

Dans ce chapitre, nous présenterons les caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques des sols étudiés dans les différents sites sélectionnés. Un ensemble de 82 profils de sols a ainsi été sectionné dans toute la région.

I. Les sols des sites étudiés

I.1. Las Cardas

Dans le but d'obtenir des résultats comparables avec d'autres études faites au préalable, la description et les estimations des stocks de carbone organique ont été faites sur des profils d'un mètre de profondeur creusés sur trois secteurs différents sous trois type d'usage : (a) un secteur préservé de 5 ha, (b) un secteur sous pâturage extensif (6 Unité Petit Ruminant (UPR) \times ha⁻¹ \times année⁻¹) et (c) un secteur sous pâturage intensif (10 UPR \times ha⁻¹ \times année⁻¹).

Les profils présentent une distribution verticale d'horizons assez semblable, quelque soit l'usage du sol. On observe ainsi verticalement depuis la surface :

- Une litière discontinue dont l'épaisseur peut atteindre 1,5 cm. Cette litière est pratiquement absente sous pâturage intensif, très discontinue sous pâturage extensif et discontinue dans le secteur préservé
- Un horizon faiblement organique (horizon A) de 20 à 35 cm suivant les profils
- Puis un horizon B/C plus ou moins différencié selon les profils
- Et enfin un horizon C.

Les horizons présentent des couleurs allant du 7,5 YR 3/4 (brun foncé) au 7,5 YR 2,5/2 (brun très foncé) ou au 7,5 YR 4/6 (brun prononcé). A l'exception des horizons de surface, l'une des caractéristiques des horizons de ces sols est leur teneur élevée en éléments grossiers (tableau 4.1). Les analyses granulométriques montrent que la teneur en argile augmente avec la profondeur. La capacité d'échange cationique (CEC) augmente aussi avec la teneur en argile, sans doute en raison de l'augmentation de cette fraction. Si l'on fait l'hypothèse que la CEC est pour l'essentiel due à la fraction argile (elle-même est

essentiellement constituée de minéraux argileux), on peut calculer une capacité d'échange de la fraction argile cmol de charge + par kg d'argile granulométrique. On a ainsi obtenu des valeurs de capacité d'échange variant de 6,66 à 33,5 cmol₊ · kg⁻¹ selon les horizons dans ces sols.

Les analyses de densité apparente mesurée sur mottes de taille centimétrique ont montré qu'elle augmente avec la profondeur pour l'ensemble des profils (tableau 4.1). Par ailleurs, dès la surface, les valeurs de densité apparente enregistrées sont élevées. Ceci s'explique par la texture très sableuse des horizons (sables grossiers) et la présence de nombreux graviers de petite taille dans les mottes sélectionnées (2 à 5 mm). Ainsi s'expliquerait que nos valeurs de densité apparente soient beaucoup plus élevées que celles mesurées dans d'autres sols sableux de milieux arides ou semi-arides. C'est par exemple le cas des sols étudiés par Stavi *et al.*, (2008) qui ont enregistré des valeurs de densité apparente qui vont de 1,4 à 1,5 g·cm⁻³ dans les 10 premiers cm de sols de la région du Néguev (climat semi-aride).

1.1.a. Le secteur sans usage

Le secteur préservé a fait l'objet de 3 profils distribués aléatoirement sur une surface de 5 ha. Les couleurs sous conditions humides de ces profils évoluent de 7,5 YR 3/3, 7,5 YR 3/4 (brun foncé) à 7,5 YR 3/4, 7,5 YR 4/6 (brun prononcé), on peut noter un éclaircissement en profondeur (Figure 4.2). La densité apparente des échantillons de taille centimétrique varie de 1,58 à 2,09 g·cm⁻³ tout en augmentant avec la profondeur pour les trois profils. Ceci est en accord avec sans doute l'augmentation de la teneur en graviers de petite taille dans les échantillons. A cette hypothèse impliquant un accroissement de la teneur en graviers, il faut aussi en coupler une autre impliquant les conséquences de l'accroissement de la teneur en argile dans une matrice sablo-graveleuse. En effet, l'accroissement de la teneur en argile a pour effet une augmentation du volume occupé par des particules de taille inférieure à 2 µm entre les grains grossiers (sables et graviers) et par conséquent, à la fois une diminution de la porosité et une augmentation de la densité apparente. Enfin, on note que l'accroissement de la CEC en profondeur se corrèle à celui de la teneur en argile granulométrique ($R^2 = 0,88$), (Figure 4.1).

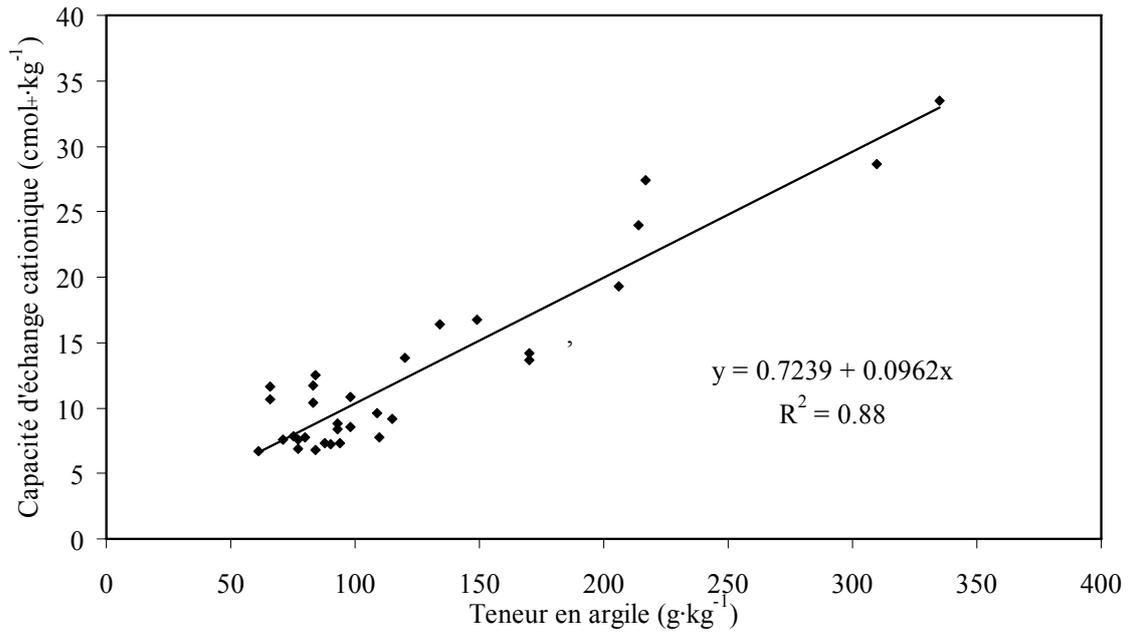


Figure 4.1. Relation entre la teneur en argile et la capacité d'échange cationique de Las Cardas.

1.1.b. Le secteur sous usage extensif

Sur ce secteur, 4 profils distribués de manière aléatoire sur une surface de 5 ha ont été étudiés. Les couleurs des différents horizons observées sous condition humide vont de 7,5 YR 3/2 (brun foncé) à 7,5 YR 2,5/3 (brun très foncé) en surface et de 7,5 YR 4/3 (brun) à 7,5 YR 3/2 (brun foncé) en profondeur (Figure 4.3). Les densités apparentes évoluent de 1,47 à 2,05 g·cm⁻³ entre 0 et 100 cm de profondeur. De telles variations sont une nouvelle fois à mettre en relation avec l'accroissement de la teneur en graviers de petite taille dans les échantillons de taille centimétrique à partir desquels ont été réalisées les mesures de densité apparente, ainsi que la conséquence de l'augmentation de la teneur en argile. De la même façon que pour le secteur préservé, la CEC et les teneurs en argile augmentent avec la profondeur.

I.1.c. Le secteur sous usage intensif

Dans un secteur de 3 ha de surface, trois profils ont été étudiés. Les couleurs des différents horizons varient entre 7,5 YR 3/4 (brun foncé), 7,5 YR 2,5/1 (noir) et 7,5 YR 4/3 (brun). Exceptionnellement on retrouve un profil avec un horizon foncé en profondeur. Cela s'explique par la présence d'un horizon induré (Figure 4.4). Les densités apparentes évoluent de 1,68 à 2,19 g·cm⁻³ entre 0 et 100 cm de profondeur. De telles variations sont une nouvelle fois à mettre en relation avec l'accroissement de la teneurs en graviers de petite taille dans les échantillons de taille centimétrique à partir desquels ont été réalisées les mesures de densité apparente, ainsi que la conséquence de l'augmentation de la teneur en argile.

Tableau 4.1. Caractéristiques générales des sols de la zone de Las Cardas.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grosiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05	0,05-2		
Sans usage										
9	0 - 5	10YR 4/4	7,5YR 3/3	1,69	0,10	77	229	694	6,86	
	5 - 30	7,5YR 4/4	7,5YR 3/4	1,98	0,05	93	212	695	8,34	
	30 - 55	7,5YR 4/3	7,5YR 3/3	2,01	0,03	134	163	703	16,4	
	55 - 90	7,5YR 4/3	7,5YR 3/4	2,09	0,02	217	195	588	27,4	
	90 - 100	7,5YR 5/4	7,5YR 3/4	-	0,02	29	97	874	27,8	
12	0 - 5	7,5YR 5/4	7,5YR 3/4	1,85	0,05	90	256	654	7,19	
	5 - 20	7,5YR 4/4	7,5YR 3/3	1,56	0,05	115	236	649	9,16	
	20 - 57	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	2,05	0,25	170	219	611	13,7	
	57 - 100	7,5YR 5/4	7,5YR 3/4	2,04	0,10	214	232	554	24,0	
13	0 - 6	7,5YR 4/3	7,5YR 3/3	1,58	0,05	77	236	687	7,58	
	6 - 35	7,5YR 4/4	7,5YR 2,5/2	1,76	0,05	98	210	692	10,8	
	35 - 85	7,5YR 4/3	7,5YR 3/3	-	0,30	149	156	695	16,7	
	85 - 100	7,5YR 4/4	7,5YR 4/6	-	0,05	310	198	492	28,6	
Usage extensif (6 U.P.R ×ha⁻¹×année⁻¹)										
1	0 - 5	10YR 4/4	7,5YR 3/2	1,47	0,03	94	252	654	7,35	
	5 - 12	10YR 4/4	10YR 3/3	1,73	0,03	88	227	685	7,28	
	12 - 40	10YR 3/4	7,5YR 3/3	1,73	0,03	93	229	678	8,82	
	40 - 100	10YR 3/6	7,5YR 3/3	1,99	0,03	170	239	591	14,2	
2	0 - 5	10YR 4/4	7,5YR 3/2	1,55	0,03	98	262	640	8,52	
	5 - 39	10YR 4/6	7,5YR 3/2	1,83	0,03	110	264	626	7,72	
	39 - 100	10YR 3/6	7,5YR 3/2	2,05	0,03	206	226	568	19,3	
4	0 - 7	10YR 4/4	7,5YR 3/2	1,52	0,08	80	276	644	7,73	
	7 - 24	7,5YR 4/3	7,5YR 3/2	1,77	0,03	75	233	692	7,84	
	24 - 45	10YR 4/6	7,5YR 3/2	1,77	0,15	83	217	700	10,4	
	45 - 77	10YR 3/4	7,5YR 3/2	1,87	0,50	83	185	732	11,7	
	77 - 100	10YR 5/4	7,5YR 3/3	2,05	0,00	77	221	702	21,8	
6	0 - 5	7,5YR 4/6	7,5YR 2,5/3	1,64	0,05	-	-	-	-	
	5 - 35	7,5YR 4/6	7,5YR 3/3	2,05	0,03	-	-	-	-	
	35 - 60	7,5YR 3/3	7,5YR 2,5/3	-	0,25	-	-	-	-	
	60 - 100	7,5YR 4/4	7,5YR 4/3	-	0,03	-	-	-	-	
Usage intensif (10 U.P.R ×ha⁻¹×année⁻¹)										
5	0 - 10	10YR 4/4	7,5YR 2,5/2	1,78	0,07	61	196	743	6,66	
	10 - 40	7,5YR 4/6	7,5YR 2,5/3	2,02	0,03	71	187	742	7,59	
	40 - 60	10YR 4/4	7,5YR 2,5/3	2,14	0,25	66	123	811	10,7	
	60 - 85	10YR 3/4	7,5YR 2,5/2	-	0,10	66	130	804	11,6	
	85 - 100	10YR 3/6	7,5YR 4/3	-	0,55	84	119	797	12,5	
7	0 - 5	7,5YR 4/6	7,5YR 3/4	1,68	0,05	84	329	587	6,75	
	5 - 35	7,5YR 4/4	7,5YR 4/3	1,88	0,70	109	244	647	9,58	
	35 - 50	7,5YR 4/6	7,5YR 3/3	2,08	0,15	120	236	644	13,8	
	50 - 80	7,5YR 4/3	7,5YR 3/4	2,19	0,02	335	250	415	33,5	
	80 - 100	7,5YR 4/2	7,5YR 3/2	2,05	0,02	41	226	733	23,3	
8	0 - 25	10YR 5/4	7,5YR 3/3	1,99	0,03	-	-	-	-	
	25 - 95	7,5YR 4/3	7,5YR 3/3	1,62	0,40	-	-	-	-	
	95 - 100	7,5YR 3/1	7,5YR 2,5/1	-	0,15	-	-	-	-	



Figure 4.2. Profil du secteur sans usage, zone de Las Cardas, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.3. Photo profil sous usage extensif, zone de Las Cardas, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.4. Profil et environnement sous usage intensif, zone de Las Cardas, région de Coquimbo, Chili.

I.2. Zone de Talhuén

Dix profils ont été étudiés sur deux secteurs à usages différents : (i) un ensemble de 8 profils sur un secteur sans usage de 17 ha et (ii) 2 autres profils dans un secteur cultivé (culture d'artichauts) de 4 ha. Les couleurs des horizons en surface varient de 5 YR 5/3 (brun rougeâtre) à 5 YR 3/3 (brun rougeâtre foncé), à 5 YR 6/6 (jaune rougeâtre), 5 YR 4/6 (rouge jaunâtre) à 100 cm de profondeur. Comme pour le site de Las Cardas, les sols du site de Talhuén présentent une distribution verticale analogue des horizons quel que soit l'usage. Les sols étudiés sont comme ceux du site de Las Cardas des sols peu évolués et présentent une succession verticale de type horizon A, horizons B ou B/C et horizon C. Dans le secteur cultivé, les profils présentent un horizon B épais alors qu'il est absent ou très réduit dans le secteur sous parcours. A noter que l'on observe une faible augmentation de la teneur en argile entre les horizons de surface et les horizons B (tableau 4.2).

I.2.a. *Le secteur sans usage*

Un ensemble de 7 profils a été étudié dans le secteur sans usage. Ces profils ont été distribués aléatoirement sur une surface de 17 ha. Les couleurs en humide des horizons varient de 5YR 5/3 (brun rougeâtre) à 5YR 3/3 (brun rougeâtre sombre) en surface, puis de 5YR 4/6, (rouge jaunâtre) à 5YR 4/4 (brun rougeâtre) en profondeur. À la différence des sols du site de Las Cardas, on peut noter un assombrissement en profondeur. L'absence de données ne nous permet pas de proposer une explication à cette observation (Figure 4.5). Les densités apparentes varient de 1,67 à 1,85 g·cm⁻³ en surface et augmentent avec la profondeur pour les sept profils. Comme pour les sols du site de Las Cardas, le faible accroissement de la teneur en argile aurait pour effet une diminution de la porosité et par conséquent un accroissement de la densité apparente.

I.2.b. Le secteur sous usage intensif

Trois profils de sol ont été étudiés dans un secteur de 4 ha de surface. Les couleurs des différents horizons varient de 5YR 4/4 (brun rougeâtre) à 5YR 4/6 (rouge jaunâtre) en surface, à 2,5YR 5/4 (brun rougeâtre) en profondeur. Pour cette situation d'usage, on observe des couleurs plus claires en profondeur que dans les sols du secteur préservé (Figure 4.6). La teneur en argile conserve le même comportement en fonction de la profondeur que les deux secteurs analysés au préalable. Les densités apparentes varient de 1,67 à 1,87 g·cm⁻³ en surface et de 1,71 à 1,89 g·cm⁻³ en profondeur. Ces valeurs assez élevées témoignent d'un travail de brassage systématiquement appliqué sur le terrain.

Tableau 4.2. Caractéristiques générales des sols de la zone de Talhuén.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05 g·kg ⁻¹	0,05-2		
Sans usage										
1	0 - 60	5YR 4/4	5YR 5/3	1,85	0,01	-	-	-	-	
	60 - 100	5YR 5/4	5YR 4/6	1,89	0,02	-	-	-	-	
2	0 - 60	5YR 4/3	5YR 4/4	1,74	0,02	-	-	-	-	
	60 - 100	5YR 6/6	5YR 6/6	1,71	0,03	-	-	-	-	
3	0 - 70	5YR 4/6	5YR 3/3	1,79	0,02	-	-	-	-	
	70 - 100	5YR 5/4	5YR 4/4	1,95	0,02	-	-	-	-	
4	0 - 85	5YR 3/3	5YR 3/3	1,87	0,01	-	-	-	-	
	85 - 100	5YR 5/4	7,5YR 4/6	1,95	0,01	-	-	-	-	
6	0 - 40	5YR 4/2	5YR 3/2	1,83	0,03	389,1	306,1	304,2	-	
	40 - 100	5YR 6/3	5YR 4/4	1,87	0,05	410,3	185,6	304,1	-	
7	0 - 30	5YR 4/3	5YR 4/4	1,67	0,02	-	-	-	-	
	30 - 65	5YR 5/3	5YR 5/3	1,77	0,02	-	-	-	-	
	65 - 100	5YR 5/4	5YR 4/4	1,93	0,02	-	-	-	-	
8	0 - 55	5YR 5/3	5YR 5/3	1,67	0,05	-	-	-	-	
	55 - 100	5YR 5/4	5YR 4/6	1,84	0,08	-	-	-	-	
Usage intensif (10 U.P.R ×ha-1×année-1)										
9	0 - 40	5YR 3/4	5YR 3/3	1,87	0,01	-	-	-	-	
	40 - 100	2,5YR 3/4	2,5YR 5/4	1,60	0,01	-	-	-	-	
10	0 - 75	5YR 4/6	5YR 4/6	1,74	0,01	-	-	-	-	
	75 - 100	5YR 4/6	5YR 5/6	1,71	0,01	-	-	-	-	
11	0 - 45	7,5YR 4/6	5YR 4/4	1,70	0,01	370,8	155	474,2	-	
	45 - 100	5YR 4/6	5YR 4/6	1,88	0,01	422,5	208,3	369,2	-	

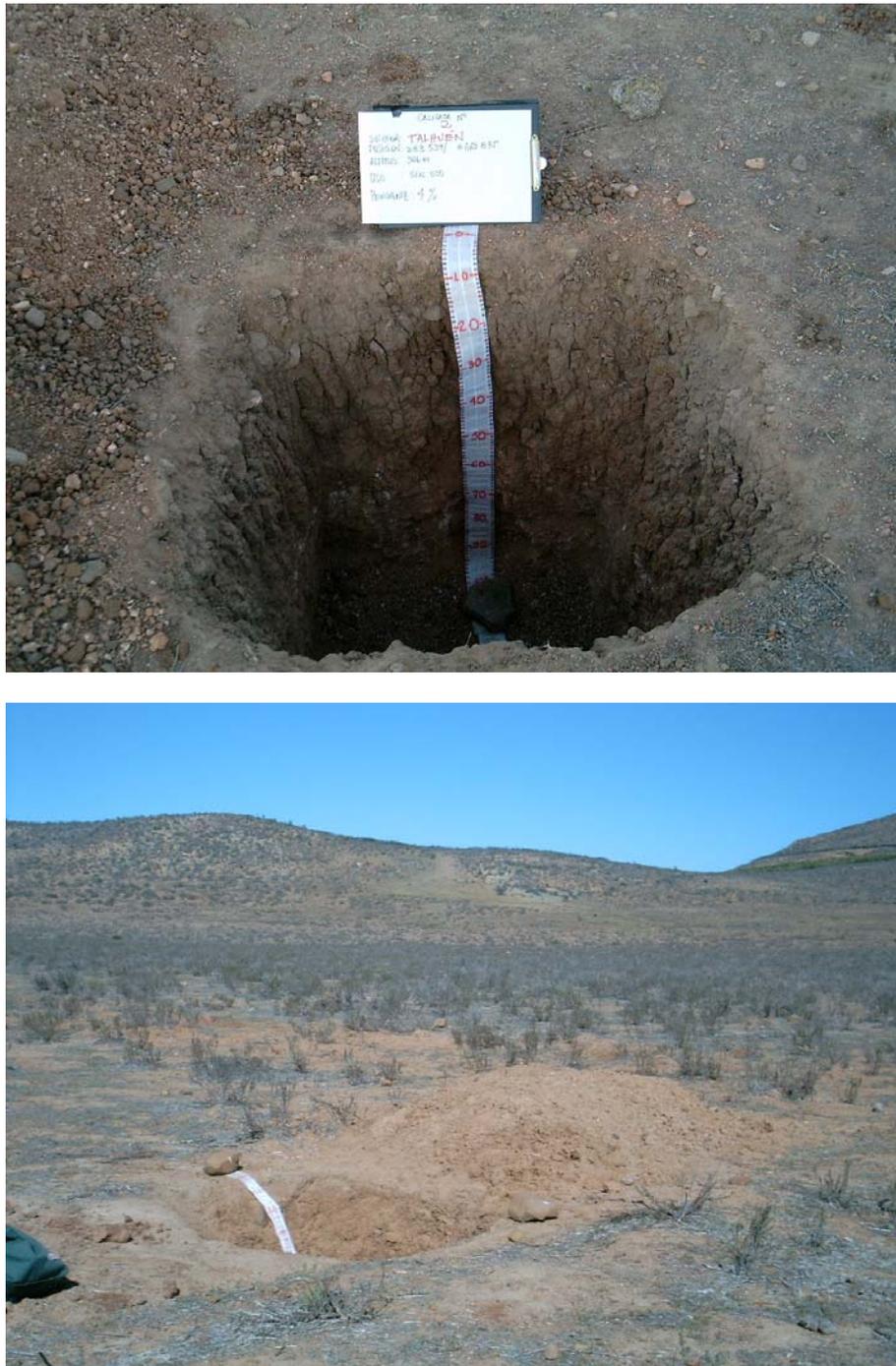


Figure 4.5. Profil et environnement sans usage, secteur de Talhuén, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.6. Profil et environnement secteur sous usage intensif, zone de Talhuén, région de Coquimbo, Chili.

I.3. La zone de Flor del Norte

Un ensemble de six profils a été étudié dans deux secteurs : (i) un secteur sans usage de 6 ha, et (ii) un secteur sous usage intensif (noyers et prairie de luzerne). Les profils

présentent des successions d'horizons similaires quel que soit l'usage. Chaque profil est constitué de 2 à 3 horizons : un horizon de type litière discontinu de 0,5 à 1 cm d'épaisseur pour les sols sans usage, puis un horizon A et un horizon B peu différencié quel que soit l'usage. La couleur varie de 5YR 3/3 (brun foncé rougeâtre) à 7,5YR 4/3 (brun) en surface jusqu'à 7,5 YR 4/6 (brun prononcé) à 1 m de profondeur. Comme pour les sols du site de Talhuén, on note un assombrissement en profondeur qui est sans doute lié à l'accroissement de la teneur en argile.

La proportion d'éléments grossiers augmente avec la profondeur dans l'ensemble des sols. Les résultats des analyses granulométriques montrent une teneur en argile plus élevée en profondeur (tableau 4.3). De telles teneurs sont très proches de ceux observés dans la zone de Talhuén. L'évolution de la densité apparente avec la profondeur est différente de celle enregistrée pour les sols des deux sites précédemment présentés. On observe en effet cette fois une diminution de la densité apparente avec la profondeur. En parallèle à cette variation de la densité apparente, on observe une forte augmentation de la teneur en limon et une diminution de la teneur en sable. Quant à la proportion d'argile, elle augmente légèrement avec la profondeur.

1.3.a. Le secteur sans usage

Deux profils de sols ont été étudiés dans le secteur sans usage d'une surface de 6 ha. Les couleurs en humide varient de 5YR 5/3 (brun rougeâtre) à 5YR 3/3 (brun foncé rougeâtre) en surface, et de 5YR 4/6, (rouge jaunâtre) à 7,5YR 4/6 (brun prononcé) en profondeur. Comme pour le site de Talhuén, on note un assombrissement en profondeur. Les hypothèses qui expliqueraient ce phénomène ont été déjà évoquées dans les paragraphes précédents (Figure 4.7). La densité apparente varie de 1,81 à 1,83 g cm⁻³ en surface, tout en diminuant avec la profondeur et ce sur les deux profils.

I.3.b. Le secteur sous usage intensif

Le secteur sous usage intensif (culture de noyers et prairie de luzerne) a fait l'objet de 4 profils, deux pour chaque type d'usage intensif et distribuées aléatoirement sur chaque surface. Les couleurs des différents horizons varient de 5YR 3/3 (brun foncé rougeâtre) en surface, à 7,5YR 4/4 (brun) en profondeur. Comme pour le cas sans usage, les couleurs présentent un assombrissement en profondeur. Les explications de ce comportement ont été évoquées précédemment (Figure 4.8). La teneur en argiles conserve le même comportement que le secteur sans usage analysé au préalable. La densité apparente varie de 1,77 à 1,86 g·cm⁻³ en surface, et de 1,62 et 1,82 g·cm⁻³ en profondeur.

Tableau 4.3. Caractéristiques générales des sols de la zone de Flor del Norte.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05 g·kg ⁻¹	0,05-2		
Sans usage										
5	0 - 30	7,5YR 3/3	5YR 5/3	1,81	0,07	310,1	198,5	491,4	-	
	30 - 100	7,5YR 4/6	7,5YR 4/6	1,76	0,30	386,1	118,3	495,6	-	
6	0 - 30	7,5YR 4/3	5YR 3/3	1,83	0,05	-	-	-	-	
	30 - 65	5YR 4/4	5YR 4/3	1,72	0,25	-	-	-	-	
	65 - 100	5YR 5/6	5YR 4/6	1,61	0,30	-	-	-	-	
Usage intensif (culture de noyer et prairie de luzerne)										
1	0 - 30	7,5YR 4/6	5YR 3/3	1,86	0,07	346,5	241	412,5	-	
	30 - 45	5YR 4/4	7,5YR 4/6	1,84	0,05	452,9	361,9	185,2	-	
	45 - 100	5YR 6/4	5YR 4/4	1,79	0,3	446,8	420,4	132,8	-	
2	0 - 30	10YR 4/4	7,5YR 4/3	1,77	0,05	-	-	-	-	
	30 - 100	7,5YR 6/6	5YR 4/4	1,79	0,4	-	-	-	-	
	100 - 130	7,5YR 4/4	7,5YR 4/4	1,81	0,02	-	-	-	-	
3	0 - 70	5YR 4/4	5YR 3/3	1,78	0,03	-	-	-	-	
	70 - 100	5YR 4/6	5YR 4/6	1,62	0,02	-	-	-	-	
4	0 - 25	5YR 3/3	5YR 3/3	1,78	0,05	-	-	-	-	
	25 - 70	7,5YR 4/4	7,5YR 4/4	1,82	0,15	-	-	-	-	



Figure 4.7. Profil et environnement, secteur sans usage, zone de Flor del Norte, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.8. Profil et environnement sous usage intensif, zone de Flor del Norte, région de Coquimbo, Chili.

I.4. La zone de Camarico

Un ensemble de 19 profils d'un mètre de profondeur a été étudié sur un secteur à usage intensif (culture de vigne). Tous les profils présentent une distribution d'horizons semblable (horizons A / B / C). Le seul profil analysé montre une augmentation en profondeur de la teneur en argile. La CEC ne varie en revanche que très peu avec la profondeur (tableau 4.4). Comme pour les sols du site de Flor del Norte, la densité apparente décroît avec la profondeur (de $1,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ en moyenne pour les horizons de surface jusqu'à $1,40 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ en profondeur). La couleur est très variable selon les horizons : 10YR 4/3 (brun), 10YR 3/3 (brun foncé), 10YR 2/1 (noir), 2,5YR 5/4, 5YR 5/3, 5/4 (brun rougeâtre), 5YR 5/6, 4/6 (rouge jaunâtre), 7,5YR 5/6 (brun foncé) et cela de 0 à 100 cm de profondeur. Comme pour les sites de Talhuén et Flor del Norte, on relève un assombrissement en profondeur (Figure 4.9).

Tableau 4.4. Caractéristiques générales des sols de la zone de Camarico.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ⁻³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05 g·kg ⁻¹	0,05-2		
Usage intensif (vignoble)										
1	0 - 30		10YR 3/3	1,62	0,05	-	-	-	-	
	30 - 50		2,5YR 4/4	1,51	0,9	-	-	-	-	
	50 - 105		2,5YR 5/4	1,43	0,15	-	-	-	-	
2	0 - 40		10YR 2/1	1,58	0,05	-	-	-	-	
	40 - 50		5YR 4/2	1,49	0,5	-	-	-	-	
	50 - 90		5YR 4/2	1,45	0,05	-	-	-	-	
3	0 - 35		10YR 2/1	1,61	0,10	-	-	-	-	
	35 - 55		7,5YR 3/3	1,51	0,25	-	-	-	-	
	55 - 85		5YR 5/6	1,15	0,25	-	-	-	-	
4	0 - 30		10YR 2/1	1,66	0,05	-	-	-	-	
	30 - 50		7,5YR 3/3	1,40	0,40	-	-	-	-	
	50 - 90		7,5YR 5/6	0,84	0,10	-	-	-	-	
5	0 - 10		10YR 2/1	1,43	0,15	-	-	-	-	
	10 - 30		10YR 2/1	1,68	0,20	-	-	-	-	
	30 - 52		7,5YR 4/3	1,41	0,20	-	-	-	-	
	52 - 102		5YR 4/6	1,49	0,10	-	-	-	-	
6	0 - 10		10YR 2/1	1,41	0,15	-	-	-	-	
	10 - 40		10YR 2/2	1,42	0,15	-	-	-	-	
	40 - 50		5YR 5/3	1,36	0,85	-	-	-	-	
	50 - 100		2,5YR 4/4	1,19	0,10	-	-	-	-	
7	0 - 30		10YR 2/1	1,58	0,15	392	182	426	25,7	
	30 - 50		10YR 3/3	1,58	0,15	405	183	412	25,1	
	50 - 110		10YR 5/2	1,62	0,10	479	155	366	24,1	
8	0 - 30		10YR 2/1	1,65	0,15	-	-	-	-	
	30 - 50		5YR 4/4	1,65	0,60	-	-	-	-	
	50 - 120		5YR 5/3	1,47	0,10	-	-	-	-	
9	0 - 20		10YR 2/1	1,60	0,20	-	-	-	-	
	20 - 50		7,5YR 3/2	1,48	0,10	-	-	-	-	
	50 - 120		5YR 4/4	1,59	0,10	-	-	-	-	
10	0 - 25		10YR 2/1	1,60	0,20	-	-	-	-	
	25 - 45		7,5YR 3/2	1,25	0,10	-	-	-	-	
	45 - 115		5YR 4/4	1,51	0,10	-	-	-	-	
11	0 - 30		10YR 2/1	1,65	0,15	-	-	-	-	
	30 - 50		5YR 4/4	1,65	0,60	-	-	-	-	
	50 - 120		5YR 5/3	1,47	0,10	-	-	-	-	
13	0 - 35		10YR 2/1	1,46	0,15	-	-	-	-	
	35 - 55		5YR 4/4	1,29	0,80	-	-	-	-	
	55 - 125		5YR 4/4	1,17	0,05	-	-	-	-	
14	0 - 30		10YR 2/1	1,59	0,15	-	-	-	-	
	30 - 60		5YR 4/4	1,65	0,90	-	-	-	-	
	60 - 95		5YR 5/3	1,37	0,10	-	-	-	-	
15	0 - 30		10YR 2/1	1,64	0,05	-	-	-	-	
	30 - 50		5YR 4/4	1,36	0,10	-	-	-	-	
	50 - 120		5YR 5/3	1,55	0,05	-	-	-	-	

Tableau 4.4. Caractéristiques générales des sols de la zone de Camarico (suite).

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05 g·kg ⁻¹	0,05-2		
Usage intensif (vignoble)										
16	0 - 30		10YR 2/1	1,70	0,15	-	-	-	-	
	30 - 55		5YR 4/4	1,57	0,85	-	-	-	-	
	55 - 115		5YR 4/4	1,47	0,10	-	-	-	-	
17	0 - 30		10YR 2/1	1,66	0,15	-	-	-	-	
	30 - 55		7.5YR 4/4	1,48	0,70	-	-	-	-	
	55 - 95		5YR 4/4	1,44	0,15	-	-	-	-	
18	0 - 30		10YR 2/1	1,72	0,15	-	-	-	-	
	30 - 60		7.5YR 4/4	1,59	0,70	-	-	-	-	
	60 - 100		5YR 4/4	1,48	0,15	-	-	-	-	
19	0 - 30		10YR 4/3	1,74	0,20	-	-	-	-	
	30 - 50		5YR 4/4	1,55	0,60	-	-	-	-	
	50 - 90		5YR 4/4	1,60	0,05	-	-	-	-	
20	0 - 30		10YR 2/1	1,58	0,15	-	-	-	-	
	30 - 50		5YR 4/4	1,47	0,10	-	-	-	-	
	50 - 110		5YR 4/4	1,56	0,05	-	-	-	-	



Figure 4.9. Profil et son environnement secteur sous usage intensif, zone de Camarico, région de Coquimbo, Chili.

I.5. Zone d'El Palqui

La description a été faite sur 20 profils d'un mètre de profondeur creusés sur un secteur à usage intensif (vignoble). On remarque que pour l'ensemble des profils, le matériau parental est beaucoup moins profond que pour les sols des autres sites (50 cm en moyenne) et cela sans doute en raison de la pente importante (Figure 4.10). Les sols sont développés sur des matériaux ignés (andésites et basaltes) altérés (Álvarez, 2005). Tous les profils de sols sont composés d'un horizon A et d'un horizon B ou BC. La couleur varie de 2,5YR 3/3 3/4 (brun foncé rougeâtre) à 5YR 4/6 (rouge jaunâtre) en surface, et de 2,5YR 3/2 (rouge sombre) à 5YR4/6 (rouge jaunâtre) en profondeur (Figure 4.10).

Le profil analysé ne montre pas de variation de composition granulométrique, de CEC sur les premiers quarante centimètres (tableau 4.5). La densité apparente ne montre pas non plus de variation sur l'ensemble du profil.

Tableau 4.5. Caractéristiques générales des sols de la zone d'El Palqui.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grosiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05	0,05-2		
Usage intensif (vignoble)										
1	0 - 20	5YR	4/4	1,78	0,2	-	-	-	-	
	20 - 45	5YR	4/6	1,72	0,15	-	-	-	-	
	45 - 75	5YR	4/6	1,66	0,1	-	-	-	-	
2	0 - 25	5YR	3/3	1,82	0,05	-	-	-	-	
	25 - 75	5YR	4/4	1,83	0,05	-	-	-	-	
	75 - 95	5YR	4/6	1,89	0,05	-	-	-	-	
3	0 - 20	5YR	3/3	1,80	0,20	-	-	-	-	
	20 - 45	5YR	4/4	1,88	0,10	-	-	-	-	
4	0 - 20	5YR	3/3	1,86	0,25	-	-	-	-	
	20 - 35	5YR	3/4	1,88	0,20	-	-	-	-	
5	0 - 25	5YR	3/3	1,70	0,15	-	-	-	-	
6	0 - 30	5YR	3/4	1,76	0,05	-	-	-	-	
7	0 - 10	5YR	3/3	1,78	0,15	-	-	-	-	
	10 - 20	5YR	3/4	1,93	0,40	-	-	-	-	
8	0 - 20	5YR	3/3	1,74	0,15	-	-	-	-	
	20 - 55	5YR	3/4	1,72	0,10	-	-	-	-	
9	0 - 20	2,5YR	3/3	1,82	0,20	-	-	-	-	
	20 - 40	2,5YR	3/4	1,88	0,10	-	-	-	-	
10	0 - 20	2,5YR	3/3	2,07	0,10	-	-	-	-	
	20 - 65	2,5YR	3/4	1,83	0,50	-	-	-	-	
11	0 - 20	2,5YR	3/3	1,81	0,20	-	-	-	-	
	20 - 60	2,5YR	3/4	1,81	0,30	-	-	-	-	
12	0 - 25	2,5YR	3/3	1,83	0,10	-	-	-	-	
13	0 - 20	2,5YR	3/2	1,73	0,15	-	-	-	-	
	20 - 40	2,5YR	3/4	1,80	0,10	-	-	-	-	
14	0 - 20	2,5YR	3/2	1,84	0,20	386	288	326	33,1	
	20 - 40	2,5YR	3/3	1,81	0,20	386	248	366	34,7	
	40 - 75	2,5YR	4/6	1,80	0,70	188	196	616	23,9	
15	0 - 20	2,5YR	3/3	1,86	0,15	-	-	-	-	
	20 - 40	2,5YR	3/4	1,95	0,10	-	-	-	-	
16	0 - 40	2,5YR	3/3	1,83	0,30	-	-	-	-	
17	0 - 25	2,5YR	3/3	1,78	0,10	-	-	-	-	
	25 - 70	2,5YR	3/4	1,87	0,20	-	-	-	-	
18	0 - 40	2,5YR	3/2	1,76	0,25	-	-	-	-	
	40 - 60	2,5YR	3/3	1,79	0,10	-	-	-	-	
	60 - 100	2,5YR	3/3	1,86	0,05	-	-	-	-	
19	0 - 25	2,5YR	3/3	1,80	0,15	-	-	-	-	
	25 - 45	2,5YR	3/4	1,82	0,20	-	-	-	-	
20	0 - 25	2,5YR	3/3	1,81	0,10	-	-	-	-	
	25 - 55	2,5YR	3/4	1,82	0,10	-	-	-	-	



Figure 4.10. Paysage secteur sous usage intensif, zone d'El Palqui, région de Coquimbo, Chili.

I.6. Zone de San Pedro de Pichasca

Des sols ont été étudiés sous trois types d'usage : (i) dans un secteur protégé de 16 ha, (ii) dans un secteur sous usage extensif (ancienne prairie de luzerne) de 2 ha et (iii) dans un secteur sous usage intensif (vigne) de 2 ha. Tous ces profils sont localisés sur des pentes importantes. Les profils présentent des successions d'horizons différentes sans qu'il puisse être établi une relation entre le type de succession observé et l'usage du sol. Ils sont soit constitués d'un horizon A et d'un horizon C, soit par la succession A, B et C, l'horizon B ayant une épaisseur très variable. Les profils analysés montrent une augmentation de la teneur en argile en profondeur, indiquant par là même la présence possible d'un processus d'illuviation. La CEC augmente elle aussi en profondeur, sans doute en raison de l'augmentation de la teneur en argile (tableau 4.6). La densité apparente mesurée sur échantillon de taille centimétrique varie de 1,80 à 1,95 g·cm⁻³ sans relation nette avec la profondeur ou l'usage du sol.

I.6.a. Le secteur sans usage

Quatre profils de sols ont été étudiés dans ce secteur de 16 ha. Les couleurs en humide sont assez homogènes et varient de 2,5YR 4/2 (rouge sombre) à 5YR 4/4 (brun rougeâtre), de 2,5YR 3/3 (brun sombre rougeâtre) à 5YR 3/4 (brun sombre rougeâtre). On note un léger assombrissement en profondeur (Figure 4.11). La densité apparente ne montre pas de variation nette avec la profondeur. On relève cependant une légère tendance à l'augmentation avec la profondeur avec des valeurs 1,75 à 1,87 g·cm⁻³ en surface, et d'autres de 1,78 à 1,95 g·cm⁻³ en profondeur. La proportion d'éléments grossiers augmente en profondeur.

I.6.b. Le secteur sous usage extensif

Deux profils ont été étudiés dans ce secteur. Les couleurs ne varient pas avec la profondeur, elles restent constante tout au long du profil pour l'ensemble des profils (7,5YR 3/4, brun foncé) (Figure 4.12). Il n'est pas possible de conclure quant aux variations de la densité apparente, de la composition granulométrique et de la teneur en éléments grossiers. En effet, seuls deux profils ont été étudiés et l'un d'eux n'est composé que d'un seul horizon.

I.6.c. Le secteur sous usage intensif

Deux profils ont été étudiés dans ce secteur. La couleur est comme précédemment peu variable en surface (5YR 3/3, brun sombre rougeâtre à 7,5YR 3/4, brun sombre). A noter un léger éclaircissement en profondeur (7,5YR 4/3 à 4/4, brun sombre) (Figure 4.13). La densité apparente varie mais sans relation apparente avec la profondeur. A noter ici aussi une augmentation de la teneur en argile en profondeur.

Tableau 4.6. Caractéristiques générales des sols de la zone de San Pedro de Pichasca.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05	0,05-2		
Sans usage										
5	0 - 55	2,5YR 4/3	2,5YR 3/2	1,80	0,01	249,2	360,9	389,9	-	
	55 - 100	2,5YR 3/3	2,5YR 3/3	1,95	0,03	288,8	235,6	475,7	-	
6	0 - 45	2,5YR 4/3	5YR 3/3	1,75	0,01	-	-	-	-	
	45 - 100	5YR 5/3	5YR 3/3	1,88	0,03	-	-	-	-	
7	0 - 35	2,5YR 4/3	5YR 4/3	1,87	0,03	-	-	-	-	
	35 - 100	5YR 5/3	5YR 3/3	1,87	0,15	-	-	-	-	
8	0 - 40	2,5YR 4/3	5YR 4/4	1,83	0,03	-	-	-	-	
	40 - 100	5YR 5/3	5YR 3/4	1,78	0,07	-	-	-	-	
Usage extensif (6 S.R.U ×ha⁻¹×année⁻¹)										
3	0 - 40	7,5YR 4/3	7,5YR 3/4	1,88	0,2	-	-	-	-	
4	0 - 45	7,5YR 4/3	7,5YR 3/4	1,69	0,07	103,3	396,9	499,8	-	
	45 - 100	7,5YR 4/4	7,5YR 3/4	1,60	0,03	167,2	277,9	554,9	-	
Usage intensif (10 S.R.U ×ha⁻¹×année⁻¹)										
1	0 - 25	5YR 4/3	5YR 3/3	1,75	0,1	-	-	-	-	
	25 - 70	5YR 4/3	5YR 4/3	1,93	0,08	-	-	-	-	
	70 - 100	7,5YR 4/3	7,5YR 4/3	1,78	0,07	-	-	-	-	
2	0 - 55	5YR 5/3	7,5YR 3/4	1,80	0,05	249,2	345,1	405,7	-	
	55 - 70	7,5YR 4/3	7,5YR 4/3	1,50	0,02	322,2	184,5	493,3	-	
	70 - 100	7,5YR 3/4	7,5YR 4/4	1,68	0,00	334,3	73,0	592,7	-	



Figure 4.11. Profil et environnement secteur sans usage, zone de San Pedro de Pichasca, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.12. Profil et environnement secteur sous usage extensif, zone de San Pedro de Pichasca, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.13. Profil et environnement secteur sous usage intensif, zone de San Pedro de Pichasca, région de Coquimbo, Chili.

I.7. Zone de Las Ramadas

Des profils ont été étudiés dans trois secteurs correspondant à trois types d'usage : (i) un secteur sans usage de 5,2 ha, (ii) un secteur de 4 ha sous usage extensif (plantation de 9 mois de noyers) et (iii) un secteur de 8 ha sous usage intensif (noyers de 8 ans). Les développements varient en fonction de la localisation des profils. Ceux développés dans les secteurs sous plantation de noyer le sont sur des terrasses alluviales étroites (profils A / B / C) alors que ceux du secteur sans usage le sont des versants très pentus (profils A / C). A la différence des sols de les sites Las Cardas et Talhuén, et de façon analogue à ce qui a été observé dans les sites de Flor del Norte, Camarico et El Palqui, la densité apparente montre une tendance à l'augmentation avec la profondeur, la densité apparente de l'horizon de surface étant inférieure à celle observée dans les horizons sous jacents. La teneur en argile diminue avec la profondeur dans tous les profils et elle se corrèle parfaitement avec la décroissance des CEC (Figure 4.14). Les couleurs sont relativement proches entre les horizons de surface et en profondeur, avec une légère tendance à l'assombrissement en profondeur.

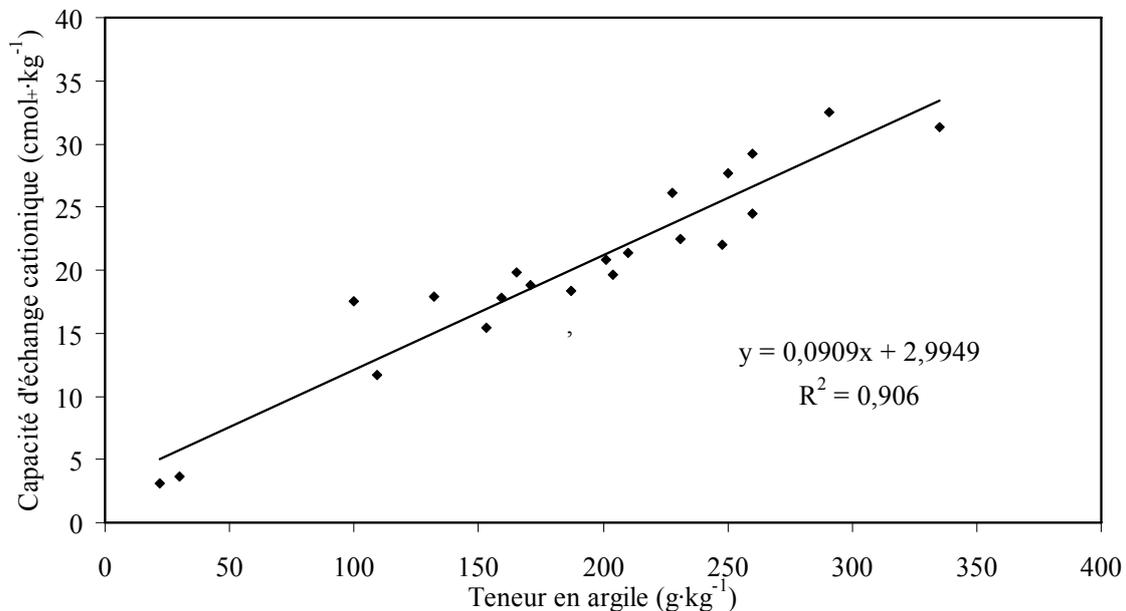


Figure 4.14. Relation entre la teneur en argile et la capacité d'échange cationique de Las Ramadas.

1.7.a. Le secteur sans usage

Deux profils ont été étudiés dans ce secteur de 5 ha. Les couleurs en humide varient de 10YR 4/3 (brun), à 10YR 5/6 (brun jaunâtre), à 10YR 4/2 (brun sombre grisâtre), ou encore 10YR 4/4 (brun sombre jaunâtre) (Figure 4.15). La densité apparente ne montre pas de variation claire avec la profondeur dans les deux profils étudiés. La teneur en argile et la CEC diminuent avec la profondeur.

1.7.b. Le secteur sous usage extensif

Deux profils ont été étudiés dans ce secteur de 4 ha. Les couleurs en humide des différents horizons sont peu variables : 10YR 3/4 (brun sombre jaunâtre) à 10YR 4/3 (brun) en surface et 10YR 4/6 à 4/4 (brun sombre jaunâtre) (Figure 4.16) en profondeur. La densité apparente tend à augmenter avec la profondeur (de 1,33 - 1,52 g·cm⁻³ en surface à 1,79 - 1,8 g·cm⁻³ en profondeur). De la même façon que pour le secteur préservé, la CEC et la teneur en argile diminuent avec la profondeur.

1.7.c. Le secteur sous usage intensif

Quatre profils ont été étudiés dans ce secteur de 8 ha. Les couleurs en humide sont proches entre les horizons des différents profils. La couleur varie en effet de 10YR 4/3 (brun) à 10YR 4/2 (brun sombre grisâtre) en surface, et de 10YR 5/4 (brun jaunâtre) à 10YR 3/2 (brun grisâtre très sombre) en profondeur (Figure 4.17). La densité apparente varie de 1,34 à 1,56 g·cm⁻³ entre 0 et 100 cm de profondeur. La teneur en argile et la CEC diminuent en revanche avec la profondeur.

Tableau 4.7. Caractéristiques générales des sols de la zone de Las Ramadas.

Profil	Profondeur cm	Couleur		Densité apparente g·cm ⁻³	Proportion d'éléments grossiers cm ⁻³ ·cm ⁻³	Granulométrie (mm)			Capacité d'échange cationique cmol _c ·kg ⁻¹	
		Sec	Humide			<0,002	0,002-0,05 g·kg ⁻¹	0,05-2		
Sans usage										
5	0 - 45	10YR 4/2	10YR 4/3	1,10	0,15	171	355	474	18,8	
	45 - 100	10YR 5/6	10YR 4/4	1,88	0,30	100	367	533	17,5	
6	0 - 50	10YR 7/6	10YR 5/6	1,83	0,10	165	373	462	19,8	
	50 - 100	10YR 5/2	10YR 4/2	1,27	0,25	132	345	523	17,9	
Usage extensif										
7	0 - 70	10YR 5/6	10YR 3/4	1,52	0,02	250	380	370	27,7	
	70 - 100	10YR5/6	10YR4/6	1,80	0,03	260	339	401	24,5	
8	0 - 45	10YR 5/4	10YR 4/3	1,33	0,07	187	325	488	18,4	
	45 - 85	10YR 5/6	10YR 4/4	1,79	0,25	159	306	535	17,8	
Usage intensif (noyer)										
1	0 - 6	10YR 6/2	10YR 4/3	1,56	0,07	153	206	641	15,4	
	6 - 25	10YR 6/2	10YR 4/2	1,61	0,07	109	157	734	11,7	
	25 - 60	10YR 7/2	10YR 6/2	1,74	0,10	22	20	958	3,15	
	60 - 100	10YR 6/2	10YR 4/1	1,35	0,15	30	34	936	3,67	
2	0 - 4	10YR 6/2	10YR 4/2	1,54	0,05	291	474	235	32,5	
	4 - 60	10YR 6/2	10YR 4/2	1,62	0,05	231	354	415	22,5	
	60 - 100	10YR 4/2	10YR 3/1	1,71	0,10	201	254	545	20,8	
3	0 - 4	10YR 5/2	10YR 4/3	1,34	0,01	335	393	272	31,3	
	4 - 65	10YR 6/3	10YR 4/3	1,66	0,03	248	340	412	22	
	65 - 100	10YR 6/4	10YR 4/2	1,64	0,10	204	293	503	19,6	
4	0 - 20	10YR 5/3	10YR 3/2	1,36	0,10	260	357	383	29,2	
	20 - 70	10YR 7/2	10YR 5/4	1,55	0,15	228	354	418	26,1	
	70 - 100	10YR 8/6	10YR 5/4	1,68	0,40	210	371	419	21,4	



Figure 4.15. Profil et environnement secteur sans usage, zone de Las Ramadas, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.16. Profil et environnement secteur sous usage extensif, zone de La Ramadas, région de Coquimbo, Chili.



Figure 4.17. Profil et environnement secteur sous usage intensif, zone de Las Ramadas, région de Coquimbo, Chili.

II. Conclusions

Globalement il n'existe pas d'influence du type d'usage sur la distribution d'horizons, la composition granulométrique, les densités apparentes et les CEC.

On apprécie, tout au long du transect, une augmentation des teneurs en argiles et d'éléments grossiers avec la profondeur.

Les CEC sont fortement corrélées avec les teneurs en argiles.

En profondeur, on observe un assombrissement des couleurs tout au long du transect.