

Teneur minérale de l'herbage en fonction de la région et de l'altitude

Patrick Schlegel¹, Michel Amaudruz² et Pascal Python²

¹Agroscope, 1725 Posieux, Suisse

²Agridea, 1006 Lausanne, Suisse

Renseignements: Patrick Schlegel, e-mail: patrick.schlegel@agroscope.admin.ch



Les teneurs minérales des herbages du Plateau et de la chaîne du Jura s'avèrent comparables avec les valeurs de référence.

Introduction

L'herbage constitue une importante source minérale pour nos herbivores. Toutefois, son potentiel de couverture des besoins en minéraux de l'animal diffère selon les éléments. De plus, la teneur de ces éléments varie en fonction de nombreux facteurs (climatiques, pédologiques et agronomiques). La planification de la complémentation minérale est ainsi rendue plus difficile, surtout si les apports excessifs doivent être limités pour

viser une utilisation efficiente. Un apport minéral excessif peut augmenter le coût alimentaire et le risque de carence d'autres minéraux par antagonisme (Suttle 2010). Il favorise aussi l'accumulation des minéraux dans le sol, lorsque l'engrais de ferme est épandu sur des cultures ayant un besoin en minéraux plus faible (Öborn *et al.* 2008; Agroscope 2009; Gubler *et al.* 2015). Un excès de certains minéraux complémentés, tels que le P, le Cu et

le Zn peut entraîner la pollution de l'eau (Römken *et al.* 2008) et affecter l'activité microbienne du sol (Giller *et al.* 1998, 2009). Une complémentation efficace nécessite ainsi une bonne connaissance des teneurs minérales de la ration de base. Si les teneurs minérales des fourrages de l'exploitation agricole ne sont pas analysées, il est possible de recourir aux valeurs de référence. Les références des teneurs en macro-éléments de l'herbage ont récemment été actualisées et complétées avec les oligo-éléments en fonction du groupe botanique, du stade de développement, du cycle de végétation et du mode de conservation. Ces valeurs de référence minérales actualisées sont basées sur des modèles (Schlegel *et al.* 2016) établis avec des données d'herbages prélevés sur le site d'Agroscope à Posieux. De plus, chaque printemps, une enquête basée sur l'observation d'une centaine de prairies (Vuffray *et al.* 2016), organisée en Suisse romande et au Tessin par Agridea et Agroscope, vient renforcer la qualité de l'appréciation des stades de développement. Comme les teneurs minérales des herbages sont susceptibles d'être influencées par des paramètres climatiques (Meisser *et al.* 2013) ou pédologiques (Suttle 2010) qui ne se reflètent pas forcément à travers le système de classification helvétique, les valeurs de référence actualisées nécessitent des vérifications sur une échelle géographique plus large.

Le but de cette étude consistait à vérifier les teneurs minérales d'un type d'herbage en fonction de sa provenance (région et altitude) et de les comparer avec les valeurs de référence actualisées.

Matériel et méthodes

En collaboration avec les services cantonaux de vulgarisation agricole romands et tessinois, des échantillons d'herbage ont été prélevés sur des prairies naturelles ou temporaires de plus de quatre ans d'âge et gérées de manière mi-intensive (Agroscope 2009). Les sites ont été choisis en Suisse romande (districts de la Vallée de Delémont, Franches-Montagnes, Jura Bernois, Jura Nord Vaudois, Gros-de-Vaud, Broye, Gruyère et Aigle) et au Tessin (districts de Blenio, Bellinzona, Locarno, Lugano et Mendrisio) et des échantillons ont été prélevés pendant deux années consécutives. Les sites de prélèvement ont été classés en quatre régions (chaîne du Jura, Plateau, Alpes côté nord, Alpes côté sud) et en trois classes d'altitude (<700 m, 700–1000 m, >1000 m). Les régions avaient des sites dans chacune des trois classes d'altitude, excepté le Plateau qui ne présentait pas de site >1000 m. Les herbages étaient composés d'une population botanique équilibrée ou riche en graminées, sans dominance

Résumé ■ Les teneurs minérales d'un type d'herbage issu de différentes régions et altitudes ont été analysées et comparées avec les valeurs de référence. L'herbage en question était du 1^{er} cycle de végétation, de composition botanique mixte comprenant au minimum 50% de graminées, sans dominance de raygrass et son stade de développement correspondait au début de l'épiaison du dactyle. Divers sites de prairies exploitées de manière mi-intensive ont été sélectionnés en Suisse romande et au Tessin et classés en quatre régions (Jura, Plateau, Alpes nord et Alpes sud) et en trois classes d'altitude (<700 m, 700–1000 m, >1000 m). Les concentrations en P, K et Se de l'herbage étaient comparables entre régions et, excepté celle en Fe, toutes étaient similaires entre le Jura et le Plateau. Les herbages en provenance de la chaîne alpine avaient les concentrations en Mg, S, Co et Zn les plus élevées. Les herbages prélevés dans les Alpes côté nord se distinguaient par des concentrations plus élevées en Ca et Cu et plus faible en Zn qu'au sud des Alpes. La classe d'altitude avait moins d'impact que la région. Seules les concentrations en Mg et en Na augmentaient avec l'altitude, tandis que celle en K baissait. Alors que les teneurs minérales obtenues sur le Plateau et la chaîne du Jura étaient comparables avec les valeurs de référence, celles de l'arc alpin s'écartaient, principalement pour Ca, Mg, S, Cu et Zn.

de raygrass selon ADCF et Agridea (2006). Les parcelles ont été suivies tous les sept à dix jours depuis le départ de la végétation pour assurer un prélèvement au stade de développement défini. Le prélèvement correspondait au stade de développement de début épiaison du dactyle ou de la graminée dominante atteint lors du 1^{er} cycle de végétation. Les échantillons étaient livrés frais ou congelés à Agroscope pour des analyses chimiques. Après incinération, la teneur en minéraux était déterminée par spectrométrie d'émission optique à plasma et couplage inductif (ICP-OES, Optima 7300 DV Perkin-Elmer, Schwerzenbach, Suisse). A la suite de la solubilisation au micro-onde (*Micro Wave Ultra Clave*, MWS GmbH, Heerbrugg, Suisse) avec de l'acide nitrique, le Co et le Se ont été déterminés par absorption atomique dans un four à graphite (GF-AAS Analyst 600 Perkin-El-

mer, Schwerzenbach, Suisse). Le seuil de quantification des concentrations minérales était de 0,12g/kg Ca, P, K et Mg, de 0,05g/kg Na, de 0,1g/kg S et Cl, de 2,5mg/kg Cu, Fe, Mn et Zn, de 0,1mg/kg Co et de 0,025mg/kg Se. Dans le cas où les signaux des duplicats obtenus étaient positifs, mais inférieurs au seuil de quantification, la valeur moyenne était déterminante. Lorsqu'un des duplicats avait un signal négatif, la concentration était définie comme étant zéro.

Les données ont été soumises à l'analyse de variance, suivie par une comparaison de moyennes. Le modèle contenait soit la région, soit l'altitude. L'année de prélèvement était incluse comme covariable. L'erreur type résiduelle représente la moyenne des deux valeurs obtenues.

Résultats et discussion

Caractéristiques des herbages

Le nombre d'échantillons provenant du Jura, Plateau, Alpes côté nord et Alpes côté sud était respectivement de 21, 12, 14 et 9, et celui des classes d'altitude <700m, 700–1000m et >1000m de 20, 15 et 21. Le nombre restreint d'échantillons des Alpes côté sud s'explique par un prélèvement sur une seule année. Le stade de développement était classé entre 2,5 et 3,5 (fin montaison

à épiaison du dactyle ou de la graminée dominante) et la date de prélèvement des échantillons (semaines 15 à 22) était corrélée avec l'altitude ou le niveau thermique du site. Au niveau de leur composition botanique, les échantillons du Jura étaient principalement classés comme riches en graminées (85%), ceux du Plateau en proportions équivalentes comme riches en graminées et équilibrés, et enfin ceux des Alpes côté nord et Alpes côté sud principalement comme équilibrés (respectivement 93 et 90%).

Les teneurs en matière azotée (MA), en cellulose brute (CB) et en cendres (CE) des herbages récoltés sont présentées en fonction de la région et de la classe d'altitude dans le tableau 1. Les concentrations en MA (150 ± 28 g/kg MS) et CB (223 ± 30 g/kg MS) correspondaient aux valeurs attendues d'un herbage frais équilibré ou riche en graminées au début de l'épiaison (Agroscope 2016a). Les herbages provenant de la région alpine avaient une concentration en MA plus élevée ($P < 0,001$) et une teneur en CB ($P < 0,001$) plus faible que ceux des autres régions. Ces différences correspondent à celles attendues (Agroscope 2016a) entre un herbage d'une composition botanique équilibrée (échantillons des régions alpines) et un herbage riche en graminées (échantillons du Jura et du Plateau).

Tableau 1 | Concentration minérale d'un herbage défini en fonction de la région et de l'altitude¹

	Région				Altitude (m)			Valeur P ²		
	Jura	Plateau	Alpes N	Alpes S	<700	700–1000	>1000	e.t.r.	Rég.	Alt.
MA ³	139 ^b	132 ^b	171 ^a	166 ^a	143	149	157	26	***	n.s.
CB ³	225 ^b	250 ^a	202 ^c	211 ^{bc}	234 ^x	224 ^{xy}	211 ^y	23	***	*
CE ³	76	74	78	76	80	74	75	10	n.s.	n.s.
Ca	6,3 ^{ab}	5,8 ^b	7,5 ^a	4,9 ^b	6,1	5,8	6,8	1,5	***	n.s.
P	3,4	3,1	3,3	3,0	3,2	3,2	3,4	0,6	n.s.	n.s.
Mg	1,8 ^b	1,7 ^b	2,3 ^a	2,3 ^a	1,8 ^y	2,0 ^{xy}	2,2 ^x	0,4	***	*
K	28,1	28,1	27,5	28,8	30,5 ^x	27,9 ^{xy}	25,9 ^y	5,1	n.s.	*
Na	0,39 ^a	0,35 ^{ab}	0,29 ^{ab}	0,08 ^b	0,21 ^y	0,26 ^x	0,43 ^x	0,2	*	*
Cl	5,6	5,4	5,6	4,0	5,5	5,0	5,3	2,0	n.s.	n.s.
S	1,7 ^b	1,7 ^b	2,0 ^a	2,1 ^a	1,7	1,9	1,9	0,3	***	n.s.
Cu	7,5 ^b	6,3 ^b	10,6 ^a	6,2 ^b	6,8 ^y	8,7 ^x	8,3 ^y	2,5	***	+
Co	0,05 ^b	0,03 ^b	0,06 ^{ab}	0,10 ^a	0,07 ^x	0,04 ^y	0,06 ^{xy}	0,04	**	*
Fe	121 ^b	70 ^c	85 ^{bc}	182 ^a	126	100	105	57	***	n.s.
Mn	51,7 ^b	75,7 ^{Ab}	55,3 ^{Ab}	85,5 ^A	58,9	74,2	59,4	37,3	+	n.s.
Zn	28,4 ^{bc}	23,9 ^c	32,6 ^b	45,7 ^a	27,6 ^y	36,8 ^x	30,8 ^y	8,8	***	*
Se	0,021	0,017	0,031	0,041	0,028	0,024	0,025	0,04	n.s.	n.s.

¹ Herbage de prairie mi-intensive non conservé, du 1^{er} cycle de végétation, de composition botanique riche en graminées et équilibrée sans dominance de raygrass et de stade de développement début épiaison.

² e.t.r.: erreur type résiduelle; ***: $P < 0,001$; **: $P < 0,01$; *: $P < 0,05$; +: $P < 0,10$; n.s.: $P > 0,10$.

³ MA: matière azotée, CB: cellulose brute, CE: cendres.

Tableau 2 | Compatibilité entre les valeurs de références actualisées et les concentrations minérales obtenues en fonction des régions d'un herbage défini¹.

	Valeur de référence ²		Compatibilité avec les régions				Evaluation de l'écart
	Minimum	Maximum	Jura	Plateau	Alpes N	Alpes S	
Ca	4,7	7,2	oui	oui	sous-évalué	oui	pertinent: Alpes N
P	3,2	3,5	oui	oui	oui	oui	–
Mg	1,3	1,7	sous-évalué	oui	sous-évalué	sous-évalué	pertinent: Alpes
K	25	29	oui	oui	oui	oui	–
Na	0,15	0,28	sous-évalué	oui	oui	surévalué	peu pertinent
S	1,5	1,7	oui	oui	sous-évalué	sous-évalué	peu pertinent
Cu	5,5	7,4	oui	oui	sous-évalué	oui	pertinent: Alpes N
Co	0,01	0,09	oui	oui	oui	oui	–
Mn	76	96	surévalué	oui	surévalué	oui	peu pertinent
Zn	23	25	sous-évalué	oui	sous-évalué	sous-évalué	pertinent: Alpes
Se	0,014	0,026	oui	oui	sous-évalué	sous-évalué	peu pertinent

¹ Herbage de prairie mi-intensive non conservé, du 1^{er} cycle de végétation, de composition botanique riche en graminées et équilibrée sans dominance de raygrass et de stade de développement début épiaison.

² Valeurs issues des modèles avec prise en compte de l'erreur des modèles (Schlegel *et al.* 2016).

Effet régional sur les teneurs minérales

Les teneurs en macro et en oligo-éléments des herbages récoltés sont présentées en fonction de la région et de la classe d'altitude dans le tableau 1. Comme la teneur en potassium peut être indicative de l'intensité d'utilisation d'un herbage, la concentration moyenne de 28 ± 5 g/kg MS correspond à une utilisation mi-intensive (Agroscope 2009). Cette situation est comparable aux valeurs obtenues avec de l'herbage sec provenant de «l'enquête des foins» (Python et Bössinger 2012). Indépendamment de la région, les teneurs en P, K, Mn et Se de l'herbage étaient similaires ($P > 0,05$) et, excepté celle en Fe, toutes étaient comparables ($P > 0,05$) entre le Jura et le Plateau. Python et Boessinger (2012) ont aussi observé peu de différences entre les cantons romands du Plateau et de la chaîne du Jura. Les faibles teneurs en Se observées dans toutes les régions correspondent aux données provenant principalement du plateau de Stünzi (1989). Les herbages en provenance de la chaîne alpine avaient, par rapport aux autres régions, des concentrations plus élevées ($P < 0,01$) en Ca (nord des Alpes), Mg, S, Co (sud des Alpes), Cu (nord des Alpes) et Zn et une concentration en Na réduite de moitié ($P < 0,05$). Python et Bössinger (2012) ont aussi observé des valeurs en Ca et Mg accrues dans l'herbage sec des cantons alpins. Comme la concentration en S était corrélée avec celle en MA, la teneur plus élevée dans l'arc alpin s'explique par celle en MA plus élevée.

Effet de l'altitude sur les teneurs minérales

Les teneurs en Mg, K, Na, Co et Zn se distinguaient entre classes d'altitude ($P < 0,05$). Les concentrations en Mg et

en Na augmentaient avec l'altitude, alors que celle en K baissait légèrement. Python et Bössinger (2012) ont observé une nette baisse en P et K avec l'altitude, qui pourrait aussi refléter une baisse de l'intensité d'utilisation et/ou un stade de végétation plus avancé des foins prélevés en altitude. Les constatations faites sur P, Mg et K par Kessler (1989) sont comparables. L'accroissement de la teneur en Ca en fonction de l'altitude (Kessler 1989; Python et Bössinger 2012) n'a pas été confirmée dans cette étude et l'accroissement de la teneur en Na avec l'altitude était contraire aux observations de Kessler (1989). Les teneurs en Co et Zn étaient les plus faibles entre 700–1000 m.

Conformité avec les valeurs de référence minérales

Les teneurs minérales obtenues sur le Plateau (moyenne \pm erreur) se situaient dans la fourchette minimale et maximale des valeurs de référence (tabl. 2). Ces valeurs de référence sont issues des modèles de Schlegel *et al.* (2016) pour l'herbage non conservé du 1^{er} cycle de végétation, riche en graminées et équilibré sans dominance de raygrass et de stade de développement début épiaison. Dans l'arc alpin, les teneurs en Mg, S et Zn sont sous-évaluées par les valeurs de référence et ces écarts peuvent être considérés comme pertinents. Dans l'arc alpin côté nord, les teneurs en Ca et Cu sont aussi sous-évaluées par les valeurs de référence. Ainsi, avec l'utilisation des valeurs de référence lors de l'optimisation minérale des rations, ces minéraux contiennent une certaine marge de sécurité en région alpine. Il faut toutefois veiller aux teneurs en Cu relativement élevées des herbages de régions alpines, car le seuil de tolérance des ovins se

situé vers 15 mg/kg MS (Agroscope 2016b). Cette étude ne permet pas d'expliquer les raisons pour lesquelles les teneurs minérales étaient plus élevées dans l'arc alpin. Certaines espèces provenant du groupe botanique «diverses autres plantes» (ADCF et Agridea 2006) se caractérisent par des concentrations très élevées de certains éléments (Stünzi 1989; Daccord *et al.* 2001) et leur présence dans les herbages de l'arc alpin peut, en plus des aspects pédologiques, expliquer les effets observés. La considération de certaines espèces végétales et des aspects pédologiques pourrait, par contre, sortir du cadre raisonnable de l'outil de classification des herbages en Suisse. Les écarts entre les teneurs en Na, Mn et Se observées et les valeurs de référence ne sont pas considérés comme pertinents, car les teneurs en Na et Se sont basses en relation avec les apports en minéraux recommandés pour les ruminants. Par ailleurs, la répétabilité des modèles pour Na et Mn utilisés pour les valeurs de référence était relativement faible (Schlegel *et al.* 2016).

Conclusions

Cette étude visait à éliminer les paramètres connus comme influents sur la teneur minérale de l'herbage, tels que le cycle de végétation, la classe de composition botanique, le stade de développement et l'intensité d'utilisation, pour étudier l'influence de la provenance (région et altitude). Excepté pour le phosphore, le potassium, le manganèse et le sélénium, les concentrations minérales étaient plus élevées dans les régions alpines que sur la chaîne du Jura ou sur le Plateau. L'altitude exerçait moins d'influence sur les teneurs minérales que la région. Les valeurs de référence actualisées correspondent aux concentrations obtenues sur le plateau et sur l'arc jurassien. Ainsi, l'utilisation des valeurs de référence dans l'optimisation minérale des rations en région alpine inclut des marges de sécurité de par leur concentration effective plus élevées. ■

Bibliographie

- ADCF & Agridea, 2006. Estimation de la valeur du fourrage des prairies. Fiche 2.7.1.
- Agroscope, 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse Agric.* **16**, 1–100.
- Agroscope, 2016a. Base suisse de données des aliments pour animaux. Accès: www.feedbase.ch [01.11.16].
- Agroscope, 2016b. Apports alimentaires recommandés pour les ruminants. Accès: www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/services/soutien/aliments-pour-animaux/apports-alimentaires-recommandes-pour-les-ruminants%20.html [01.11.16].
- Daccord R., Arrigo Y., Kessler J., Jeangros B., Scehovic J., Schubiger F.-X. & Lehmann J., 2001. Valeur nutritive des plantes des prairies. Teneurs en calcium, phosphore, magnésium et potassium. *Revue suisse Agric.* **33** (4), 141–146.
- Giller K. E., Witter E. & McGrath S. P., 1998. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biol. Biochem.* **30**, 1389–1414.
- Giller K. E., Witter E. & McGrath S. P., 2009. Heavy metals and soil microbes. *Soil Biol. Biochem.* **41**, 2031–2037.
- Gubler A., Schwab P., Wächter D., Meuli R. G. & Keller A., 2015. Observatoire national des sols (NABO) 1985 à 2009. Etat et évolution des polluants inorganiques et des paramètres associés aux sols. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement n° 1507.
- Kessler J., 1989. Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter: Zusammenfassende Ergebnisse. *Landwirtschaft Schweiz* **2**, 523–526.
- Meisser M., Deléglise C., Mosimann E., Signarnieux C., Mills R., Schlegel P., Buttler A. & Jeangros B., 2013. Effets d'une sécheresse estivale sévère sur une prairie permanente de montagne du Jura. *Recherche Agronomique Suisse* **4** (11–12), 476–483.
- Öborn I., Bengtsson H., Gustafson G. M., Holmqvist J., Modin-Edman A.-K., Nilsson S. I., Salomon E., Sverdrup H. & Jonsson S., 2008. Farm-scale nutrient and trace element dynamics in dairy farming. In: Trace elements in animal production systems. (Eds. P. Schlegel, S. Durosoy, A. W. Jongbloed), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 89–100.
- Python P. & Boessinger M., 2012. Facteurs d'influence sur les valeurs nutritives des fourrages secs ventilés. *Recherche Agronomique Suisse* **3**, 36–43.
- Römkens P. F. A. M., Moolenaar S. W., Groenenberg J. E., Bonten L. T. C. & de Vries W., 2008. Copper and zinc (additives): an essential burden? In: Trace elements in animal production systems. (Eds. P. Schlegel, S. Durosoy, A. W. Jongbloed). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 115–136.
- Schlegel P., Wyss U., Arrigo Y. & Hess H. D., 2016. Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Animal Feed Science and Technology* **219**, 226–233.
- Stünzi H., 1989. Selenmangel? Untersuchungen zum Selenstatus des Wiesenfutters. *Landwirtschaft Schweiz* **2**, 437–441.
- Suttle N. F., 2010. Mineral Nutrition of Livestock. 4th Edition. CAB International, Oxfordshire, United Kingdom.
- Vuffray Z., Deléglise C., Amaudruz M., Jeangros B., Mosimann E. & Meisser M., 2016. Développement phénologique des prairies de fauche – 21 ans d'observations. *Recherche Agronomique Suisse* **7**(7–8), 322–329.

Riassunto**Tenore di minerali nell'erba in funzione della provenienza (regione e dell'altitudine)**

L'obiettivo di questo studio era di valutare i tenori di minerali di un tipo di erba predefinito in funzione della provenienza e di confrontarli con i valori di riferimento. L'erba fresca del primo taglio stagionale era composta da una popolazione con almeno 50% di graminacee, senza la predominanza di loglio e il suo stadio di sviluppo corrispondeva all'inizio della spigatura della dattile raggiunta al primo ciclo di vegetazione. Diversi luoghi sfruttati in modo semi intensivo in Svizzera romanda e in Ticino sono stati selezionati e classificati in quattro regioni (Giura, Altipiano, Nord delle Alpi, Sud delle Alpi) e in tre classi di altitudine (<700, 700–1000, >1000 m s.l.m.). Le concentrazioni di P, K e Se nell'erba erano simili in tutte le regioni e le concentrazioni di minerali, ad eccezione del Fe, erano tutte simili tra il Giura e l'Altipiano. L'erba proveniente dalla catena alpina attestava concentrazioni di Mg, S, Co e Zn più elevate. I campioni di erba prelevati al Nord delle Alpi avevano un tenore superiore di Ca e Cu e inferiore di Zn rispetto al Sud delle Alpi. L'altitudine è risultata avere un impatto inferiore rispetto alle regioni. Solamente le concentrazioni di Mg e Na aumentavano con l'altitudine, mentre quelle di K diminuivano. I tenori di minerali ottenuti sull'Altipiano centrale e nel Giura erano compatibili con i valori di riferimento, mentre quelli dell'arco alpino erano divergenti, soprattutto per Ca, Mg, S, Cu e Zn.

Summary**Mineral content of herbage according to its origin (region and altitude)**

The aim of this paper was to study the mineral contents of a predefined herbage according to its origin, and to compare them with reference values. The fresh herbage from the first seasonal harvest consisted of mixed a populations with, at least, 50% gramineae, without ryegrass dominance and their growth stage was at begin of heading of orchard grass. Various semi intensively managed sites were selected in western Switzerland and in Ticino and classified into four regions (Jura, Central Plateau, Northern Alps and Southern Alps) as well as into three altitude classes (<700, 700–1000, >1000 m a.s.l.). Concentrations of P, K and Se were comparable between regions and all mineral concentrations except Fe were similar between Jura and Central Plateau. Herbage from the Alps presented the highest Mg, S, Co and Zn concentrations and the herbage from the northern Alps was characterised by higher Ca and Cu and lower Zn concentrations than from the southern Alps. The class of altitude had less impact on mineral contents than the region. Only concentrations of Mg and Na increased with altitude, whilst those of K decreased in parallel. Whereas the mineral contents obtained on the Central Plateau and in Jura were compatible with the reference values, those in the Alps differed, mainly for Ca, Mg, S, Cu and Zn.

Key words: herbage, mineral, trace element, altitude, region.