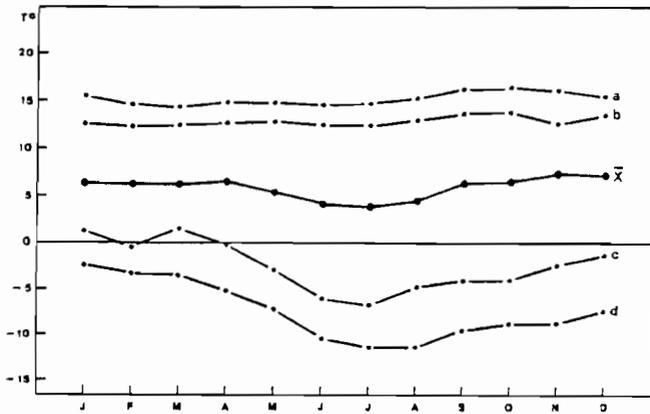


Figure 1: Températures moyennes mensuelles enregistrées à Pampa Galéras pendant la période 1966 à 1982 - exprimées en °C. a: températures maximales absolues; b: températures maximales moyennes; c: températures minimales absolues; d: températures minimales moyennes; x: températures moyennes mensuelles calculées.

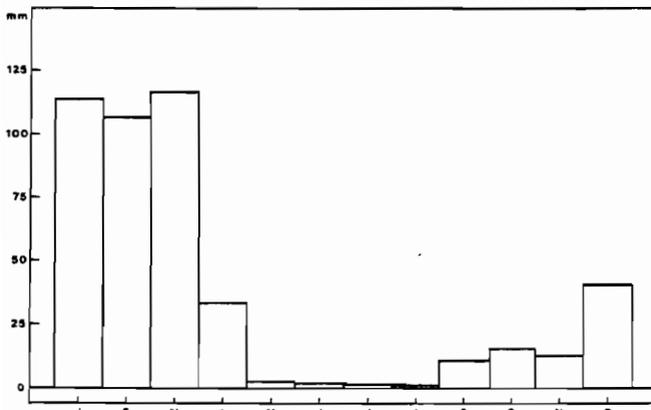


Figure 2: Histogramme des précipitations mensuelles moyennes en mm de pluie de 1966 à 1982. Plateau de Pampa Galéras.

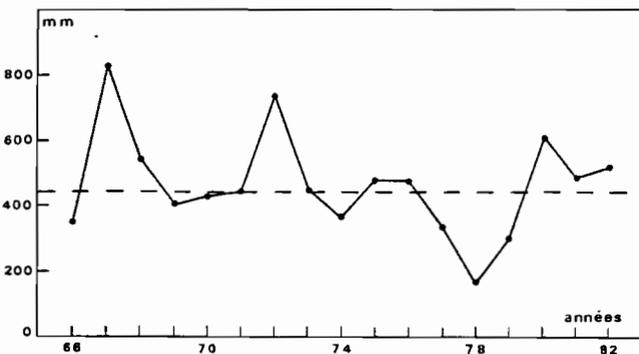


Figure 3: Variations de la pluviosité annuelle du plateau de Pampa Galéras de 1966 à 1982 pluviosité annuelle en mm ----- moyenne de 1966 à 1982.

maximum en mars (Fig. 2). Au cours des mois très pluvieux, le schéma journalier des précipitations se répète invariablement: à partir de 10 heures, les nuages s'amoncellent rapidement; les orages éclatent violemment et se succèdent, déversant sur la puna des trombes d'eau ou de grêle; le ciel reste couvert (couverture nuageuse comprise entre 6 et 8 octa), le refroidissement nocturne est dès lors moins accusé.

Le vent, ainsi que la forte insolation diurne, accentuent la dessiccation des végétaux en période sèche. Sa vitesse moyenne annuelle varie de 4,2 m par seconde en 1972 à 21,7 m par seconde en 1969, sa direction est invariable: NE le matin avec une inversion SO en fin de journée après une ou deux heures d'accalmie.

La longueur de la période humide favorable à la croissance des plantes d'herbage a été estimée à 5 mois de décembre à avril selon la méthode de l'abaque hydrothermique décrite par Euvette (Fig. 4).

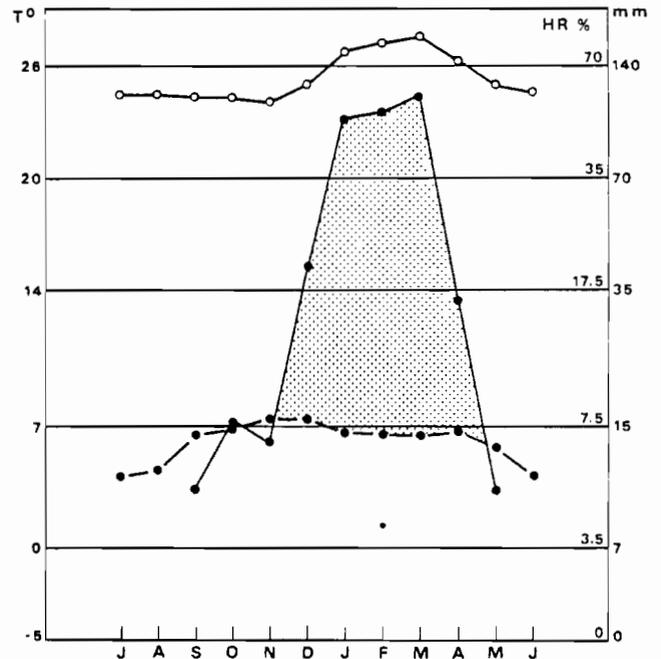


Figure 4: Estimation de la période humide favorable à la végétation selon l'abaque hydrothermique d'Euvette pour le plateau de Pampa Galéras.

· humidité relative moyenne de l'air exprimée en %

· pluviosité moyenne mensuelle exprimée en mm de pluie

· température moyenne mensuelle exprimée en °C

longueur de la période humide.

L'humidité relative de l'air toujours élevée au cours de la période de grande pluviosité s'abaisse considérablement à partir du mois d'avril jusqu'en décembre; toutefois, cette chute aux environs de 40% se situe uniquement en milieu de journée (Fig. 5).

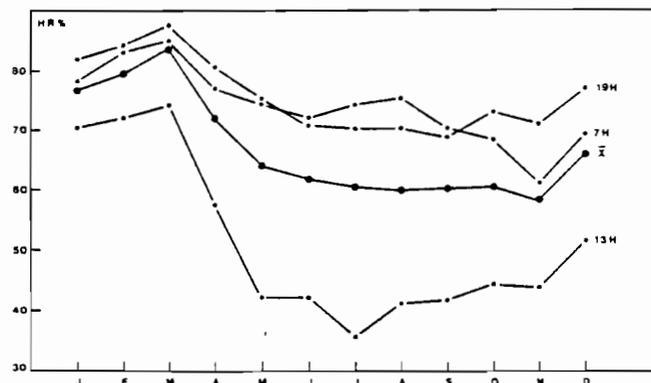


Figure 5: Humidité relative moyenne mensuelle enregistrée à 7 heures, 13 heures et 19 heures à Pampa Galéras pendant la période 1966 à 1982 - exprimée en %; x: moyenne journalière calculée.

1.2. Géomorphologie

Le modelé de la puna a été retouché par les dépôts volcaniques du pliocène et du quaternaire ainsi que par les actions glaciaires et périglaciaires du pléistocène (3). La morphodynamique récente est limitée aux glissements de terrain, aux ruissellements diffus et à l'action superficielle du gel sur le sol et les roches.

L'aspect paysagique de la réserve est de type collinaire avec des dénivellations ne dépassant pas 250 m à partir du point bas. Ce modelé a pour origine une action tectonique constante et des processus d'érosion répartis dans le temps, actuellement perceptibles dans la partie haute des collines. Les formations géologiques comprennent des roches cristallines (granéodorite) et volcaniques avec des inclusions d'arénites et de calcaires (5).

On distingue une alternance de pentes fortes et de plans légèrement convexes déterminant deux formations collinaires bien distinctes, à savoir :

- les collines moyennes d'une hauteur maximale de 120 m au-dessus du point bas avec des pentes de 25 à 30% sont peut influencées par le processus général d'érosion sauf quelques traces d'entraînement des colloïdes par le ruissellement des eaux de pluie. A l'intérieur de cette formation, deux types de modelés apparaissent : les collines moyennement disséquées offrant des mouvements de terrain peu prononcés et des collines fortement disséquées caractérisées par un aspect très déchiré et abondantes sur les roches d'origine volcanique;

- les collines hautes atteignant 250 m au-dessus du niveau le plus bas offrent des pentes de 45% avec un modelé en relation avec les roches sous-jacentes. L'érosion y est plus intense au cours des phases pluvieuses découvrant les roches cristallines à leur sommet convexe décapé. Selon le degré des glissements de terrains, on y distingue aussi des collines moyennement disséquées. Quelques escarpements existent en aval des chenaux d'écoulement, ils ont pour origine les phénomènes tectoniques et volcaniques et des actions d'érosion intenses.

Les formations alluviales intercollinaires subhorizontales se présentent sous l'aspect de dépressions allongées, très étroites, occupées par des ruisseaux aux écoulements temporaires.

1.3. Sols

Etant donné les rigueurs de ce climat froid de très haute altitude, la pédogénèse se révèle très lente. La dégradation de la roche mère cristalline et volcanique est principalement réalisée par les agents physiques : vent, gel et irradiation; elle affleure en de nombreux endroits. La décomposition de la matière organique est lente, la quantité de nitrates et de phosphates disponibles est faible, l'épaisseur maximale du sol est de 40 cm dans les endroits humides et en moyenne de 20 cm, l'humus est concentré dans les premiers centimètres.

L'analyse physique du sol souligne une prédominance des fractions limoneuses et argileuses; la multitude de cailloux et de roches affleurantes donne à la puna une allure cahotique. Néanmoins, ces sols offrent une capacité d'échange cationique très élevée que l'on doit surtout à la fraction argileuse (CEC=40 méq. par 100 g). Le taux de saturation en bases reste faible ($v=31$ méq. par 100 g), le Ca est le plus abondant suivi dans l'ordre par Mg, K et Na. Le rapport du carbone total sur l'azote total (C/N) très élevé indique une minéralisation très lente des matériaux d'origine organique. Le pH légèrement acide à la partie supérieure du profil augmente progressivement en profondeur.

1.4. Végétation

Le froid nocturne intense, la faible pluviométrie annuelle, la longue saison sèche, l'importante irradiation solaire, les vents violents confèrent au paysage du plateau un aspect steppique caractérisé par des formations végétales essentiellement herbacées et des arbustes ras dont la hauteur ne dépasse pas 60 cm.

Les nombreux cailloux de surface installent des microclimats particuliers au niveau du sol à l'intérieur desquels les variations de température moins grandes et le degré d'humidité plus élevé favorisent le maintien tout au long de la saison sèche d'une certaine quantité de nourriture verte disponible pour les herbivores indigènes de ces hauts plateaux.

1.5. Faune herbivore

La réserve naturelle de Pampa Galéras se caractérise actuellement par son importante population de vigogne (*Lama vicugna*), auchénidé sauvage sud-américain dont l'aire de dispersion se situe entre 3800 et 4800 m d'altitude au sein d'un habitat appelé puna caractérisé par une végétation rase steppique et un climat rigoureux à saison sèche marquée.

Ce petit mammifère herbivore haut de 0,70 à 0,90 m au garrot et d'un poids de 35 à 45 kg pour les adultes atteint actuellement une densité de 0,8 tête par hectare (4); il exploite les maigres ressources fourragères offertes par la steppe. La population est dispersée en petits groupes: bisexués ou harems et célibataires qui occupent alternativement des sites réservés de pâturage et de sommeil.

2. Matériel et méthodes

2.1. Cartographie

Une délimitation préliminaire des zones homogènes a été réalisée par l'observation stéréoscopique des photographies aériennes au 1/60.000 prises en 1955. Une vérification de concordance entre les unités cartographiées et les formations végétales identifiées sur le terrain a été effectuée par un échantillonnage systématique du couvert végétal selon la méthode de Parker (6). L'unité d'échantillonnage composée d'une bague de 2,4 cm de diamètre est répartie le long d'une ligne droite tous les deux pas. Etant donné les discordances importantes relevées, la carte agrostologique définitive a été dressée sur le fond topographique national au 1/50.000 par le report des observations de terrain.

2.2. Relevés phytosociologiques

Après une délimitation des zones de végétation homogènes sur le terrain, une étude qualitative et quantitative plus précise a été effectuée selon la méthode de Daubenmire (1) basée sur le recouvrement foliaire. Un ruban métallique est tendu au centre de la zone de végétation représentative entre deux piquets et 21 placettes de 0,1 m² sont disposées à intervalles réguliers le long du ruban et matérialisées par des repères en cuivre. Afin de retrouver les mêmes emplacements au cours de relevés échelonnés dans le temps compte tenu d'une élongation du ressort de tension du ruban, les limites des premières placettes sont fixées définitivement sur le ruban (Fig. 6).

A l'intérieur des limites de chaque placette, on note la présence, le nombre de pieds et le recouvrement de chaque espèce. Les superficies occupées par le sol nu, les cailloux et la litière sont également mesurées.

Chaque relevé floristique est consigné sur un document standardisé (Fig. 7).

Le recouvrement arbustif a été estimé au moyen d'un cadre métallique de 1 m de côté lancé 100 fois au hasard à l'intérieur duquel la projection au sol de la couronne de chaque espèce a été mesurée.

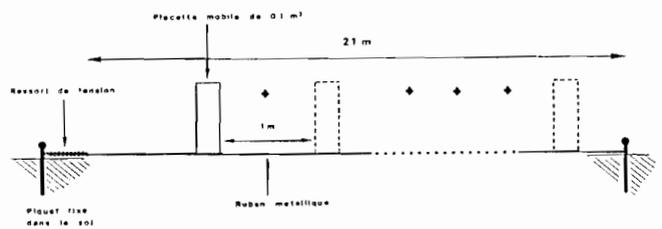


Figure 6: Schéma d'installation du dispositif requis pour appliquer la méthode de Daubenmire.

Formulaire analyse phytosociologique													
Transect n°	Formation végétale												
Ligne n°	Date												
Lien	Auteur												
Espèces	1	2	3	4	5	6	7	...	21	Densité	Fréquence	Recouvrement	
-										-	-	-	
-										-	-	-	
-										-	-	-	
Couverture végétale %													
Cailloux													
Sol nu %													

Figure 7: Formulaire d'enregistrement des relevés phytosociologiques.

3. Résultats

3.1. Structure de la végétation

Les espèces ont été classées selon 5 types morphologiques, à savoir:

- type cespiteux cauliphylle (C_C), touffes dressées denses avec tiges florifères densément feuillées;
- types cespiteux basiphylle (C_B), touffes denses dressées avec tiges florifères grêles peu feuillées;
- type uniculmaire (U_C), une seule tige florifère non ramifiée à la base;
- type gazonnant (G_A), en forme de coussin avec forte ramification basale;
- type en rosette ou plus ramifié (R) à une ou plusieurs tiges florifères.

Le recouvrement moyen de chaque type morphologique et son biovolume absolu ou relatif ont été calculés selon les formules de Descoings (2)

$$B_{Va} = \text{Recou. \%} \times h$$

$$B_{Vr} = \frac{B_{Vai}}{EB_{Va}} \times 100$$

B_{Va} : biovolume absolu

B_{Vr} : biovolume relatif du type morphologique i

Recou %: recouvrement moyen du sol en %

B_{Vai} : biovolume absolu du type morphologique i

h: hauteur du végétal en mètre

$\sum B_{Va}$: somme des biovolumes absolus des 5 types

L'analyse des résultats obtenus pour l'ensemble des formations végétales du plateau indique un taux de recouvrement moyen de 48% (Tableau 1 et Fig. 8). Le biovolume est occupé en grande partie par les types morphologiques U_C (taux de recouvrement = 22,9% et B_{Vr} = 50,04%), C_b (taux de recouvrement = 8,5% et B_{Vr} = 18,57%), C_c (taux de recouvrement = 1,9% et B_{Vr} = 24,91%).

TABLEAU 1

Caractéristiques de la structure de la végétation de Pampa Galéras

Types morphologiques	Taux de recouvrement %	Taille en mètre	Biovolume absolu m ³ /ha	Biovolume relatif %
C_c	1,9	0,60	124,0	24,91
C_b	8,5	0,10	85,0	18,57
U_c	22,9	0,10	229,0	50,04
G_a	8,4	0,02	16,8	3,67
R	6,4	0,02	12,8	2,80
Total	48,1		457,6	100,00

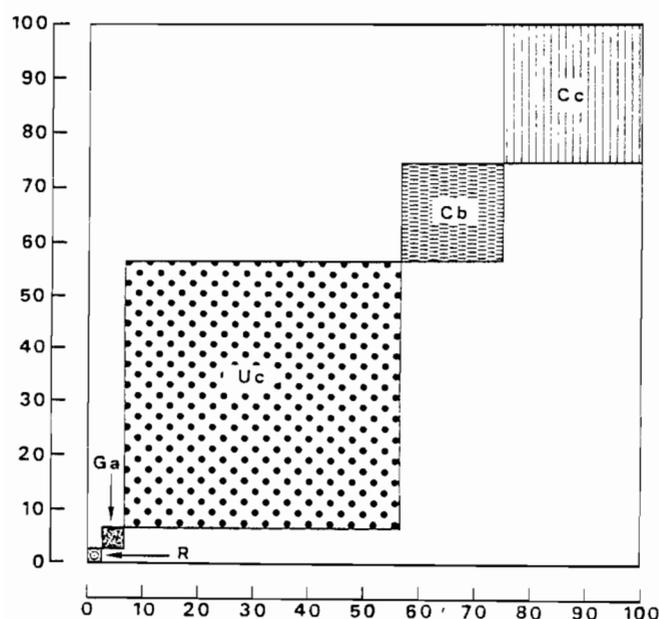


Figure 8: Diagramme biomorphologique moyen. Biovolumes relatifs en % des types morphologiques C_c : cespiteux cauliphylle; C_b : cespiteux basiphylle; U_c : Uniculmaire; G_a : gazonnant; R: en rosette ou plus ramifié.

Le biovolume s'élève à 458 m³ par hectare ce qui est très faible par rapport aux 8.000 m³/ha des parcours tropicaux de basse altitude.

Le diagramme de stratification (Fig. 9) montre que la strate la plus étendue ne dépasse pas 10 cm de hauteur, la strate élevée atteint 60 cm.

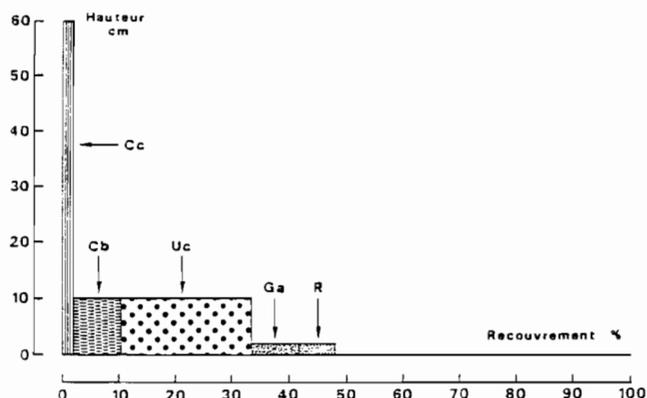


Figure 9: Diagramme de stratification des différents types morphologiques C_c : cespiteux cauliphylle; C_b : cespiteux basiphylle; U_c : Uniculmaire; G_a : gazonnant; R: en rosette ou plus ramifié.

3.2. Caractéristiques des formations végétales

Deux types physionomiques ont été identifiés, à savoir:

- la steppe herbeuse à *Stipa brachyphylla*,
- la steppe buissonnante à *Parastrephia lepidophylla*.

3.2.1 Steppe herbeuse

A l'intérieur de la steppe herbeuse caractérisée par *Stipa brachyphylla*, six faciès ont été décrits: 4 dominés par les espèces vivaces et 2 par les espèces annuelles.

3.2.1.1. Steppe herbeuse dominée par les espèces vivaces

Faciès à *Stipa ichu* (Shv - Si)

Il occupe les hautes collines à pente faible sur sol limono-argileux profond soit 10% de la superficie étudiée. Les espèces dominantes appartiennent aux types morphologiques ci-après:

- type C_c : *Stipa ichu*, graminée vivace à feuilles dures haute de 30 à 50 cm présente sous la forme de touffes isolées;
- type C_b : *Festuca rigescens*, graminée vivace aux chaumes florifères dures et rigides ne dépassant pas 20 cm;
- type U_c : *Stipa brachyphylla* et *Poa* sp. sous la forme d'une strate haute de 10 à 20 cm.

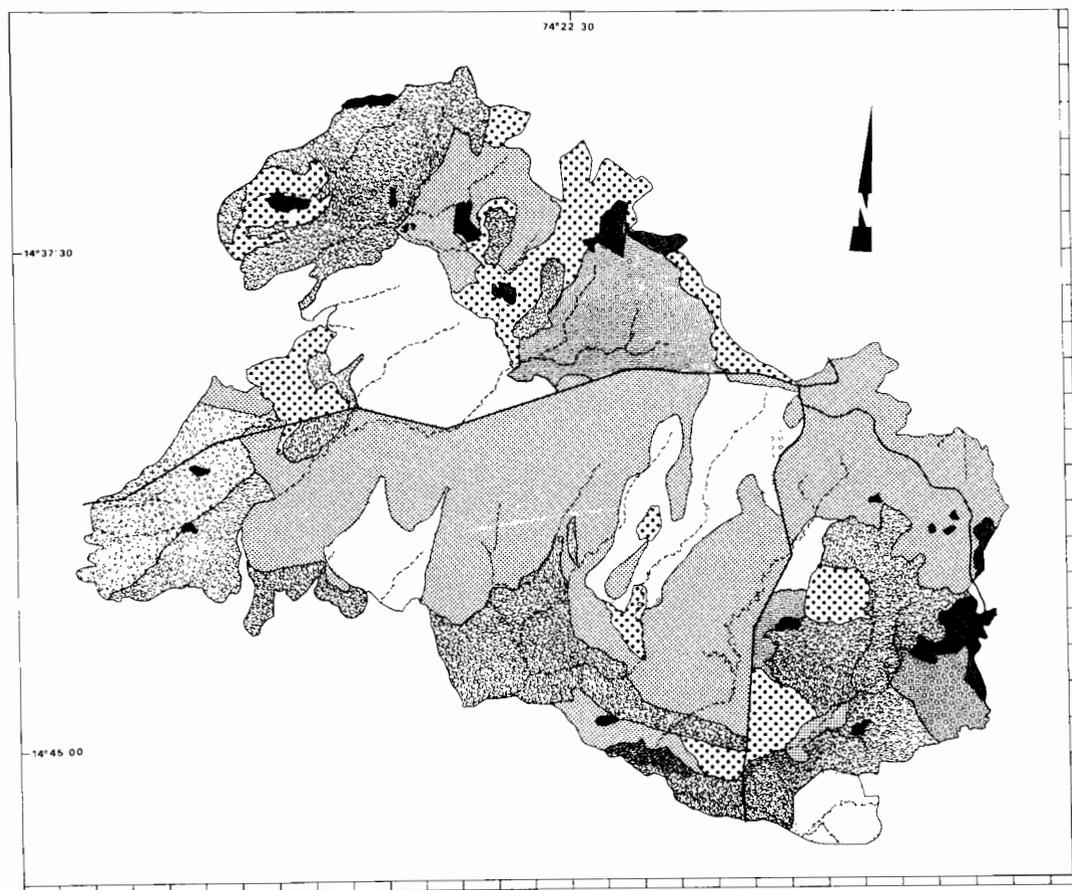


Figure 10 : Carte agrostologique du plateau de Pampa Galéras.

Représentation des formations végétales	Sigles	Caractérisation : type physiologique, espèces dominantes, sol
Formation herbeuses	Sh - Sb	Steppe herbeuse à <i>Stipa brachyphylla</i>
Dominance d'espèces vivaces		
	Shv - Si	Faciès à <i>Stipa ichu</i> sur sol limono-argileux profond
	Shv - Fr	Faciès à <i>Festuca rigescens</i> sur sol limono-argilo-sableux peu profond
	Shv - Pb	Faciès à <i>Pycnophyllum brioides</i> sur sol limono-sableux peu profond
	Shv - Ad	Faciès à <i>Azorella dispensioides</i> sur sol limono-argileux superficiel
Dominance d'espèces annuelles		
	Sha - Po	Faciès à <i>Poa sp.</i> sur sol limono-argileux superficiel
	Sha - Cv	Faciès à <i>Calamagrostis vicunaru</i> sur sol argileux superficiel
Formations buissonnantes	Sb	Steppe buissonnante
	Sb - Pl	Steppe buissonnante à <i>Parastrephia lepidophylla</i> sur sol limono-caillouteux
	Sb - Ms	Faciès à <i>Margiricarpus strictus</i> sur sol sableux superficiel
Sols dénudés	Ro	Rochers
	G	Sol glacé
——— : routes principales d'accès au plateau		
- - - - - : écoulements temporaires		
Echelle : 0 5 10 15 km		

Ce document a été dressé à partir du fond topographique national au 1/50.000 et de l'analyse des photographies aériennes de la couverture 1955 au 1/60.000.

Entre les touffes de *Stipa ichu*, les espèces gazonnantes et en rosette: *Azorella diapensioides*, *Mulhembergia peruviana*, *M. ligularis*, *Belloa piptolepis*, *Trifolium amabile*, *Nototriche pinnata* sont broutées rez de terre.

Les caractéristiques de ce faciès sont:

- un taux de recouvrement de 36% soit 26% pour les vivaces et 10% pour les annuelles,
- une biomasse totale importante: 573 kg de m.s./ha dont 285 kg pour *Stipa ichu* et 244 pour *Stipa brachyphylla*. *Stipa ichu*, très tolérante à la sécheresse et au surpâturage, est une indicatrice de la pauvreté de ce faciès, seules les jeunes pousses sont prélevées par les herbivores en saison humide,
- la contribution spécifique des fréquences est de 48% pour les vivaces et 47% pour les annuelles et pour les espèces les mieux représentées: *Stipa ichu* 12,5%, *S. brachyphylla* 16,5%, *Poa* sp. 14,2% et *Azorella diapensioides* 2,8%.

Faciès à *Festuca rigescens* (Shv - Fr.)

Ce faciès le plus étendu soit 35% de la superficie étudiée couvre les collines à pente faible sur sols limono-argilo-sableux moyennement profonds, peu humides, contenant une charge caillouteuse de 10%. Les divers types morphologiques comprennent les espèces suivantes:

- type C_B: *Festuca rigescens*, *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla* composant la strate supérieure haute de 10 à 20 cm;
- type U_C: *Mulhembergia peruviana*, *M. ligularis*, *Poa* sp. On y rencontre en moins abondant *Azorella diapensioides*, *Pycnophyllum molle*, *Aciachne pulvinata*, *Hypochoeris taraxacoïdes*, *Nototriche pinnata*, *Scirpus rigidus*. Dans les endroits fumés par la vigogne, *Urtica flabellata* et *Malvastrum acaule* abondent.

Ces collines apparaissent striées de bandes claires (Shv - Fr) et de lignes sombres (Shv - Si) et d'aucuns affirment que les bandes claires seraient fortement influencées par les dépôts d'excréments en haut des collines qui seraient entraînés vers le bas par les eaux de ruissellement et fertiliseraient ces bandes de pâturage.

Le taux de recouvrement moyen atteint 38% et la biomasse 389 kg du m.s. par hectare produite surtout par les espèces vivaces.

L'analyse de la contribution spécifique de fréquence (CSF) permet le classement suivant:

<i>Festuca rigescens</i>	11,3%
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	8,9%
<i>Stipa brachyphylla</i>	11,8%
<i>Mulhembergia peruviana</i>	7,7%
<i>Poa</i> sp	12,1%
Ensemble des vivaces	36 %
Ensemble des annuelles	56 %

Faciès à *Pycnophyllum brioïdes* (Shv - Pb)

Ce faciès occupant 7% de la superficie étudiée couvre surtout les collines à très faible pente sur sol limono-sableux superficiel et sec présentant une charge caillouteuse de 13%. Les divers typés morphologiques sont représentés par les espèces suivantes:

- type G_A: *Pycnophyllum brioïdes*, *P. molle*, *Azorella diapensioides* se développant rez de terre sous la forme de coussins spongieux et convexe d'un diamètre inférieur à 40 cm;
- type U_C: *Poa* sp., *Calamagrostis vicunarum* formant la strate supérieure d'une hauteur inférieure à 8 cm;
- type R: *Nototriche pinnata*, *Bougueria nubicola*, *Malvastrum acante*, *Plantago rigida*, *Arenaria tetragina*, *Alchemilla pinnata*.

Le taux de recouvrement moyen est de 47% et la biomasse se révèle très faible: 103,1 kg de m.s. par hectare. Cette médiocre production est due à la fois au sol superficiel, sec et tassé et au surpâturage.

Le CSF fournit le classement suivant:

<i>Pycnophyllum brioïdes</i>	7,96%
<i>Poa</i> sp.	14,70%
<i>Festuca rigescens</i>	12,58%
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	11,77%
Ensemble des vivaces	31 %
Ensemble des annuelles	61 %

Faciès à *Azorella diapensioides* (Shv - Ad)

Ce faciès très semblable au précédent occupe 6% de la superficie sur les collines hautes, moyennement ondulées dotées de sols limono-argileux peu profonds et secs avec une charge caillouteuse de 15%. Les principaux types morphologiques comprennent les espèces suivantes:

- type G_A: *Pycnophyllum brioïdes*, *Azorella diapensioides*, en forme de coussins,
- type R: *Nototriche pinnata*, *Alchemilla pinnata*, *Bougueria nubicola*, *Hypochoeris taraxacoïdes*, *Plantago rigida*, *Arenaria tetragina*, *Scirpus rigidus*, *Malvastrum acaule*, *Belloa piptolepis*, *Trifolium amabile*, *Astragalus dillingami* formant le tapis rez de terre avec le précédent,

— type U_C: *Calamagrostis vicunarium*, *Poa* sp., *Muhlebergia peruviana*, *Stipa brachyphylla*, de la strate supérieure de 2 à 10 cm de haut,

— type C_B: *Festuca rigescens* de la strate supérieure.

Le taux de recouvrement s'élève à 58% dont 36% pour les vivaces et 21% pour les annuelles. Les types U_C et C_B fournissent l'essentiel de la biomasse estimée en moyenne à 173 kg de m.s. par hectare.

Les composantes du CSF sont :

<i>Pycnophyllum brioides</i>	9,53%
<i>Azorella diapensioïdes</i>	8,30%
<i>Poa</i> sp.	11,38%
<i>Calamagrostis vicunarium</i>	10,20%
Ensemble des vivaces	39,41%
Ensemble des annuelles	54,03%

3.2.1.2. Steppe herbeuse dominée par les espèces annuelles

Faciès à *Poa* sp. (Sha - P₀)

Ce faciès couvre 8% du territoire et occupe les collines basses moyennement ondulées sur les sols limono-argileux superficiels secs avec une charge caillouteuse de 11%.

Les espèces les plus fréquentes se classent au niveau des types morphologiques ci-après :

— type U_C: *Poa* sp., *Calamagrostis vicunarium*, *Stipa brachyphylla* formant la strate supérieure de 2 à 12 cm;

— type C_B: *Festuca rigescens*, *Calamagrostis rigescens* forment une strate identique à la précédente;

— type R: *Nototriche pinnata*, *Bougueria nubicola*, *Plantago rigida*, *Belloa piptolepis*, *Paronychia andina*, *Alchemilla pinnata*, *Astragalus dillingami*.

Le taux de recouvrement moyen est faible : 35% et la biomasse est estimée à 208,6 kg de m.s. par hectare en moyenne.

L'analyse du CSF indique :

<i>Poa</i> sp.	18 %
<i>Calamagrostis vicunarium</i>	14 %
<i>Stipa brachyphylla</i>	10 %
<i>Festuca rigescens</i>	8 %
Ensemble des vivaces	34,5%
Ensemble des annuelles	59,2%

Faciès à *Calmagrostis vicunarium* (Sha - C_V)

Ce faciès couvrant 8% du territoire, occupe les collines moyennement ondulées installées sur un manteau argileux superficiel, fortement structuré à faible charge caillouteuse (3%).

Les espèces les plus fréquentes se classent parmi les types morphologiques suivants :

— type U_C: *Calamagrostis vicunarium*, *Poa* sp., *Muhlebergia peruviana*, *Carex hipsipedos* de la strate supérieure haute de 1 à 10 cm,

— type R: *Alchemilla pinnata*, *Bougueria nubicola*, *Arenaria tetragina*, *Paronychia andina*, *Plantago rigida*, *Belloa piptolepis*, *Hypochoeris taraxacoïdes*, *Malvas-trum acaule*, *Nototriche pinnata*, *Astragalus dillingami*, *Trifolium amabile* formant un couvert très ras inférieur à 2 cm de hauteur.

Malgré l'absence d'espèces vivaces, la composition floristique reste stable. Le recouvrement moyen est de 38,4%, la biomasse est faible, soit 159,2 kg de m.s. par hectare.

Le CSF fournit les composantes suivantes :

<i>Calamagrostis vicunarium</i>	19%
<i>Poa</i> sp.	18%
<i>Alchemilla pinnata</i>	16%
<i>Nototriche pinnata</i>	13%
<i>Astragalus dillingami</i>	6%

3.2.2. Steppe buissonnante

La steppe buissonnante à *Parastrephia lepidophylla* comprend un faciès épineux à *Margiricarpus strictus*.

Formation à *Parastrephia lepidophylla* (Sb - P_I)

Cette formation couvrant 25% du territoire occupe les fonds de vallées colluvio-alluviales et les collines en pente faible sur sols profonds limono-sableux.

Le "tola" (*P. lepidophylla*) se présente sous l'aspect d'un buisson haut de 50 à 60 cm restant vert toute l'année grâce à la sécrétion d'une substance résineuse protégeant les feuilles et les tiges contre l'évaporation. Il occupe les sols caillouteux et secs, à teneur élevée en calcium (25,5 méq. par 100 g).

Les types morphologiques qui accompagnent cet arbuste sont :

— type U_C: *Stipa brachyphylla* formant une strate moyenne comprise entre 2 et 12 cm de haut;

— type C_C: *Stipa ichu*, *S. dolychophylla*, *S. depauperata*, *S. obtusa*, *S. sp.* composant la strate supérieure haute de 10 à 55 cm;

— type C_B: *Calamagrostis rigescens* haut de 2 à 6 cm.

La strate rase est composée d'espèces variées : *Poa* sp., *Muhlenbergia ligularis*, *M. peruviana*, *Paronychia andina*, *Bougueria nubicola*, *Belloa piptolepis*, *Hypochoeris taraxacoïdes*, *Scirpus*, *Carex hypsipedos*.

Le taux de recouvrement reste faible soit 35%, la biomasse élevée soit 559,8 kg de m.s. par hectare en moyenne est due à la présence des buissons.

La CSF comprend les composantes ci-après :

<i>Stipa brachyphylla</i>	29,8%
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	19,9%
<i>Senecio spinosus</i>	11,7%
<i>Margaricarpus strictus</i>	13,6%
<i>Calamagrostis rigescens</i>	5,5%
Ensemble des vivaces	41,0%
Ensemble des annuelles	28,0%
Arbustes	29,0%

Faciès à *Margaricarpus strictus* (Sb - Ms)

Ce faciès couvre 4% du territoire et occupe les collines basses à pentes modérées installées sur des sols sableux appauvris. *Margaricarpus strictus* est un buisson épineux de la famille des rosacées haut de 10 à 40 cm. Il est très envahissant, non apprécié par les vigognes, il est favorisé par le surpâturage.

Les espèces les plus fréquentes se classent au niveau des types morphologiques suivants :

- type U_C : *Stipa brachyphylla*, *Muhlenbergia peruviana*, *Carex hypsipedos* formant la strate élevée de 2 à 12 cm de hauteur;
- type U_B : *Calamagrostis rigescens*, *Scirpus rigidus* d'une hauteur de 2 à 7 cm,
- type R : *Paronychia andina*, *Belloa piptolepis* se maintient rez de terre.

Le taux de recouvrement moyen atteint 39% et la biomasse influencée par les buissons s'élève à 449,4 kg de m.s. par hectare en moyenne.

La CSF donne les composantes suivantes :

<i>Margaricarpus strictus</i>	21,06%
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	2,12%
<i>Stipa brachyphylla</i>	17,36%
<i>Muhlenbergia peruviana</i>	7,72%
Ensemble des vivaces	28,35%
Ensemble des annuelles	37,74%
Arbustes	33,90%

TABLEAU 2

Inventaire des espèces végétales présentes sur le plateau de Pampa Galéras

Dénomination scientifique et auteurs	Code	Types biologiques	Types morphologiques
GRAMINEES			
<i>Aciachne pulvinata</i> Benth.	Acp	H	Ga
<i>Calamagrostis rigescens</i> (Presl.) Scribn.	Cr	H	Cb
<i>Calamagrostis vicunaru</i> (Weed.) Pilg.	Cv	T	Uc
<i>Festuca dolichophylla</i> Presl.	Fd	H	Cc
<i>Festuca rigescens</i> (Presl.) Kunth.	Fr	H	Cb
<i>Muhlenbergia ligularis</i> (Hack.) Hitchc.	MI	T	Uc
<i>Muhlenbergia peruviana</i> (Beauv.) Steud.	Mp	T	Uc
<i>Poa aequigluma</i> Tovar.	Poa	T	Uc
<i>Poa</i> sp. Tovar	Poa	T	Uc
<i>Stipa brachyphylla</i> Hitchc.	Sb	H	Uc
<i>Stipa depauperata</i> Pilger.	Sd	H	Cc
<i>Stipa ichu</i> (R. et P.) Kunth.	Si	H	Cc
<i>Stipa</i> sp. Hitchc.	Ssp	H	Cc
CYPERACEE			
<i>Carex hypsipedos</i> Clarke	Ch	T	Uc
<i>Scirpus rigidus</i> Boeckl.	Sr	H	Cb
EPHEDRACEE			
<i>Ephedra americana</i> H. et B. ex. Willd.	Ea	C	Ar
JUNCACEE			
<i>Distichia muscoïdes</i> Nees. et Mey.	Dm	H	Ga
CARYOPHYLLACEE			
<i>Paronychia andina</i> A. Gray	Pa	T	R
<i>Pycnophyllum bryoïdes</i> (Phil.) Rohrb.	Pb	C	Ga
<i>Pycnophyllum molle</i> Remy	Pm	C	Ga
<i>Arenaria tetragyna</i> Willd.	At	T	R
ROSACEE			
<i>Alchemilla pinnata</i> R. et P.	Ap	T	R
<i>Margaricarpus strictus</i> (Poepp.) Macbr.	Ms	C	Arbuste
LEGUMINEUSE			
<i>Astragalus dillingami</i> Gray.	Ad	T	R
<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	Ag	T	R
<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.	Ta	T	R
MALVACEE			
<i>Nototriche pinnata</i> (Cav.) Hill.	Np	T	R
<i>Malvastrum acaule</i> (Dombey.) Gray	Ma	T	R
OMBELLIFERE			
<i>Azorella diapensioides</i> A. Gray	Ad	H	Ga
PLANTAGINACEE			
<i>Bougueria nubicola</i> Dcne.	Ba	T	R
<i>Plantago rigida</i> H.B.K.	Pr	T	R
COMPOSEE			
<i>Belloa piptolepis</i> (Wedd.) Cabrera	Bp	T	R
<i>Baccharis tricuneata</i> (L.F.) Pers.	Bt	C	Arbuste
<i>Hypochoeris taraxacoïdes</i> (Walp.) Benth.	Ht	T	R
<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabr.	Pl	C	Arbuste
<i>Senecio spinosus</i> D.C.	Ss	C	Arbuste

4. Conclusion

L'étude phytosociologique du plateau semi-aride et froid de Pampa Galéras complétée par une analyse du modelé du terrain et des caractéristiques des sols a permis de dresser une carte agrostologique qui facilitera l'appréciation des ressources fourragères de la réserve naturelle et de leur utilisation par les herbivores notamment par la vigogne.

Deux types de formations végétales ont été identifiés : la steppe herbeuse à *Stipa brachyphylla* qui couvre la majeure partie du territoire, et la steppe buissonnante à *Parastrephia lepidophylla* qui est localisée à la périphérie Sud et Est du plateau sur les pentes surplombant la falaise péruvienne face à l'océan Pacifique.

Les steppes herbeuses sont subdivisées selon la dominance des espèces vivaces ou annuelles, ces dernières résultant souvent d'un surpâturage de la steppe occupant les sols les plus fragiles.

4 faciès à dominance de graminées vivaces peuvent être classés dans l'ordre décroissant de la profondeur du sol : *Stipa ichu*, *Festuca rigescens*, *Pycnophyllum brioïdes* et *Azorella diapensioïdes*.

2 faciès à dominance de graminées annuelles occupent les sols superficiels : limono-argileux pour *Poa* sp. et argileux pour *Calamagrostis vicunarum*.

La steppe buissonnante à *Parastrephia lepidophylla* envahit les sols limono-caillouteux très secs et calcaires, et offre un faciès de dégradation sous l'influence d'un surpâturage sur des sols sableux

superficiels où prolifère un buisson épineux très envahissant : *Margiricarpus strictus*.

L'analyse structurale réalisée à l'aide des diagrammes morphologiques et de stratification fournit une représentation visuelle assez exacte de la steppe. Le taux de recouvrement par la végétation est moyen (48%) fortement influencé par le type morphologique U_C .

Le biovolume produit dans cette ambiance à la fois froide et sèche est réduit (458 m³ par ha), les biomasses mesurées sont en parfaite concordance avec cette valeur, soit 103 à 573 kg de m.s. par hectare selon l'état de conservation de la couverture végétale, la pression des herbivores, la profondeur du sol et sa rétention pour l'eau.

Les biomasses relatives mettent en évidence la dominance des types morphologiques U_C (50,40%), C_C (24,91%) et C_b (18,57%) qui sont à la base des ressources fourragères disponibles.

Le diagramme de stratification fait apparaître trois strates végétales :

- la strate supérieure haute de 60 cm est dominé par *Stipa ichu* graminée aux feuilles à durcissement rapide qui échappa au traumatisme du broutement,
- la strate herbacée moyenne haute de 10 cm comprend les graminées les mieux appréciées par la vigogne des types C_b et U_C ,
- la strate herbacée basse haute de 2 cm comprend surtout des dicotylédones des types G_a et R .

TABLEAU 3
Caractéristiques des grandes formations végétales identifiées sur le plateau de Pampa Galéras

Formations végétales	Sigles	Géomorphologie	Texture du sol	Taux de recouvrement (%)				Biomasse végétale en kg de m.s./ha				C.S.F	
				vivaces	annuel.	arbusliv	Total	vivaces	annuel	arbusliv	Total	vivaces	annuel
Faciès à <i>Stipa ichu</i>	Shv-Si	Hautes collines à faibles pentes	Limono-argileux	26	10	—	36	546	27	—	573	48	47
Faciès à <i>Festuca rigescens</i>	Shv-Fr	Ondulations à pentes faibles	Limono-argilo-sableux	19	17	—	37,7	328	61	—	389	26	65
Faciès à <i>Pycnophyllum brioïdes</i>	Shv-Pb	Collines basses à pentes faibles	Limono-sableux	29	17	—	47	37	66	—	103	31	61
Faciès à <i>Azorella diapensioïdes</i>	Shv-Ad	Hautes collines moyennement ondulées	Limono-argileux	36	21	—	58	162	11	—	173	39	54
Faciès à <i>Poa</i> sp.	Sha-Po	Collines basses moyennement ondulées	Limono-argileux	13	20	—	35	161	47	—	208	35	59
Faciès à <i>Calamagrostis vicunarum</i>	Sha-Cv	Plaine ou ondulations	Argileux	—	38	—	41	—	159	—	159	—	94
Steppe buissonnante à <i>Parastrephia lepidophylla</i>	Sb-Pl	Fond de vallée et collines à pentes faibles	Limono-caillouteux	15	7	14	35	183	17	359	559	41	28
Steppe buissonnante à <i>Margiricarpus strictus</i>	Sb-Ms	Collines basses à faibles pentes	Sableux	7	9	22	39	95	41	313	449	28	38
												Arbustives	34

