

Note: Cette traduction a été établie par le Greffe à des fins internes et n'a aucun caractère officiel

COUR INTERNATIONALE DE JUSTICE

**DIFFÉREND CONCERNANT LE STATUT ET L'UTILISATION DES EAUX DU SILALA
(CHILI c. BOLIVIE)**

CONTRE-MÉMOIRE DE L'ÉTAT PLURINATIONAL DE BOLIVIE

VOLUMES 2 À 5

ANNEXES

3 septembre 2018

[Traduction du Greffe]

**LISTE DES ANNEXES AU CONTRE-MÉMOIRE
DE L'ÉTAT PLURINATIONAL DE BOLIVIE**

VOLUMES 2 À 5

ANNEXES

TABLE DES MATIÈRES

Annexe		Page
Documents des Nations Unies		
1	Nations Unies, Sixième Commission, compte rendu analytique de la 23 ^e séance tenue le 17 octobre 1996	1
2	Nations Unies, Sixième Commission, compte rendu analytique de la 53 ^e séance tenue le 31 mars 1997	16
3	Nations Unies, Sixième Commission, compte rendu analytique de la deuxième partie de la 62 ^e séance tenue le 4 avril 1997	33
Documents du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala et du mécanisme de consultations politiques		
4	Joint Study Profile submitted by Chile in August 2004 [<i>annexe non traduite</i>]	-
5	Procès-verbal de la deuxième réunion du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, 20 janvier 2005	45
6	Minutes of the XVIII Meeting of the Bolivia-Chile Political Consultation Mechanism, 17 June 2008 [<i>annexe non traduite</i>]	-
7	Procès-verbal de la quatrième réunion du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, 14 novembre 2008	48
8	Accord initial [Silala ou Siloli], projet du 28 juillet 2009	53
9	Accord initial [Silala ou Siloli], projet du 13 novembre 2009	59
10	Minutes of the First Part of the VIII Meeting of the Bolivia-Chile Working Group on the Silala Issue, October 2010 (unsigned) [<i>annexe non traduite</i>]	-
Correspondance diplomatique entre la Bolivie et le Chili		
11	Note n° VRE-DGRB-UAM-018880/2011 en date du 29 août 2011 adressée au consulat général du Chili à La Paz par le ministère des affaires étrangères de Bolivie	65
12	Note n° VRE-DGRB-UAM-009901/2012 en date du 24 mai 2012 adressée au consulat général du Chili à La Paz par le ministère des affaires étrangères de Bolivie	66
Documents officiels de la Bolivie		
13	Décret suprême bolivien n° 24660, 20 juin 1997	68
Articles de presse		
14	«The Silala is not a matter of discussion for Chile», <i>El Diario</i> , La Paz, 28 mai 1996 [<i>annexe non traduite</i>]	-

Annexe		Page
15	«Clarification from the Chilean Chancellery: There is no conflict with Bolivia over the Silala River», <i>El Mercurio</i> , Santiago, 17 mai 1997 [<i>annexe non traduite</i>]	-
16	«Everything will be done after signing the initial agreement», <i>La Razón</i> , La Paz, 30 août 2009 [<i>annexe non traduite</i>]	-
Documents techniques		
17	Danish Hydraulic Institute (DHI), Etude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala, 2018	70
	Annexe A : Bassin versant du Silala	117
	Annex B: Climate Analysis [<i>annexe non traduite</i>]	-
	Annex C: Surface Waters [<i>annexe non traduite</i>]	-
	Annexe D : Analyses pédologiques	127
	Annex E: Water Balances [<i>annexe non traduite</i>]	-
	Annexe F : Hydrogéologie	129
	Annexe G : Modélisation intégrée des eaux de surface et des eaux souterraines	138
	Annexe H : Scénarios de simulation des écoulements naturels	143
	Annexe I : Questionnaire soumis au DHI par l'Etat plurinational de Bolivie	146
18	Ramsar Convention Secretariat, Report Ramsar Advisory: Mission No 84, Ramsar Site Los Lipez, Bolivia, 2018 [<i>annexe non traduite</i>]	-

NATIONS UNIES
Assemblée générale
CINQUANTIÈME ET UNIÈME SESSION

Documents officiels

Sixième Commission
23e séance
tenue le
jeudi 17 octobre 1996
à 15 heures
New York

COMPTE RENDU ANALYTIQUE DE LA 23e SÉANCE

Président : M. YAMADA (Japon)

(Président du Groupe de travail plénier chargé d'élaborer
une convention-cadre sur le droit relatif aux utilisations
des cours d'eau internationaux à des fins autres que la
navigation)

SOMMAIRE

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS
DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

Le présent compte rendu est sujet à rectifications. Celles-ci doivent porter la signature d'un membre de la délégation intéressée et être adressées, dans un délai d'une semaine à compter de la date de publication, au Chef de la Section d'édition des documents officiels, bureau DC2-0794, 2 United Nations Plaza, et également être portées sur un exemplaire du compte rendu.

Les rectifications seront publiées après la clôture de la session, dans un fascicule distinct pour chaque commission.

Distr. GÉNÉRALE
A/C.6/51/SR.23
2 décembre 1996
FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

96-81470 (F)

/...

M. Yamada (Président du Groupe de travail plénier chargé d'élaborer une convention-cadre sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation) prend la présidence.

La séance est ouverte à 15 h 5.

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

Élaboration d'une convention-cadre sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation sur la base du projet d'articles adopté par la Commission du droit international compte tenu des observations et commentaires écrits des États et des vues exprimées lors du débat à la quarante-neuvième session (suite) (A/49/10 et A/49/355; A/51/275 et Corr.1 et Add.1)

Groupe IV (articles 20 à 28) (suite)

Article 28

1. M. PAZARCI (Turquie) dit que la définition de l'"urgence" figurant à l'article 28 est si large qu'elle risque de poser un problème aux pays en développement et il propose donc qu'on en limite la portée.
2. M. CROOK (États-Unis d'Amérique), M. KASSEM (République arabe syrienne), M. PRANDLER (Hongrie) et M. AKBAR (Pakistan) souhaitent que l'on conserve à l'article son libellé actuel.
3. Mme MATROOS (Botswana) comprend que l'expression "en cas de nécessité" figurant au paragraphe 4 implique que l'obligation d'élaborer conjointement des plans d'urgence est facultative, et pourtant au fur et à mesure que la phrase se poursuit elle semble concerner une mesure obligatoire.
4. M. PRANDLER (Hongrie) explique que l'expression "en cas de nécessité" signifie que lorsqu'une urgence survient, il est obligatoire d'élaborer des plans d'urgence, car il est impératif que les États coopèrent.
5. M. ŠMEJKAL (République tchèque) fait observer que l'article ne contient aucune disposition prévoyant le partage équitable du coût des mesures nécessitées par une urgence.
6. Mme FERNANDEZ de GURMENDI (Argentine) demande à l'Expert-consultant d'expliquer ce qu'implique la présence des mots "d'autres États" aux côtés des mots "États du cours d'eau" au paragraphe 1.
7. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) appelle l'attention sur le paragraphe 2 du commentaire de l'article (A/49/10), où il est expliqué que les "autres États"

/...

sont généralement des États côtiers qui peuvent subir des dommages du fait, par exemple, d'un déversement de substances chimiques. De même, des inondations ou des maladies qui ont leur origine dans un État du cours d'eau peuvent s'étendre à d'autres États, et c'est pourquoi la définition de l'expression "cas d'urgence" a été étendue à des États qui ne sont pas des États du cours d'eau. Il est vrai que l'article à l'examen ne contient aucune disposition expresse sur le partage des coûts en cas d'urgence, bien que les plans d'urgence mentionnés au paragraphe 4 puissent comprendre des accords préalables sur ce partage. L'idée est que lorsqu'une catastrophe survient, des mesures doivent être prises immédiatement, sans qu'un retard intervienne à cause de discussions sur le partage des coûts.

8. M. LAVALLE VALDÉS (Guatemala) demande si la référence aux "autres États" vise uniquement des États parties à la convention ou vise également des États qui ne sont pas parties à la convention; dans ce dernier cas, il ne sera pas nécessaire de modifier le texte pour viser spécifiquement des États parties à la convention.

9. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) répond qu'il faut espérer que non seulement des États de cours d'eau, mais d'autres également, adopteront la convention.

Groupe V (articles 29 à 32 et article 2)

10. M. CROOK (États-Unis d'Amérique) appelle l'attention sur l'amendement présenté par les États-Unis d'Amérique dans le document A/C.6/51/NUW/WG/CRP.1. Le commentaire de l'article explique que le texte est sans préjudice du droit international en vigueur et n'est pas supposé énoncer de nouvelles règles. Toutefois, bien que n'étant pas censé étendre l'applicabilité d'un instrument à des États qui n'y sont pas parties, cet article peut être interprété comme assujettissant les États parties à la convention sur les cours d'eau à certaines règles énoncées dans le Protocole additionnel I de 1977 aux Conventions de Genève, que les États-Unis n'acceptent pas comme faisant partie du droit coutumier. Le représentant des États-Unis demande donc au Groupe de travail d'envisager la question dans le préambule ou de réviser l'article 29 compte tenu de l'amendement présenté par sa délégation.

11. Parlant au nom de la délégation du Royaume-Uni, il dit que celle-ci entretient des réserves analogues au sujet de l'article 29, estimant que la question relève du droit des conflits armés. Si elle est envisagée dans la convention sur les cours d'eau, la délégation du Royaume-Uni souhaiterait qu'elle le soit dans une clause indiquant expressément que l'article est sans préjudice de l'application aux cours d'eau internationaux des principes et règles du droit international des conflits armés.

12. M. SABEL (Israël) et M. LEE (République de Corée) appuient l'amendement des États-Unis d'Amérique.

/...

13. M. ENAYAT (République islamique d'Iran) dit que le projet proposé par la Commission du droit international est bien équilibré. L'essentiel est que l'article 29 n'est pas un énoncé de règles existantes. Le commentaire qui l'accompagne indique que cet article est sans préjudice du droit existant et qu'il "ne vise pas non plus à étendre l'application de quelque instrument que ce soit aux États qui n'y sont pas parties". Limiter le champ d'application de l'article aux États de cours d'eau, comme on l'a proposé, constituerait une interprétation a contrario, qui ouvrirait la voie à des actes illégaux. Par ailleurs, les États de cours d'eau sont déjà liés par l'article 26, qui a trait au terrorisme et au sabotage.

14. Depuis que la Commission du droit international a commencé l'étude du sujet, elle s'efforce d'appliquer les dispositions non seulement aux États de cours d'eau mais aussi aux autres États, bien que, comme elle l'indique clairement dans le commentaire, un État qui n'est pas partie à la convention ne sera pas lié par les dispositions de celle-ci. Le représentant de l'Iran fait observer que l'on trouve également cette partie du commentaire à la page 77 du volume II de l'Annuaire de la Commission du droit international (1991), que l'idée de base a été consacrée dans une résolution adoptée en 1976 par l'Association de droit international, et qu'on la trouve également dans le sixième rapport du Rapporteur spécial, M. McCaffrey. Enfin, M. Pawlak, Président du Comité de rédaction en 1991, a déclaré à l'époque que l'inclusion d'une référence aux principes et règles du droit international était vitale, et que les dispositions ne devaient pas être limitées aux États de cours d'eau, car une attaque pouvait être menée par un autre État.

15. M. PRANDLER (Hongrie) dit que les articles sont formulés en termes généraux et ne préjugent pas les positions des divers États, et la délégation hongroise peut donc accepter le libellé actuel. Elle est toutefois prête à étudier tout amendement d'ordre rédactionnel si les craintes exprimées au sujet des protocoles aux Conventions de Genève ne sont pas suffisamment dissipées par les observations qui figurent dans le commentaire, à savoir qu'une protection fondamentale reste assurée par la "clause Martens", qui a maintenant valeur de règle du droit international général.

16. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant), faisant observer que l'amendement présenté par les États-Unis visent à refléter le commentaire plus adéquatement, dit que la seule différence potentielle quant au fond concerne le champ d'application de l'article, c'est-à-dire le point de savoir si, comme indiqué dans l'amendement, il vise seulement les États de cours d'eau ou tous les États ou tous les États parties. Les autres modifications proposées sont d'ordre purement rédactionnel.

17. M. CALERO RODRIGUES (Brésil) convient qu'il n'y a pratiquement pas de différence entre les deux textes. L'amendement des États-Unis reflète l'idée, exprimée au paragraphe 2 du commentaire, que les principes et règles du droit international qui sont applicables sont ceux qui lient les États concernés. Tel que libellé, l'article 29 est axé sur ce qu'il faut protéger, tandis que le

/...

texte proposé par les États-Unis souligne qui doit fournir la protection. La seule différence quant au fond est que l'amendement rend l'article applicable aux seuls États du cours d'eau, tandis que le texte de la CDI peut être interprété comme mettant une obligation de protection à la charge d'États qui ne sont pas des États du cours d'eau, un point qui peut être débattu. Le Brésil peut accepter l'un ou l'autre texte.

18. M. RAO (Inde) dit qu'il n'a pas d'opinion bien arrêtée sur le sujet, mais est par contre convaincu que, comme le proposent les États-Unis, le mot "interne" devrait être remplacé par "non international".

19. Mme DASKALOPOULOU LIVADA (Grèce), M. CAFLISCH (Observateur de la Suisse) et M. SANCHEZ (Espagne) appuient le texte existant.

20. Mme MEKHEMAR (Égypte) dit qu'elle appuie le texte existant parce qu'il est général et équilibré.

21. M. KASSEM (République arabe syrienne) dit que puisque l'amendement des États-Unis limite le champ d'application de l'article, il préfère que l'on conserve le texte proposé par la CDI, qui est conforme au droit international et au droit conventionnel en vigueur.

22. M. CROOK (États-Unis d'Amérique) dit que le problème pour sa délégation est qu'il n'y a pas d'accord général sur le contenu des principes et règles du droit international applicables dans les conflits armés; l'amendement des États-Unis vise à préciser que les seules règles applicables sont celles qui lient l'État particulier qui protège un cours d'eau. L'utilisation de l'expression "États du cours d'eau" ne vise pas à exclure d'autres États, et les États-Unis pourraient accepter une formulation différente, comme "les parties satisfont...". Il s'agit d'une question d'ordre rédactionnel et non d'une question de fond.

23. M. AKBAR (Pakistan) dit qu'il préfère le texte existant parce que celui-ci n'énonce aucune nouvelle règle mais renvoie simplement aux règles en vigueur.

24. M. HAMDAN (Liban) dit que s'il n'y a pas vraiment de différence entre les deux textes, il est préférable de conserver l'article 29 en l'état.

25. Le PRÉSIDENT dit que puisqu'il n'y a pas de différences de fond entre le projet d'article et le texte proposé par les États-Unis, l'article 29 peut être renvoyé au Comité de rédaction.

Article 30

26. Le PRÉSIDENT indique qu'aucun amendement écrit n'a encore été déposé en ce qui concerne l'article 30.

Article 31

/...

27. M. CROOK (États-Unis d'Amérique), parlant au nom du Royaume-Uni, dit que l'article tel qu'il est libellé n'est pas acceptable pour la délégation du Royaume-Uni. L'exception à l'obligation de fournir des informations est trop restrictive : doivent aussi en être exclues les données qui doivent rester confidentielles pour des raisons industrielles et commerciales, comme le fait, par exemple, l'article 8 de la Convention d'Helsinki sur la protection et l'utilisation des fleuves transfrontières et des lacs internationaux et l'article 2 de la Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière.

Article 32

28. M. CANELAS de CASTRO (Portugal), qu'appuient M. CALERO RODRIGUES (Brésil) et M. CAFLISCH (Observateur de la Suisse), dit qu'étant donné que la première partie de l'article envisage deux possibilités - un dommage transfrontière et la menace d'un dommage transfrontière - il serait plus cohérent de remplacer "s'est produit" par "se produit ou peut se produire".

29. M. de VILLENEUVE (Pays-Bas) dit que l'on devrait peut-être étendre la portée de l'article pour qu'il incombe à l'État partie d'introduire effectivement des procédures juridiques et administratives et pas simplement d'octroyer l'égalité de traitement devant la loi. Il dit qu'il présentera un amendement à cet effet.

30. M. RAO (Inde) dit que sa délégation ne peut accepter le projet d'article, parce qu'il fait intervenir prématurément dans le contexte des cours d'eau un principe encore en évolution du droit de l'environnement. Il doit être soit supprimé soit inséré dans un protocole facultatif.

31. Le problème envisagé à l'article 32 affectera en règle générale des personnes privées sur le territoire d'un État, à la différence de problèmes comme la pollution atmosphérique envisagés dans une convention sur la responsabilité, qui peuvent avoir des incidences au-delà des frontières de l'État. Les mécanismes permettant aux particuliers d'intenter des actions en justice contre un État ne sont pas uniformes mais varient en fonction du droit de la région concernée. L'Europe a un système extrêmement développé qui permet aux particuliers d'introduire des actions contre leur pays et d'autres pays, par le biais d'institutions et de conventions communes et grâce à la liberté de circulation et la liberté d'accès - une situation idéale qui n'existe pas ailleurs. Quoi qu'il en soit, il n'est jamais facile pour des étrangers de saisir les tribunaux, cela est onéreux, exige une connaissance des langues et une compréhension de lois et règlements étrangers. Si l'article a pour objet de laisser les particuliers voulant intenter une action contre un État livrés à eux-mêmes, il n'a aucun sens. Même lorsque des demandes collectives sont possibles, l'État doit intervenir, en particulier lorsque les intéressés sont démunis, pour les aider à obtenir justice.

/...

32. En outre, la question des conflits de lois est extrêmement complexe en elle-même. On peut aussi se demander s'il est justifié qu'un particulier ou un groupe de particuliers, d'un côté ou de l'autre d'une frontière, s'efforcent de bloquer, par de longues procédures judiciaires, un accord international conclu entre deux États du cours d'eau concernant la protection contre des dommages significatifs.

32. M. AKBAR (Pakistan) dit qu'il a lui aussi de nombreuses réserves concernant l'article 32 et qu'il pense que cet article doit être supprimé.

34. M. CALERO RODRIGUES (Brésil) dit que les opinions très divergentes exprimées au sujet du projet d'article par les Pays-Bas et l'Inde montrent qu'il réalise probablement l'équilibre voulu. Son but n'est pas d'expliquer ce que doit signifier la non-discrimination et il exprime un principe largement accepté en des termes très équitables. La délégation brésilienne pense qu'il faut le conserver tel quel.

35. M. SVIRIDOV (Fédération de Russie) dit qu'il s'agit d'une question très complexe : le projet d'article fait plus qu'obliger l'État à ouvrir à certaines personnes l'accès à des procédures judiciaires : il l'oblige à fournir à des entités juridiques étrangères l'égalité de protection juridique et procédurale. L'article 32 repose sur une interprétation très large d'un principe consacré par quelques précédents mais qui ne fait pas encore partie du droit international coutumier. La délégation russe ne peut appuyer le texte tel qu'il est libellé, et a l'intention de proposer un texte de compromis.

36. M. CAFLISCH (Observateur de la Suisse) dit que l'article 32 est probablement inspiré par le Traité de 1909 relatif aux eaux frontalières entre les États-Unis et le Canada, une source fréquente en droit conventionnel. La Suisse appuie le principe qui est à la base de l'article 32, lequel doit figurer dans le texte même de la convention. Cet article permettrait l'application normale de la règle de l'épuisement des recours internes. Il prévoit à la fois la non-discrimination matérielle et la non-discrimination dans l'accès aux tribunaux, et la délégation suisse ne voit pas ce qu'il y a à y ajouter.

37. M. LAVALLE VALDÉS (Guatemala) dit que l'article 32 tente de trop en dire en un seul paragraphe. L'expression "ne fait pas de discrimination" pose problème : la connotation habituellement péjorative du mot "discrimination" - qui peut en fait aussi viser des distinctions juridiques parfaitement justifiables - rend le texte quelque peu déconcertant si on l'associe à la réserve permettant aux États d'en convenir autrement. De même, l'utilisation de l'expression "ou bien" entre "l'accès aux procédures juridictionnelles et autres" et "un droit à indemnisation ou autre forme de réparation" implique que ces deux notions s'excluent mutuellement bien que cela ne soit pas nécessairement le cas.

38. M. MAZILU (Roumanie), qu'appuie M. LEE (République de Corée) propose qu'étant donné les objections que suscite l'article 32, des consultations

/...

officieuses aient lieu entre les délégations concernées, car il est important de faire en sorte que la convention-cadre soit acceptable pour la grande majorité des États.

39. M. EPOTE (Cameroun) dit qu'il pourrait être utile que l'Expert-consultant explique quel est exactement le sens de l'article 32 pour éliminer tout problème de compréhension. Selon son interprétation, les États du cours d'eau qui causent un dommage à des personnes physiques ou morales qui ne sont pas des nationaux ou des résidents des États du cours d'eau ne doivent pas faire de discrimination contre ces personnes.

40. M. REYES (Mexique) dit que sa délégation est prête à examiner la proposition portugaise et il fait observer que, comme indiqué au paragraphe 3 du commentaire de l'article 32, la règle concernant la non-discrimination est une règle supplétive.

41. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) confirme le caractère supplétif de la règle et dit que l'interprétation du représentant du Cameroun est la bonne. Pour sa part, il trouve le texte clair, mais il en explique le sens en donnant des exemples et ajoute que l'on pourrait examiner la question de rédaction soulevée par le représentant du Guatemala.

42. Mme DASKALOPOULOU LIVADA (Grèce) dit que sa délégation ne formule aucune objection contre les dispositions de l'article 32, qui sont des dispositions standard dans les accords d'entraide judiciaire.

43. M. NUSSBAUM (Canada) dit que le principe de la non-discrimination est important pour sa délégation, qui le considère comme un facteur important dans la tendance croissante à invoquer la responsabilité civile en cas de dommage transfrontière. Néanmoins, étant donné les observations du représentant de l'Inde et d'autres représentants, il pense avec le représentant de la Roumanie qu'il faut tenir des consultations officielles.

44. M. VARŠO (Slovaquie) dit que l'article 32 réunit trop d'éléments dans une seule phrase et est aussi contradictoire, car il semble donner à penser que les États peuvent s'entendre pour faire une discrimination. Il propose donc que le texte soit scindé en quatre phrases, traitant du respect du principe de la non-discrimination, de la possibilité pour les États du cours d'eau d'en convenir autrement, de l'accès aux tribunaux ou autres procédures, et de l'indemnisation.

Groupe V (article 2)

45. M. PAZARCI (Turquie) dit que telle qu'elle est définie à l'alinéa a), l'expression "cours d'eau international" ne traite pas du lien entre les cours d'eau et le territoire des États du cours d'eau. Afin de faire une distinction entre les cours d'eau internationaux, il propose donc la définition suivante : "Les cours d'eau internationaux se divisent en deux catégories : les cours d'eau

/...

qui forment une frontière; les cours d'eau transfrontières qui coulent successivement sur le territoire de deux États ou plus". Comme une convention-cadre ne doit envisager que les eaux de surface, il propose également que les mots "et d'eaux souterraines" soient supprimés à l'alinéa b).

46. Mme DASKALOPOULOU LIVADA (Grèce) appuie la définition proposée par le représentant de la Turquie.

47. M. TAMRAT (Éthiopie, Mme VARGAS de LOSADA (Colombie) et M. AKBAR (Pakistan) appuient la proposition turque concernant l'alinéa b).

48. Mme FERNÁNDEZ de GURMENDI (Argentine) dit que dans la version espagnole, l'expression "aguas subterráneas" qui figure à l'alinéa b) n'est pas appropriée, car ces eaux n'aboutissent pas toujours au point d'arrivée commun des eaux d'un cours d'eau. Il serait préférable d'utiliser l'expression "aguas subálveas". En outre, à l'alinéa b), l'expression "relations physiques" n'est pas assez claire, car elle peut désigner des canaux ou des bassins. La délégation argentine préférerait donc que l'on emploie l'expression "relations physiques ou matérielles" ou "relations physiques ou géographiques".

49. M. SANCHEZ (Espagne) appuie la proposition argentine concernant l'utilisation de l'expression "aguas subálveas".

50. Mme MEKHEMAR (Égypte) ne pense pas qu'ainsi qu'on l'a proposé il faille supprimer les mots "eaux souterraines", car ils désignent un système d'eaux complet qui peut affecter d'autres parties d'un cours d'eau. Elle propose en outre que l'alinéa b) soit remanié comme suit : "... d'eaux souterraines formant partie intégrante des eaux de surface et constituant ..."; la définition engloberait ainsi les eaux souterraines qui n'aboutissent pas à un point d'arrivée commun, mais qui sont tout aussi importantes.

51. Mme DASKALOPOULOU LIVADA (Grèce) et M. PULVENIS (Venezuela) disent qu'ils s'opposent également à la suppression du terme "eaux souterraines" à l'alinéa b).

52. M. de VILLENEUVE (Pays-Bas) dit qu'il s'oppose à la suppression du terme "eaux souterraines" et appuie la proposition égyptienne concernant l'alinéa b).

53. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) se demande si le problème soulevé par la représentante de l'Argentine résulte d'une mauvaise traduction en espagnol du terme "eaux souterraines".

54. Mme FERNÁNDEZ de GURMENDI (Argentine) dit que l'expression espagnole "aguas subálveas" désigne des eaux qui sont liées à un cours d'eau et coulent en direction de l'embouchure de ce cours d'eau, alors que l'expression "aguas subterráneas" désigne une notion beaucoup plus large.

/...

55. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) dit que pris isolément le terme "eaux souterraines" peut en anglais aussi recevoir une définition beaucoup plus large que celle qui figure à l'alinéa b), qui vise un système et n'englobe pas les eaux souterraines captives. La suppression du terme "eaux souterraines" est une tout autre affaire.

56. M. AKBAR (Pakistan) propose que dans l'ensemble de la convention-cadre, le mot "cours d'eau" soit remplacé par le mot "fleuve", car ce mot est universellement accepté et utilisé dans tous les ouvrages d'ingénierie hydraulique et les accords sur le sujet.

57. M. de VILLENEUVE (Pays-Bas) dit que sa délégation s'oppose à l'utilisation du mot "fleuve"; il est parfois difficile en Hollande de faire la différence entre un fleuve et un canal.

58. M. PULVENIS (Venezuela) dit que sa délégation est prête à examiner une version abrégée de la proposition turque si l'on estime que la question dont elle traite a une influence sur les normes et les principes à l'examen. Il désapprouve la proposition pakistanaise tendant à utiliser le mot "fleuve" et souligne que l'utilisation de l'expression "aguas subálveas" dans le texte espagnol ne devra pas être interprété comme limitant la notion d'eaux souterraines telle qu'énoncée dans les autres langues ni comme en réduisant la portée.

59. M. CAFLISCH (Observateur de la Suisse) dit que sa délégation peut accepter l'article 2 tel qu'il est libellé et avec la référence, à l'alinéa b), aux "eaux souterraines constituant ... un tout unitaire"; comme la CDI, toutefois, sa délégation s'opposerait à l'inclusion des eaux souterraines captives dans la définition.

60. On peut se demander si les définitions figurant dans d'autres parties de la convention doivent figurer à l'article 2; dans l'affirmative, il faut transférer dans cet article la définition du terme "régulation" qui figure au paragraphe 3 de l'article 25.

61. Enfin, la délégation suisse voudrait savoir pourquoi la CDI choisit de définir l'expression "cours d'eau international" avant de définir le terme "cours d'eau".

62. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant), répondant à l'Observateur de la Suisse, dit que l'ordre dans lequel les expressions sont définies vise à indiquer clairement que la convention n'envisage que les situations transfrontières. Quant à la possibilité de faire figurer à l'article 2 les définitions se trouvant dans d'autres articles, la CDI a décidé de définir à l'article 2 les expressions utilisées dans plus d'un article et de laisser les définitions d'expressions figurant dans un seul article dans l'article en question.

/...

63. M. KASSEM (République arabe syrienne) dit que l'alinéa a) de l'article 2 est acceptable tel qu'il est libellé, notamment parce que tant les cours d'eau continus que les cours d'eau successifs sont assujettis au même régime juridique. De même, la délégation syrienne peut accepter la définition de l'expression "eaux souterraines" que donne la CDI.

64. Quant à la possibilité d'inclure à l'article 2 les définitions d'expressions utilisées dans d'autres articles, la délégation syrienne a proposé une définition de l'expression "utilisation optimale", qui figure à l'article 5, et a accepté que cet amendement soit examiné lorsque l'on examinerait l'article 2. Compte tenu des critères que vient d'exposer l'Expert-consultant, et du fait que l'expression "utilisation optimale" figure dans au moins deux articles, le représentant de la Syrie demande au Président d'indiquer si l'amendement de la délégation syrienne doit être incorporé à l'article 5 ou à l'article 2.

65. Le PRÉSIDENT dit que tous les amendements qui ont été présentés seront renvoyés au Comité de rédaction; la délégation syrienne aura l'occasion de discuter de l'endroit où doit être placé son amendement dans le cadre de ce Comité.

66. M. McCAFFREY (États-Unis d'Amérique) dit que sa délégation s'associe aux observations du représentant de la Syrie; les mêmes principes s'appliquent aux cours d'eau internationaux contigus et aux cours d'eau internationaux successifs. Cette distinction entre les deux types de cours d'eau est depuis longtemps admise dans la pratique des États, mais de nombreux cours d'eau sont à la fois contigus et successifs à différents points de leur cours. Il s'agit de savoir sur quoi on veut mettre l'accent; les références aux cours d'eau contigus et successifs tendent à laisser de côté d'autres parties du système qui sont liées à celui-ci, comme les affluents et les eaux souterraines. À cet égard, l'hydrologie a fait des progrès ces dernières années, au point que l'on admet que les eaux souterraines et les eaux de surface sont généralement liées. Tenter de réguler les seules eaux de surface peut se révéler vain, parce qu'en puisant de l'eau du sol on réduit le volume des eaux de surface liées aux eaux souterraines, et qu'en prélevant dans les eaux souterraines qui alimentent les nappes phréatiques on réduit le niveau de ces nappes. De même, la pollution d'un aquifère finit par gagner le cours d'eau de surface. En conséquence, il n'est pas facile de séparer les eaux de surface des eaux souterraines, ni physiquement ni théoriquement.

67. Il existe bien entendu des eaux souterraines captives; toutefois, la CDI a conclu qu'il était essentiel d'inclure les eaux souterraines dans la définition du terme "cours d'eau", précisément en raison de leurs relations avec les eaux de surface. Pour cette raison, la délégation des États-Unis appuie le texte de la CDI tel qu'il est libellé.

68. M. EPOTE (Cameroun) souscrit aux observations du représentant des États-Unis. Étant donné que les mesures prises par un État du cours d'eau

/...

peuvent affecter les eaux souterraines d'un autre État du cours d'eau, supprimer le terme "eaux souterraines" peut rendre l'attribution d'une responsabilité juridique impossible en cas de dommage causé par un État tiers.

69. M. TANZI (Italie) dit que si sa délégation peut accepter l'article 2 en l'état, elle ne s'oppose pas à la proposition turque tendant à ce que l'on fasse une distinction entre les cours d'eau qui constituent une frontière internationale et ceux qui traversent une frontière internationale; une telle distinction est à juste titre faite à l'article premier de la Convention de 1992 sur la protection et l'utilisation des fleuves transfrontières et des lacs internationaux.

70. Supprimer l'expression "eaux souterraines" comme il a été proposé constituerait un pas en arrière par rapport à la pratique conventionnelle établie, et réduirait l'impact et la pertinence de la future convention.

71. M. MANONGI (République-Unie de Tanzanie) dit qu'il est difficile de voir comment l'expression "eaux souterraines" peut être supprimée si l'on ne trouve pas une autre solution appropriée : un cours d'eau ou un fleuve doit être considéré comme faisant partie d'un système. La délégation tanzanienne appuie la proposition égyptienne et celle faite précédemment par Israël tendant à inclure à l'article 2 une définition de l'expression "accords de cours d'eau".

72. M. PAZARCI (Turquie) dit que la proposition de sa délégation concerne la distinction entre les cours d'eau contigus, les cours d'eau qui forment une frontière et ceux qui traversent une frontière; comme l'a reconnu le représentant des États-Unis, cette distinction est depuis longtemps acceptée dans la pratique des États. La définition de l'expression "cours d'eau international" doit à l'évidence englober toutes ces catégories.

73. La délégation turque ne pense pas comme la délégation syrienne que les cours d'eau contigus et les cours d'eau successifs soient assujettis au même régime juridique. Si la convention elle-même ne fait pas de distinction nette à cet égard, ces règles peuvent être appliquées différemment dans l'un et l'autre cas; par exemple, l'alinéa a) du paragraphe 1 de l'article 6 (Facteurs pertinents pour une utilisation équitable et raisonnable) vise les facteurs "géographiques ... et autres facteurs de caractère naturel" et l'alinéa d) du même paragraphe 1 vise "les effets de l'utilisation ou des utilisations du cours d'eau dans un État du cours d'eau sur d'autres États du cours d'eau". Ces dispositions montrent clairement que la pratique fait une distinction entre les cours d'eau qui forment une frontière et ceux qui traversent une frontière.

74. M. KASSEM (République arabe syrienne) dit que la définition du terme "cours d'eau" figurant dans le projet de la CDI englobe à la fois les cours d'eau qui forment une frontière et ceux qui traversent une frontière; à cet égard, il appelle l'attention sur le paragraphe 2 du commentaire de la CDI concernant l'article 2 (A/49/10). Il est bien établi en droit conventionnel et en droit coutumier, et cela a été confirmé par la Cour internationale de Justice dans un

/...

avis célèbre, que l'on ne distingue pas entre les deux types de fleuve - pas pour ce qui est de leur définition, mais pour ce qui est du régime juridique qui leur est applicable.

75. M. LALLIOT (France) dit que l'utilisation du terme "eaux souterraines" à l'alinéa b) de l'article 2 ne pose pas de difficulté à sa délégation, étant bien entendu qu'il ne désigne pas les eaux souterraines "captives", mais seulement les eaux souterraines ayant une relation physique avec un cours d'eau international. Il demande à l'Expert-consultant de confirmer son interprétation de ce terme.

76. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) dit que l'interprétation du terme "eaux souterraines" utilisée dans le projet de la CDI que vient de donner le représentant de la France est correcte : ce terme vise les eaux souterraines qui sont en relation avec les eaux de surface et font partie d'un système.

77. M. NGUYEN DUY CHIEN (Viet Nam) dit que si chaque cours d'eau a sans aucun doute des caractéristiques particulières, cela n'implique pas que la définition doive mentionner toutes les caractéristiques possibles. La délégation vietnamienne pense avec les délégations syrienne et des États-Unis que les définitions des termes "cours d'eau" et "cours d'eau international" que donne la CDI sont suffisamment claires.

78. M. CRISÓSTOMO (Chili) dit que le terme "cours d'eau" est source de confusion, comme le montre le fait que certaines délégations souhaitent le remplacer par "fleuve", un terme quant à lui beaucoup trop restrictif. Sa délégation propose de remplacer "cours d'eau" par "système hydrographique", "cours d'eau international" par "système hydrographique comportant des ressources en eau partagées" et "État du cours d'eau" par "État appartenant à un système hydrographique comportant des ressources en eau partagées".

79. M. HABIYAREMYE (Rwanda) dit que sa délégation approuve la proposition turque, qui distingue plus nettement entre cours d'eau contigu et cours d'eau formant une frontière. La délégation rwandaise est aussi de celles qui pensent que l'expression "eaux souterraines" est superflue, mais elle n'insistera pas pour qu'on la supprime. Enfin, elle pense qu'il aurait été plus logique de définir le terme "cours d'eau" avant l'expression "cours d'eau international".

80. M. MORSHED (Bangladesh) souscrit aux observations du représentant des États-Unis.

81. M. MANNER (Finlande), réitérant les observations de sa délégation qui figurent dans le document A/51/275 en ce qui concerne le terme "cours d'eau international", appelle l'attention sur l'expression "eaux transfrontières", qui est utilisée dans la Convention de 1992 sur la protection et l'utilisation des fleuves transfrontières et des fleuves internationaux.

/...

82. M. REYES (Mexique) se déclare lui aussi en faveur du texte proposé par la CDI et dit qu'il n'y a pas grand-chose à ajouter aux observations du représentant des États-Unis. D'un point de vue technique, l'expression "cours d'eau international" est incorrectement utilisée à l'article 2, parce que la source des eaux doit toujours être distinguée des eaux elles-mêmes.

83. M. LAVALLE VALDÉS (Guatemala) demande à l'Expert-consultant de dire si un fleuve - pour la simplicité, un fleuve sans affluent - qui tout au long de son cours coule entre deux États mais dont seule une des rives constitue une frontière étatique, constituerait un cours d'eau international.

84. M. ROSENSTOCK (Expert-consultant) dit qu'il est difficile de répondre à cette question académique. Il est inconcevable qu'un fleuve puisse être si clairement démarqué, sans affluent ni apport d'eaux souterraines, que la frontière étatique puisse être établie sur une ligne suivant la rive du fleuve. Toutefois, l'Expert-consultant suppose que dans une telle situation le fleuve ne constituerait pas un cours d'eau international.

Article 33

85. M. MAZILU (Roumanie) dit que sa délégation appuie les propositions françaises concernant l'article 33 (A/C.6/51/NUW/WG/CRP.55).

86. M. KASSEM (République arabe syrienne) dit qu'il sera possible aux États de régler leurs différends en application de l'article 33, mais que si cet article n'est pas rendu obligatoire, ils ne seront pas tenus de le faire. La délégation syrienne a donc présenté un amendement rendant obligatoires tous les recours prévus par cet article.

87. Mme MEKHEMAR (Égypte) dit que l'article est trop détaillé pour une convention-cadre. Il faudrait laisser aux parties aux différends le soin de trouver une solution pacifique dans le cadre d'accords spécifiques.

88. M. ŠMEJKAL (République tchèque) dit que sa délégation appuie les propositions françaises, avec une préférence pour la première option.

89. M. LAVALLE VALDÉS (Guatemala) dit que sa délégation préférerait, en matière de règlement des différends, des dispositions calquées sur des instruments tels que la Convention-cadre sur les changements climatiques. Il dit qu'il présentera un amendement à cette fin.

90. M. RAO (Inde) dit que son pays a toujours considéré que les différends devaient être réglés par des moyens pacifiques mais aussi par des moyens acceptables pour toutes les parties, un principe établi dans la Charte des Nations Unies. En cas de différend, une partie ne doit pas pouvoir imposer un moyen de règlement donné aux autres parties. Ce point est reconnu à l'article 33, mais le recours à une commission d'enquête est obligatoire et cela risque plus de créer des problèmes que d'en résoudre. Les propositions

/...

françaises sont utiles mais ne règlent pas cette question particulière. Un article comme l'article 33 ne devrait pas figurer dans une convention-cadre.

91. Le PRÉSIDENT dit qu'il considère que le Groupe de travail souhaite renvoyer au Comité de rédaction toutes les propositions concernant les groupes IV et V.

92. Il en est ainsi décidé.

93. Le PRÉSIDENT dit qu'il semble y avoir deux ou trois groupes de délégations ayant des positions différentes sur des questions de principes. Certaines délégations ont engagé un travail de coordination au sein de ces groupes et ont commencé à négocier avec les autres groupes. Il espère que cette méthode de travail sera activement poursuivie. De telles initiatives ne peuvent bien entendu remplacer les travaux du Comité de rédaction mais elles peuvent contribuer à rapprocher les points de vue et ouvrir la voie à un texte généralement acceptable.

La séance est levée à 17 h 40.

NATIONS UNIES
Assemblée générale
CINQUANTE ET UNIÈME SESSION

Documents officiels

SIXIÈME COMMISSION
53e séance
tenue le
lundi 31 mars 1997
à 10 heures
New York

COMPTE RENDU ANALYTIQUE DE LA 53e SÉANCE

Président : M. YAMADA (Japon)

(Président du Groupe de travail plénier chargé d'élaborer une convention internationale sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation)

SOMMAIRE

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

Le présent compte rendu est sujet à rectifications. Celles-ci doivent porter la signature d'un membre de la délégation intéressée et être adressées, *dans un délai d'une semaine à compter de la date de publication*, au Chef de la Section d'édition des documents officiels, bureau DC2-0794, 2 United Nations Plaza, et également être portées sur un exemplaire du compte rendu.

Les rectifications seront publiées après la clôture de la session, dans un fascicule distinct pour chaque commission.

Distr. GÉNÉRALE
A/C.6/51/SR.53
15 juillet 1997
FRANÇAIS
ORIGINAL : ESPAGNOL

97-80955 (F)

/...

M. YAMADA (Président du Groupe de travail plénier chargé d'élaborer une convention sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation) prend la Présidence.

La séance est ouverte à 10 h 20.

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

Élaboration d'une convention-cadre sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation, sur la base du projet d'articles adopté par la Commission du droit international, compte tenu des commentaires et observations reçus des États ainsi que des vues exprimées au cours du débat lors de la quarante-neuvième session (suite)
(A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1 et Rev.1/Add.1)

1. Le Président invite le Président du Comité de rédaction à présenter le deuxième rapport de celui-ci, qui figure sous les cotes A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1 et Rev.1/Add.1.

Rapport du Comité de rédaction

2. M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction), présentant le deuxième rapport du Comité de rédaction qui figure sous les côtes A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1 et Rev.1/Add.1, précise qu'au cours de la deuxième session du Groupe de travail, le Comité de rédaction a tenu six séances entre le 24 et le 27 mars 1997.

3. Avant de présenter le rapport à l'examen, M. Lammers souhaite remercier sincèrement toutes les délégations de leur esprit de collaboration et de leur appui. Il remercie également l'expert consultant, M. Rosenstock, des conseils qu'il a donnés au Comité chaque fois que celui-ci en avait besoin. Il se déclare également reconnaissant aux coordonnateurs des efforts qu'ils ont faits pour combler les lacunes qui restaient et faire converger les points de vue.

4. Le Comité de rédaction était saisi des questions qui concernaient le paragraphe 3 de l'article 3, les articles 7 et 33, le préambule et les dispositions finales. Malgré les efforts que tous ses membres ont déployés, il n'a pu mettre au point un texte qui eût fait l'unanimité sur toutes ces questions. Avant la fin de la semaine en cours, les travaux se poursuivront et sur l'article 7, qui traite de l'obligation de ne pas causer de dommages significatifs, sur l'article 33, relatif au règlement des différends.

5. Dans le projet d'articles présenté par la Commission du droit international, il n'y avait pas de préambule. Dans sa résolution 49/52, l'assemblée générale a demandé au Comité de rédaction d'en élaborer un texte, qu'il aurait à présenter au Groupe de travail. Le texte en question est publié sous la cote A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1/Add.1 et se présente en 13 alinéas.

/...

6. Il est question dans la première phrase du préambule, des «Parties à la présente convention» et non des «États parties». On a préféré le terme générique de «Parties» parce qu'on prévoit que non seulement les États, mais aussi les organismes d'intégration économique régionale pourront devenir parties à la Convention.

7. Le premier alinéa du préambule, a pour objet d'introduire de manière générale le texte de la Convention. On constatera qu'y figurent deux expressions entre crochets. La mise entre crochets du membre de phrase «utilisations à des fins autres que la navigation des» répond au fait que si certaines délégations jugeaient qu'il fallait dans l'alinéa introductif évoquer l'importance des cours d'eau internationaux en général, d'autres pensaient qu'il fallait dès le départ définir clairement la portée exacte de la convention. Le terme «et de leurs écosystèmes» a été placé entre crochets en attendant la conclusion des délibérations dont font l'objet les expressions analogues qui figurent aux articles 5 et 8, et qui sont d'ailleurs elles-mêmes entre crochets pour l'instant.

8. Le deuxième alinéa du préambule est également de caractère général. Il se contente de reprendre l'alinéa a) du paragraphe 1 de l'article 13 de la Charte des Nations Unies, relatif au développement progressif du droit international et à sa codification.

9. Le troisième alinéa du préambule établit un lien entre les deux premiers paragraphes en ce qu'il se réfère aux effets de la codification et du développement progressif des règles du droit international non d'un point de vue général mais eu égard à l'objet de la convention, c'est-à-dire aux utilisations des cours d'eau internationaux à d'autres fins que la navigation. Cet alinéa souligne que les activités en question contribuent à la promotion et à la mise en oeuvre des buts et principes énoncés aux Articles premier et 2 de la Charte des Nations Unies.

10. Le quatrième alinéa du préambule attire l'attention sur les problèmes qui affectent la viabilité de nombreux cours d'eau internationaux. Il mentionne deux grandes causes de ces problèmes, à savoir l'accroissement de la consommation et la pollution. Cela dit, l'expression «entre autres» montre bien que cette brève énumération n'est qu'indicative.

11. Le cinquième alinéa du préambule évoque les effets concrets qu'aura la convention, qui «permettra d'utiliser, de mettre en valeur, de conserver, de gérer et de protéger les cours d'eau internationaux, ainsi que de promouvoir l'utilisation optimale [et durable]» au bénéfice des générations actuelles et futures. On constatera que l'expression «et durable» figure entre crochets car on attend la conclusion des délibérations dont fait l'objet l'article 5, où la même expression figure également entre crochets. On constatera également que le terme «convention» est suivi du terme «cadre». Il faut rappeler à ce propos qu'aux paragraphes 2 et 4 du commentaire de la CDI relatif à l'article 3, ainsi qu'au paragraphe 3 de la résolution 49/52 de l'assemblée générale, il est question d'un «accord-cadre» et d'une «convention-cadre». Le Comité de rédaction a estimé qu'il convenait de rappeler ces références, sans se prononcer sur leur signification.

/...

12. Au sixième alinéa du préambule, est affirmée l'importance de la coopération internationale et du bon voisinage dans l'utilisation des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation. Le septième alinéa du préambule va de soi, il ne fait qu'attirer l'attention sur la situation et les besoins particuliers des pays en développement.

13. Le huitième alinéa du préambule est tout entier placé entre crochets. À la vérité, les délégations ont émis à son propos des opinions divergentes. Certaines ont soutenu qu'il fallait rappeler que la souveraineté des États s'étendait aux parties des cours d'eau internationaux se trouvant sur leur territoire – dans la mesure où l'exercice de cette souveraineté reste conforme au droit international – en soulignant en même temps que ces États avaient la responsabilité directe des mesures qu'il convenait de prendre. D'autres délégations ont estimé qu'évoquer ainsi la souveraineté des États pouvait donner lieu à des équivoques, car l'objet de la convention est justement d'imposer certaines restrictions à cette liberté en matière d'utilisation des cours d'eau internationaux.

14. Le neuvième alinéa du préambule rappelle les principes et les recommandations qui figurent dans la Déclaration de Rio et Action 21. Il a semblé utile de mentionner ces deux textes car la Convention traite entre autres choses de la question de la protection et de la conservation des cours d'eau internationaux.

15. Le dixième alinéa du préambule rappelle l'existence de divers accords bilatéraux ou multilatéraux régissant les utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation. Le onzième alinéa du préambule reconnaît que le projet de convention en voie d'élaboration se fonde sur le projet d'articles rédigé par la Commission du droit international. Dans ce paragraphe, l'Assemblée générale exprimerait sa reconnaissance à la Commission.

16. Enfin, le douzième alinéa du préambule renvoie à la résolution 49/52 de l'Assemblée générale, en vertu de laquelle a été créé le Groupe de travail. Ce paragraphe est suivi de la formule classique par laquelle se concluent les préambules : «Sont convenues de ce qui suit».

17. Pour ce qui est du paragraphe 3 de l'article 3, le Comité de rédaction recommande de ne pas modifier le texte proposé par la Commission du droit international. Il faudrait donc éliminer les crochets qui entourent le membre de phrase «appliquent et adaptent» qui figure dans le document A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1. Par voie de conséquence, il faut supprimer les crochets qui figurent aussi au paragraphe 5.

18. Cela dit, le Comité de rédaction tient à faire connaître l'entente dont ce paragraphe fait l'objet, à savoir :

«Il est entendu que la présente Convention servira de modèle aux futurs accords de cours d'eau et que, une fois conclus, ces accords ne modifieront ni les droits ni les obligations fixés dans la présente Convention, sauf quand ils en disposeront eux-mêmes autrement.»

/...

19. Le Comité n'a pu décider si ce texte, qui est consigné mot à mot dans le compte rendu analytique, est suffisant en lui-même ou doit être repris ailleurs. Les consultations sur ce point se poursuivent.

20. L'article 7 est une disposition importante. Le Groupe de travail plénier et le Comité de rédaction ont passé plusieurs jours à l'examiner et à se consulter à son propos. À la session en cours, le Canada a été désigné comme coordonnateur des travaux sur cet article et les consultations se sont poursuivies entre délégations intéressées à la deuxième session du Comité de rédaction. Mais le Canada a fait savoir que les consultations n'avaient pas abouti et qu'elles devaient se poursuivre.

21. Quant à l'article 33, il faut regretter que le Comité de rédaction ne soit pas en mesure de présenter de texte. On se rappellera que le débat dont il a fait l'objet au Groupe de travail a fait apparaître des divergences d'opinion très marquées entre délégations. Ces mêmes divergences sont réapparues au Comité de rédaction. Certaines délégations étaient en faveur d'une disposition simple, stipulant uniquement que les différends nés de l'application de la convention devaient être réglés par des voies pacifiques. À leur avis, il fallait laisser aux États toute latitude pour choisir la façon dont ils résoudraient leurs conflits. Une procédure obligatoire non seulement n'avait aucune utilité pratique du point de vue de l'efficacité de la convention, mais encore risquait d'aller à l'encontre du but recherché en dissuadant certains États d'y adhérer. D'autres délégations au contraire préféraient que l'on indique clairement une procédure de règlement des différends, à la fois obligatoire et contraignante. Ces délégations estimaient que la Convention ne serait efficace que s'il était évident qu'il existait un mode à la fois obligatoire et contraignant de résolution des différends si les États ne respectaient pas les dispositions de la convention. Ces délégations estimaient aussi que certaines des questions auxquelles touchaient la convention était exprimées en termes généraux et que si les parties ne pouvaient s'entendre sur leur signification exacte, il fallait s'assurer qu'en dernier recours la question serait réglée à l'issue d'une procédure obligatoire et contraignante. Un autre groupe de délégations encore jugeait que beaucoup d'États n'accepteraient pas une procédure de cette nature. Pour que l'approbation de la Convention ne soit pas fonction de l'approbation de telles procédures, il valait peut-être mieux à leur avis formuler la question du règlement des différends de manière souple, c'est-à-dire laisser aux parties le soin de choisir leur méthode de règlement, en sus d'une procédure obligatoire, mais non contraignante, d'établissement des faits ou de conciliation. Cette procédure pourrait également prévoir un système de choix positif. En conséquence, au moment de ratifier l'instrument ou par la suite, les États pourraient choisir un mode de règlement obligatoire de leurs conflits. Cette façon de procéder, à dire vrai, est un juste milieu entre les méthodes antérieures. On peut espérer qu'elle sera soutenue par la majorité des délégations. C'est donc dans cette hypothèse qu'a été proposé le texte de l'article 33 qui figure dans le document WG/CRP.83. Les consultations sur cet article se poursuivront dans l'espoir de présenter sous peu un rapport à ce sujet.

22. Les articles 34 à 37 regroupent les clauses finales. On se souviendra que, dans le projet de la CDI, ces clauses finales n'existaient pas. Au cours des

/...

délibérations du Groupe de travail sur diverses propositions qui lui étaient faites, l'Irlande a présenté au nom de l'Union européenne et de ses États membres un projet rédigé de telle manière que les organisations d'intégration économique régionale pouvaient devenir parties à la Convention. Le Comité de rédaction s'est montré favorable à cette proposition. Aussi, dans le texte des articles 34 à 37 sur lequel ces membres se sont accordés, la possibilité de l'adhésion à la convention de ces organisations est-elle prévue.

23. À l'article 34, qui traite de la signature de la convention, il est permis à tous les États ou organisations régionales d'intégration économique de signer l'instrument. Comme le terme «organisation d'intégration économique» n'est pas expliqué dans la convention elle-même, le Comité de rédaction a décidé que la définition figurerait dans les «Expressions employées».

24. On constatera également que la date de la signature est laissée en blanc. Le Comité de rédaction s'en est tenu à la pratique habituelle qui veut que la convention reste ouverte à la signature pendant un an au siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York. Les dates seront précisées lorsque le texte de la convention sera approuvé par l'Assemblée générale.

25. L'article 35 porte sur les «ratification, acceptation, approbation ou adhésion». Le Comité de rédaction a décidé qu'au lieu de prévoir deux articles (l'un sur la ratification, l'acceptation et l'approbation, l'autre sur l'adhésion), il y en aurait un seul qui couvrirait toutes les modalités à la fois. Telle est la pratique qui a été suivie pour les traités récents, qui a l'avantage de simplifier la rédaction et de réduire le nombre d'articles. L'article 35 est rédigé dans les formes habituelles.

26. Au paragraphe 1, il est précisé que la convention sera soumise à ratification, acceptation, approbation ou adhésion par les États et les organisations d'intégration économique. Elle restera ouverte à l'adhésion à compter du lendemain du jour où elle sera fermée à la signature. Le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies sera le dépositaire des instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

27. Le paragraphe 2 traite des relations entre d'une part les organisations d'intégration économique et leurs États membres et, de l'autre, les autres États. Il y est précisé que lorsque l'une de ces organisations devient partie à la Convention sans qu'aucun de ses États membres n'en soit lui-même signataire, l'Organisation reste tenue des obligations qu'impose la convention. Cependant, si un ou plusieurs États membres de cette organisation sont parties à la Convention, l'organisation et ses États membres décideront de leurs responsabilités respectives quant à l'exécution des obligations en question. En tel cas, l'organisation et ses États membres ne seront pas habilités à exercer concurremment les droits qu'ouvre la convention.

28. Le paragraphe 3 porte également sur la situation particulière des organisations régionales qui deviennent parties à la convention. Il précise que, dans leurs instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, ces organisations devront indiquer l'étendue de leur compétence dans

/...

les domaines relevant de la convention. Elles informeront le Secrétaire général de toute modification substantielle de l'étendue de leur compétence.

29. L'article 36 est consacré à l'entrée en vigueur de la convention. Le paragraphe 1 porte sur deux questions : la date d'entrée en vigueur et le nombre d'instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion nécessaires pour que cette entrée en vigueur soit effective. Comme on peut le constater, le Comité de rédaction n'a pu s'entendre sur ce nombre. Les opinions étaient partagées selon trois points de vue. Le premier voulait que la convention entre en vigueur le plus tôt possible, ce qui signifiait que l'on devait fixer le seuil assez bas. Cela permettrait à la convention d'entrer en vigueur à l'égard des États souhaitant s'engager dans les termes qu'elle fixait. Selon ce point de vue, les États souhaitant que la convention ait un effet obligatoire à leur égard, pouvaient se contenter d'y devenir partie. Selon un autre point de vue, si on fixait le seuil plus haut, non seulement beaucoup d'États de cours d'eau deviendraient parties à la convention, mais cela augmenterait aussi les chances que tous les États d'un même cours d'eau soient tenus par les dispositions. Selon le troisième point de vue enfin, il était plus réaliste de trouver un moyen terme entre les deux principes antagonistes : la convention serait d'autant mieux soutenue que le nombre d'instruments de la ratification ne serait ni trop élevé ni trop faible. Le Comité de rédaction n'a pas réussi à faire converger ces points de vue. Le chiffre 22 correspond à un seuil faible, le chiffre 60 à un seuil élevé. Les chiffres 30 et 35 correspondent à l'opinion de ceux qui préféraient un terme moyen.

30. Pour ce qui est de la date d'entrée en vigueur, le Comité de rédaction a décidé qu'elle serait le quatre-vingt dixième jour suivant la date du dépôt du nombre nécessaire d'instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion auprès du Secrétaire général.

31. Le paragraphe 2 vise le cas de l'État ou de l'organisation d'intégration économique qui ratifie, accepte ou approuve la Convention ou y adhère après le dépôt du nombre requis d'instruments. Pour cet État ou cette organisation, la Convention entre en vigueur le quatre-vingt dixième jour suivant la date du dépôt par cet État ou cette organisation de son instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

32. Le paragraphe 3 cherche à éviter les chevauchements en précisant que l'instrument déposé par une organisation régionale d'intégration économique n'est pas considéré comme venant en sus des instruments déposés par les États membres de cette organisation.

33. L'article 37 définit les textes qui font foi. Le libellé en est classique et se passe de commentaire.

34. Le PRÉSIDENT indique que la déclaration que vient de faire le Président du Comité de rédaction fait partie intégrante du rapport de celui-ci. Par conséquent, il considère qu'elle doit figurer intégralement dans le compte rendu analytique de la séance.

35. Il en est ainsi décidé.

/...

36. Le PRÉSIDENT invite le Groupe de travail à examiner le premier rapport du Comité de rédaction, présenté à la 24e séance de la Commission, sous la cote A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1.

37. M. GONZALEZ (France) indique qu'il y a des relations entre certains articles qui restent encore à débattre, en particulier entre les articles 3 et 7, circonstance dont il faudrait tenir compte dans la décision finale.

38. Le PRÉSIDENT convient qu'il existe effectivement des rapports entre les articles en question et qu'il faudra trouver une solution prenant en considération l'ensemble des articles à l'examen. Il invite les délégations à faire diligence et à éviter les répétitions. Quant à l'article 10, le débat qui devait y être consacré a été reporté à la demande du représentant de l'Afrique du Sud.

Partie III. Mesures projetées

Article 11. Renseignements sur les mesures projetées

39. M. AMARE (Éthiopie) rappelle que son pays a réservé sa position sur l'ensemble de la partie III, c'est-à-dire les articles 11 à 19.

40. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ad referendum l'article 11.

41. Il en est ainsi décidé.

Article 12. Notification des mesures projetées pouvant avoir des effets négatifs

42. Le PRÉSIDENT rappelle que la Turquie a réservé sa position sur les articles 12 à 19 et propose de modifier les articles 12 à 15. Les délégations ont déjà exprimé leur point de vue, qui est consigné dans les comptes rendus analytiques A/C.6/51/SR.20 et 21 des séances tenues le 14 octobre 1996.

43. M. AMARE (Éthiopie) propose de modifier le titre de l'article 12 de manière qu'il se lise «Notification des mesures projetées pouvant avoir des effets négatifs significatifs», ce qui serait conforme au texte même de l'article.

44. M. ISKIT (Turquie) dit que sa délégation maintient la réserve qu'elle a faite sur l'ensemble de la partie III et, rappelant qu'elle a proposé de modifier les articles 12 à 19, déclare qu'elle ne peut accepter l'approbation ad referendum de ces dispositions.

45. Mme FAHMI (Égypte) approuve le titre que le Comité de rédaction a donné à l'article 12. Elle préférerait que l'on modifie le terme «significatifs» qui figure dans le texte même.

46. M. ROSENSTOCK (Expert consultant) dit que la meilleure façon de résoudre les difficultés que soulèvent les titres est de se rappeler qu'ils sont choisis par commodité et qu'ils sont sans effet normatif.

/...

47. M. SALINAS (Chili) n'a aucune objection à formuler à l'égard de l'article 12 mais constate que le titre de celui-ci ne correspond pas à son contenu; il propose donc d'ajouter le qualificatif «significatifs» après «effets négatifs».

48. M. HABİYAREMYE (Rwanda) dit que le titre de l'article 12 devrait coïncider avec le contenu de la disposition elle-même. Il est donc en faveur de l'adjonction du qualificatif «significatifs».

49. M. HAMID (Pakistan) appuie la représentante de l'Égypte qui souhaite que l'on modifie le terme «significatifs» qui suit «effets négatifs» dans le corps du texte.

50. M. DEKKER (Pays-Bas) pense qu'il ne faudrait pas modifier le texte et propose de supprimer dans le titre le membre de phrase «pouvant avoir des effets négatifs». Le titre deviendrait «Notification des mesures projetées», ce qui correspond à l'article 11, «Renseignements sur les mesures projetées» et au texte de l'article 13, qui parle des «mesures projetées».

51. Mme LADGHAM (Tunisie) pense que le terme «significatifs» ne devrait pas figurer dans le titre et que la proposition des Pays-Bas mérite d'être retenue.

52. M. LOIBL (Autriche) appuie la proposition des Pays-Bas et des autres délégations qui préfèrent ne pas toucher au texte mais raccourcir le titre.

53. M. SALINAS (Chili) dit que la proposition des Pays-Bas ne correspond pas tout à fait au contenu des articles. L'article 11 parle des mesures projetées sans qualifier les effets négatifs qu'elles peuvent avoir, alors que l'article 12 fixe l'obligation de notifier les mesures projetées pouvant avoir des effets négatifs significatifs. C'est pourquoi il maintient la proposition tendant à ajouter le qualificatif «significatifs» au titre.

54. M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction) rappelle que le terme «significatifs» apparaît sous deux formes dans le texte de la Convention : au paragraphe 2 de l'article 4, où il a été décidé de le conserver, et dans diverses autres dispositions où il est question de «dommages significatifs», avec renvoi à la note 31. Au cours des réunions du Comité de rédaction, il a été décidé de ne pas soulever la question car elle est liée à l'article 17 et il faudra y revenir quand celui-ci sera achevé.

55. M. P. S. RAO (Inde), auquel se joignent M. BOCALANDRO (Argentine) et M. LOGIZA (Bolivie), appuie le texte recommandé par le Comité de rédaction et la proposition des Pays-Bas tendant à raccourcir le titre.

56. M. KASME (République arabe syrienne) se range à l'avis de la délégation égyptienne. Il faut en effet harmoniser le titre avec le texte de l'article même. Le terme «significatifs» n'est pas aussi important dans le contexte de la notification qu'il peut l'être dans celui des «dommages significatifs». Il propose donc de dire «pouvant causer un dommage» dans le titre et «pouvant causer un dommage significatif» dans le texte.

/...

57. M. ZHOU Jian (Chine) pense qu'il conviendrait d'abrégier le titre, comme l'ont proposé les Pays-Bas. L'obligation de notification est clairement exprimée dans le titre et, si on modifie celui-ci, la Chine aura des réserves à formuler.

58. M. HARRIS (États-Unis d'Amérique) souscrit aux observations présentées par l'Inde, auxquelles il ajoute deux remarques. En premier lieu, il se dit partisan de conserver les termes choisis par le Comité de rédaction. En deuxième lieu, il introduit une distinction entre les mesures projetées pouvant avoir des effets négatifs significatifs et les mesures qui ont effectivement des effets significatifs. La Commission du droit international a fixé un seuil de notification inférieur à celui que prévoit l'article 7. Quant à la question soulevée par la Chine, M. Harris rappelle que les titres ne créent ni obligation ni droit et qu'ils sont choisis pour des raisons de commodité. Mais, pour faire droit aux inquiétudes exprimées par certaines délégations, on pourrait reformuler le titre dans le sens indiqué par les Pays-Bas et dire «Notification de certaines mesures projetées».

59. M. SVIRIDOV (Fédération de Russie) ne voit pas d'inconvénient à maintenir le titre recommandé par le Comité de rédaction ni à l'abrégier non plus comme l'ont proposé les Pays-Bas car, lorsqu'on lit l'article, on voit bien de quoi il s'agit. La Fédération de Russie n'a rien à redire à un titre comme «Notification de certaines mesures projetées».

60. M. LEE (République de Corée) partage l'opinion de la délégation des Pays-Bas.

61. Le PRÉSIDENT dit que le terme «significatifs» apparaît dans toute la convention et qu'il lui semble que l'on ne peut résoudre les problèmes terminologiques soulevés par chaque article avant que ne s'achèvent les consultations en cours à propos de l'article 7. Il propose par conséquent de laisser le terme «significatifs» jusqu'à la fin des travaux sur les autres articles. Quant au problème des titres, il n'est pas si important.

62. M. ZHOU Jian (Chine) approuve la proposition des États-Unis tendant à choisir pour titre «Notification de certaines mesures projetées».

63. M. ISKIT (Turquie) attire l'attention des membres du Groupe de travail sur le texte que sa délégation a proposé et qui figure à la note 18 du document A/C.6/51/NUW/WG/L.1/Rev.1. Il rappelle que la Turquie a réservé sa position sur les articles 12 à 19.

64. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail a pris note de la position de la délégation de la Turquie et demande à celle-ci de faire connaître les résultats des consultations qu'elles a eues avec les autres délégations sur ce point.

65. M. KASME (République arabe syrienne) estime que la proposition des États-Unis serait source de confusion et qu'elle introduirait une divergence entre l'article et son titre.

/...

66. Mme LADGHAM (Tunisie) souscrit à la déclaration de la République arabe syrienne.

67. M. CANELAS DE CASTRO (Portugal) pense que la proposition des États-Unis ne fait pas l'unanimité comme semble le faire la proposition des Pays-Bas. Il se demande si les Pays-Bas eux-mêmes ne seraient pas disposés à accepter la proposition des États-Unis. Cela dit, le Portugal appuie la proposition des Pays-Bas.

68. M. ROSENSTOCK (Expert consultant) rappelle que le titre des articles n'a aucun effet normatif.

69. M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam) ne voit pas pourquoi on insiste pour employer le terme «certaines», qui limite le nombre de mesures dont il s'agit, si le titre ne fait pas partie du fond de l'article. Il se déclare en faveur de la proposition des Pays-Bas.

70. M. PASTOR RIDRUEJO (Espagne) dit que sa délégation restera tout à fait conciliante pour ce qui est du titre de l'article, mais qu'elle préfère la solution des Pays-Bas.

71. M. PRANDLER (Hongrie) dit que le terme «certaines» n'aurait aucun sens. Il se déclare en faveur de la proposition des Pays-Bas.

72. M. ADAM (Soudan) dit que, puisque le titre de l'article n'a pas d'effet normatif, il faudrait s'occuper d'approuver le texte de l'article lui-même.

73. M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam) dit que si la proposition des Pays-Bas ne fait pas l'unanimité, elle est plus largement soutenue que celle des États-Unis. Il faudrait à son avis revenir plus tard sur la question.

74. M. ZHOU Jian (Chine) dit que le membre de phrase que les Pays-Bas proposent de supprimer restreint le nombre de mesures dont il s'agit. Si on l'élimine en fait, il faudrait ajouter «certaines» avant «mesures» pour conserver ce caractère restrictif. La Chine s'oppose à toute modification du texte d'origine.

75. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail décide de remettre à plus tard le choix du titre de l'article 12, pour se consulter à ce propos, et qu'il souhaite approuver ad referendum le texte de l'article.

76. Il en est ainsi décidé.

Article 13

77. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le texte de l'article 13 ad referendum.

78. Il en est ainsi décidé.

/...

Article 14

79. M. PREDA (Roumanie) présente deux propositions à propos de l'article 14. La première consiste à insérer à l'alinéa a), après «évaluation précise» le terme «des mesures projetées». La deuxième consiste à supprimer totalement l'alinéa b), d'une part parce que son contenu se retrouve au paragraphe 3 de l'article 17, et d'autre part parce qu'il ne semble pas tenir compte de l'article 8, déjà approuvé, relatif à la coopération de bonne foi entre États du cours d'eau. Il met en question la bonne foi des États et, concrètement, celle de l'État auteur de la notification.

80. M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction) dit que le Comité n'a pas jugé nécessaire d'ajouter une qualification à l'alinéa a) de l'article 14, car il est évident que cette disposition fait suite à l'article 13, où il est explicitement question des «mesures projetées».

81. M. KASME (République arabe syrienne) souscrit à ce que vient de dire le Président du Comité de rédaction. Il souhaiterait d'autre part que l'on ajoute à la fin de la version arabe de l'alinéa a) de l'article 14 la conjonction qui manque, ce qui rendrait la version arabe conforme à la version anglaise.

82. M. DEKKER (Pays-Bas), M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam) et M. HANAFI (Égypte) appuient la déclaration du Président du Comité de rédaction.

83. M. PREDA (Roumanie) retire sa première proposition.

84. M. AMARE (Éthiopie) appuie la deuxième proposition de la Roumanie car, à son avis, le texte de l'alinéa b) de l'article 14 donne l'impression que la réalisation des mesures projetées est laissée au gré de l'État qui a reçu la notification, au lieu d'insister sur la coopération et la négociation entre les divers États concernés.

85. M. MANONGI (République-Unie de Tanzanie) appuie également la deuxième proposition de la Roumanie, et considère que les États qui ont reçu notification pourraient facilement abuser des droits et des privilèges que leur reconnaît l'alinéa b) de l'article 14. De surcroît, cet alinéa associe deux problématiques qui laissent les États exécuter des mesures découlant d'autres accords déjà en vigueur mais qui tombent sous le coup de la convention en voie d'élaboration.

86. M. ROSENSTOCK (Expert consultant) dit que lorsque l'on a rédigé le projet de convention, on a pris grand soin de ne pas donner aux États qui reçoivent la notification une sorte de droit de veto. L'objet de l'alinéa b) de l'article 14 est d'aider les États du cours d'eau à s'assurer que toute mesure projetée est compatible avec les obligations qui leur incombent en vertu des articles 5 et 7 du projet. D'autre part, l'alinéa b) de l'article 14 et le paragraphe 3 de l'article 17 visent des cas différents et prévoient des délais différents. On se souviendra à ce propos que le titre actuel de l'article 14 a été soigneusement élaboré pour bien montrer que l'alinéa b) de cet article ne s'appliquait que pendant le délai visé à l'article 13, c'est-à-dire la première période de six mois accordée pour la réponse.

/...

87. M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam), M. KASME (République arabe syrienne), M. CANCHOLA (Mexique), M. HARRIS (États-Unis d'Amérique), M. HANAFI (Égypte), M. AL-WITRI (Iraq), M. P. S. RAO (Inde), M. SABEL (Israël), M. BOCALANDRO (Argentine), M. SALINAS (Chili) et M. PULVENIS (Venezuela) sont d'avis de conserver l'alinéa b) de l'article 14 sous sa forme actuelle.

88. Mme KALEMA (Ouganda) dit que si l'alinéa b) ne doit s'appliquer que pendant le délai de six mois dont il est question à l'article 13, l'Ouganda est d'avis de le maintenir. Mais s'il s'applique au-delà du délai en question, il vaut mieux le supprimer.

89. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail approuve ad referendum la version actuelle de l'article 14.

90. Il en est ainsi décidé.

Article 15

91. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le texte de l'article 15 du projet de convention ad referendum.

92. Il en est ainsi décidé.

Article 16

93. M. HAMID (Pakistan) dit que sa délégation a du mal à accepter le texte de l'article 16, surtout le paragraphe 1. Celui-ci est dangereux en ce qu'il permet à n'importe quel État d'entreprendre la réalisation de mesures projetées en excipant de l'urgence. De surcroît, ce paragraphe est dans une certaine mesure en contradiction avec l'alinéa b) de l'article 14 et avec le paragraphe 3 de l'article 17, qui interdisent de réaliser les mesures projetées sans le consentement de l'État qui a reçu notification.

94. M. ROSENSTOCK (Expert consultant) précise que le paragraphe 1 de l'article 16 vise uniquement à empêcher que l'État qui a reçu notification n'exerce, en s'abstenant de répondre, un veto inadmissible. À son avis, le paragraphe considéré n'a rien à voir avec les cas d'urgence et ne contredit pas le paragraphe 3 de l'article 17.

95. M. KASME (République arabe syrienne) approuve le texte actuel de l'article 16, mais rappelle les articles 5 et 7 du projet de convention. Il souligne que pour comprendre ces deux derniers articles, il faut définir les notions de «participation équitable» et de «dommages significatifs», ce qui n'a pas été fait. Il ajoute que cette mise au point rendrait également plus intelligible l'article 6.

96. Le PRÉSIDENT, appuyé par M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction), explique que, selon son interprétation, lorsqu'un État du cours d'eau réalise les mesures projetées, il doit respecter les principes sur lesquels s'appuie la convention, notamment ceux que consacrent les articles 5, 6 et 7. D'autre part, comme le Pakistan a accepté le texte de l'article 16 après avoir reçu les

/...

éclaircissements donnés par l'Expert consultant, le Groupe de travail semble souhaiter approuver l'article 16 ad referendum.

97. Il en est ainsi décidé.

Article 17

98. M. AMER (Égypte), qui avait réservé son opinion sur le paragraphe 3 de l'article 17, dit que ce paragraphe propose actuellement d'établir un lien entre le délai de suspension de l'exécution des mesures projetées et le règlement pacifique du différend dont il s'agit. Il lui semble que ce lien correspond à la réalité des choses et il se déclare disposé à négocier la proposition.

99. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ad referendum les paragraphes 1 et 2 de l'article 17.

100. Il en est ainsi décidé.

101. Le PRÉSIDENT, appelant l'attention sur le paragraphe 3 de l'article 17, rappelle que le Portugal a proposé une formulation différente qui figure entre crochets. S'étant enquis du sentiment des délégations, il a pu conclure qu'elles étaient plus nombreuses à s'opposer à cette proposition qu'à l'accepter. L'objet essentiel du paragraphe en cause est de régler les cas où intervient une commission d'établissement des faits, ce qui le relie à l'article 33, relatif au règlement des différends. Le Président du Comité de rédaction poursuivant ses travaux de coordination sur ce dernier point, il serait judicieux de surseoir à la décision sur le paragraphe 3 de l'article 17 jusqu'à l'issue de ces consultations.

102. Il en est ainsi décidé.

Article 18

103. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ad referendum les paragraphes 1 et 2 de l'article 18.

104. Il en est ainsi décidé.

105. Le PRÉSIDENT, appelant l'attention sur le paragraphe 3 de l'article 18, rappelle que le Portugal a fait une proposition, qui figure entre crochets, qui n'a pas été acceptée par l'ensemble du Comité de rédaction. Comme le paragraphe en cause évoque également la question de l'établissement des faits, il serait judicieux de surseoir à la décision jusqu'à l'aboutissement des consultations que le Président du Comité de rédaction est en train de tenir à propos du règlement des différends.

106. Il en est ainsi décidé.

/...

Article 19

107. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ad referendum l'article 19.

108. Il en est ainsi décidé.

Article 20

109. Le PRÉSIDENT, se référant à l'article 20, rappelle que la Chine a proposé de remplacer le membre de phrase «préservent les écosystèmes» par «maintiennent l'équilibre écologique». Cette proposition a été consignée dans le compte rendu analytique de la 21e séance.

110. M. SVIRIDOV (Fédération de Russie), M. PASTOR RIDRUEJO (Espagne), M. ISKIT (Turquie), M. CHIRANOND (Thaïlande), M. EL-MUFTI (Soudan) et M. AMARE (Éthiopie) appuient la proposition de la Chine.

111. M. DEKKER (Pays-Bas) pense que la proposition de la Chine restreint la notion de préservation des écosystèmes. Selon la définition qu'en donne la Convention sur la diversité biologique, un «écosystème» est un ensemble dynamique de biotopes végétaux, animaux et de micro-organismes et de leur milieu non vivant dont les interactions font une unité fonctionnelle. Le texte actuel se réfère à une notion de protection plus large que le simple maintien de l'équilibre écologique. Par conséquent, les Pays-Bas sont en faveur du libellé actuel de l'article.

112. M. TANZI (Italie) et M. PRANDLER (Hongrie) souscrivent aux propos du représentant des Pays-Bas.

113. Mme LEHID (Finlande) est en faveur du texte d'origine et souhaiterait qu'on le maintienne tel quel, pour les raisons exposées par les Pays-Bas et la Hongrie.

114. M. RAMEOS (Malaisie), Mme VARGAS DE LOSADA (Colombie), M. JABER (Liban), M. PFIRTER (Observateur de la Suisse) et M. HABIYAREMYE (Rwanda) appuient la proposition de la Chine.

115. M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam), M. PATRONAS (Grèce), Mme LADGHAM (Tunisie), M. SALINAS (Chili) et M. LEE (République de Corée) appuient le libellé actuel de l'article 20.

116. Mme BARRETT (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) appuie le texte actuel, pour les raisons exposées par les Pays-Bas.

117. M. PULVENIS (Venezuela) dit que, comme la délégation du Royaume-Uni, il préfère que l'on conserve la mention des «écosystèmes» telle qu'elle figure dans le texte actuel.

/...

118. M. CANELAS DE CASTRO (Portugal) est lui aussi en faveur du texte d'origine et rappelle que sa délégation a souventes fois fait allusion à la conception systémique de l'environnement qui a été adoptée à Rio.

119. Mme GAO Yanping (Chine) dit qu'après mûre réflexion, sa délégation pense que l'objet de la convention est une meilleure exploitation des cours d'eau internationaux. Il ne s'agit pas d'une convention sur la protection de l'environnement, pour laquelle il faudrait utiliser une définition plus précise, qui la rendrait acceptable par le plus grand nombre d'États possible.

120. M. P. S. RAO (Inde) approuve la déclaration que vient de faire la délégation chinoise et propose de remplacer «préservent les écosystèmes» par «maintiennent l'équilibre écologique».

121. Le PRÉSIDENT rappelle que cette substitution a été proposée par la Chine à la séance que le Groupe de travail a tenue le 15 octobre 1996 et qu'elle a été reprise par le Comité de rédaction. Le paragraphe 2 du commentaire de la Commission du droit international donne des explications sur la terminologie utilisée. Le Président croit comprendre que l'article jouit de l'appui général et décide de remettre la décision jusqu'au moment où l'on se sera entendu sur la terminologie.

122. Mme GAO Yanping (Chine) dit que le report de la décision est une excellente idée mais qu'il ne lui semble pas que l'article en cause jouisse de l'appui général. La majorité des délégations se sont déclarées en faveur de la proposition chinoise.

123. M. ROSENSTOCK (Expert consultant) exprime sa perplexité devant le fait qu'on n'ait pas expliqué la différence qu'il y avait entre «écosystèmes» et «équilibre écologique». Si l'on veut substituer une expression à l'autre, encore faut-il qu'il y ait une raison. Si la Commission du droit international préfère dire «préservent les écosystèmes» c'est que l'expression lui paraissait meilleure et qu'elle l'a pour cela retenue.

124. Le PRÉSIDENT, se référant à la déclaration de la Chine, dit que le texte actuel jouit de l'acceptation générale puisqu'il provient du Comité de rédaction.

Article 21

Paragraphe 1

125. Le Président constate qu'il n'y a pas de proposition d'amendement. Il croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ce paragraphe.

126. Il en est ainsi décidé.

Paragraphe 2

127. Le PRÉSIDENT rappelle que le paragraphe 2 est assorti d'une note sur le terme «dommages significatifs», que l'on reverra à la lumière du texte de

/...

l'article 7. Il faudra donc revenir sur le paragraphe à l'examen quand seront achevées les consultations.

128. M. HARRIS (États-Unis d'Amérique) déclare qu'à en juger par le commentaire de la Commission du droit international sur le paragraphe 2 de l'article 21 et sur les articles 22 et 23, l'obligation qui reste bien établie est l'obligation de diligence. Or, on voit mal, dans les articles eux-mêmes, si c'est bien cette obligation de diligence qui est imposée ou une obligation d'une autre nature. Les États-Unis pensent qu'il faudrait, pour éviter toute ambiguïté ultérieure, faire bien comprendre que les articles visent à imposer l'obligation de diligence.

129. M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction) dit que même si le Comité de rédaction n'a pas souhaité que cela soit dit expressément, il est entendu que les articles n'imposent pas une obligation absolue, c'est-à-dire une obligation de résultat, mais une obligation de diligence.

130. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ad referendum le paragraphes 2 de l'article 21, étant entendu qu'il reviendra sur la question des «dommages significatifs».

131. Il en est ainsi décidé.

Paragraphe 3

132. Le PRÉSIDENT donne lecture des deux versions proposées du paragraphe 3 de l'article 21 : l'une parle des mesures et des méthodes en termes généraux, l'autre donne des exemples.

133. M. LAMMERS (Président du Comité de rédaction) explique que les deux positions se distinguent par la ponctuation: les crochets sont ouverts deux fois, à savoir au début du paragraphe puis après le terme «international», à la quatrième ligne. Les deux crochets se ferment à la fin du paragraphe.

134. Le PRÉSIDENT, M. HARRIS (États-Unis d'Amérique) et M. SVIRIDOV (Fédération de Russie) font des déclarations sur l'organisation des travaux.

La séance est levée à 13 h 5.

Assemblée  générale

CINQUANTE ET UNIÈME SESSION

Documents officiels

SIXIÈME COMMISSION
62e séance
tenue le
vendredi 4 avril 1997
à 15 h
New York

COMPTE RENDU ANALYTIQUE DE LA DEUXIÈME PARTIE** DE LA 62e SÉANCE

Président : M. YAMADA (Japon)

(Président du Groupe de travail plénier chargé d'élaborer
une convention internationale sur le droit relatif aux
utilisations des cours d'eau internationaux à des fins
autres que la navigation)

SOMMAIRE

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS
DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

* Nouveau tirage pour raisons techniques.

** Le compte-rendu analytique de la première partie de la séance est publié
sous la cote A/C.6/51/SR.62.

Le présent compte rendu est sujet à rectifications. Celles-ci doivent porter la signature d'un membre
de la délégation intéressée et être adressées, dans un délai d'une semaine à compter de la date de
publication, au Chef de la Section d'édition des documents officiels, bureau DC2-0750, 2 United Nations
Plaza, et également être portées sur un exemplaire du compte rendu.

Les rectifications seront publiées après la clôture de la session, dans un fascicule distinct
pour chaque commission.

Distr. GÉNÉRALE
A/C.6/51/SR.62/Add.1*
14 octobre 1997
FRANÇAIS
ORIGINAL : ESPAGNOL

97-82057 (F)



/...

La séance est reprise à 18 h 15.

POINT 144 DE L'ORDRE DU JOUR : CONVENTION SUR LE DROIT RELATIF AUX UTILISATIONS DES COURS D'EAU INTERNATIONAUX À DES FINS AUTRES QUE LA NAVIGATION (suite)

Elaboration d'une convention-cadre sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation, sur la base du projet d'articles adopté par la Commission du droit international, compte tenu des commentaires et observations reçus des États ainsi que des vues exprimées au cours du débat lors de la quarante-neuvième session (suite)

1. Le PRÉSIDENT rappelle que le représentant de la France a invoqué le paragraphe 120 du règlement intérieur de l'Assemblée générale, qui dispose qu'en règle générale aucune proposition n'est discutée ni mise aux voix à une séance de la Commission si le texte n'en a pas été distribué à toutes les délégations au plus tard la veille de la séance. Mais il est habituel de passer outre à cette exigence lorsque les négociations se prolongent et qu'une date butoir est fixée pour la fin des travaux. Après avoir rappelé que tous les articles ont été approuvés un par un étant entendu que le document était ainsi lu dans sa totalité, il met aux voix le texte complet de la convention. Le vote enregistré a été demandé.

2. Il est procédé au vote enregistré sur l'ensemble du projet de convention.

Votent pour : Afrique du Sud, Algérie, Allemagne, Autriche, Bangladesh, Belgique, Brésil, Cambodge, Canada, Chili, Danemark, États-Unis d'Amérique, Éthiopie, ex-République yougoslave de Macédoine, Finlande, Grèce, Hongrie, Iran (République islamique d'), Italie, Jordanie, Liechtenstein, Malaisie, Malawi, Mexique, Mozambique, Namibie, Nigéria, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République arabe syrienne, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Saint-Siège, Soudan, Suisse, Thaïlande, Tunisie, Venezuela, Vietnam, Zimbabwe.

Votent contre : Chine, France, Turquie.

S'abstiennent : Argentine, Bolivie, Bulgarie, Colombie, Équateur, Égypte, Espagne, Fédération de Russie, Inde, Israël, Japon, Lesotho, Liban, Mali, Pakistan, République-Unie de Tanzanie, Rwanda, Slovaquie, Uruguay.

3. Par 42 voix contre 3, avec 19 abstentions, l'ensemble du projet de convention est approuvé.

4. M. P. S. RAO (Inde), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'il a tout fait pour favoriser l'approbation d'une convention par assentiment général, sans

/...

qu'il soit nécessaire de procéder à un scrutin. Les choses ne s'étant pas passées ainsi, il regrette d'avoir dû s'abstenir.

5. Depuis le début, les gouvernements examinent le projet de convention sous l'angle et au regard des considérations que la Commission du droit international leur a présentées. La Commission a mis des années à élaborer le projet et aucune délégation n'a eu l'occasion d'étudier les diverses questions qu'elle soulevait avec l'attention qu'elle méritait. On aurait dû conserver les articles 5, 6 et 7 sous la forme que leur avait donnée la CDI car il n'a pas été possible d'y mettre plus de soins qu'elle l'avait fait elle-même et de retrouver l'équilibre qui s'y était établi. En particulier, l'article 5, le seul qui fixe clairement les principes de l'utilisation équitable et raisonnable, a perdu sa force et sa clarté parce que l'on y a ajouté des notions indéfinissables, qui ne seront peut-être même pas utiles au niveau de l'application.

6. L'article 7 lui aussi a perdu l'équilibre que lui avait donné la CDI et laisse pour autant à désirer. L'Inde n'a rien contre le fait que l'on accorde aux considérations écologiques l'attention qu'elles méritent dans l'exploitation des ressources en eau mais, comme toute autre question d'environnement, ces considérations ne peuvent être isolées du développement, des transferts de ressources techniques et de valorisation des compétences dans tous les États, surtout dans les pays en développement. Le développement durable, la protection, la sauvegarde et l'aménagement du milieu sont des principes directeurs fondamentaux qui ne peuvent être considérés comme des règles internationales concrètes d'application directe.

7. L'Inde considère que l'article 32 sur la non-discrimination n'a pas sa place dans une convention-cadre, car il s'agit d'un principe dont l'application dépend de l'intégration économique, politique et juridique des États de chaque région. En tout état de cause, les accords conclus entre États auront toujours la priorité. Ne devraient pas non plus figurer dans la convention les questions qui relèvent du droit international privé.

8. Enfin, la délégation de l'Inde s'oppose fondamentalement à l'inclusion de dispositions sur le règlement des différends dans une convention-cadre, car elle considère que les parties à un différend doivent avoir la faculté de choisir à leur gré les voies de règlement. Une convention de cette nature devrait fixer des principes de base et des orientations générales pour la conclusion d'accords entre États voisins, sans entrer dans des détails qui ne font que rendre plus difficile la conciliation. On a raté l'occasion de se doter d'un instrument véritablement convaincant.

9. M. AMER (Égypte) dit que si sa délégation a participé aux débats de la Sixième Commission avec le plus grand intérêt et en se rendant aussi utile que possible, elle ne s'en est pas moins abstenue de voter. Elle considère d'abord que la convention ne codifie que certaines des règles coutumières du droit international et que certaines de ses dispositions sont des normes nouvelles, qui s'écartent du droit coutumier établi. De ce point de vue, elle souligne que certaines dispositions nouvelles qui échappent aux règles internationales et qui ont fait l'objet de réserves de la part de son Gouvernement, ne pourront être invoquées contre la République arabe d'Égypte à l'avenir, même si d'autres États

/...

les acceptent. L'Égypte pense que la convention-cadre ne peut vider de leur valeur juridique des coutumes qui ont toujours existé et existeront toujours, et qui sont le reflet de règles internationales établies. Elle ne peut non plus prendre le pas sur les accords bilatéraux, multilatéraux ou internationaux touchant les cours d'eau, parce que ces accords répondent aux normes générales des conventions internationales et parce que s'il en allait autrement cela se traduirait par d'incalculables dommages dans certaines régions. Pour l'Égypte, l'expression «cours d'eau internationaux» ne contredit pas la notion de «bassin hydrographique international», mais n'en pas non plus fait partie. C'est pourquoi l'emploi de ce terme nouveau ne peut en aucune façon affecter les droits ou les obligations qui découlent d'autres conventions bilatérales, régionales ou internationales, ou des coutumes établies dans les relations entre États riverains.

10. Vu l'importance que l'on accorde au principe du partage équitable des cours d'eau internationaux, la délégation égyptienne fait une réserve sur la formule absolue employée à l'article 5, qui relie ce principe à l'obligation qu'ont les États riverains de ne pas causer de dommages à d'autres États, ou qui rend équivalents ces deux principes. D'autre part, la règle de l'utilisation équitable qui figure à l'article 6 ne peut ni annuler ni remplacer les autres règles établies par le droit international coutumier. Quant à l'article 7, il n'ajoute rien au principe coutumier déjà établi et formalisé par la CDI, depuis le début de ses travaux. Le principe du droit d'utiliser les cours d'eau internationaux sans causer de dommages aux autres États est la pierre angulaire de tout régime juridique relatif aux cours d'eau internationaux convenu entre les États.

11. Enfin, M. Amer souligne que le texte approuvé est une convention-cadre, c'est-à-dire qu'il regroupe une série de principes et de règles générales relatifs aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation, mais que ces principes et ces normes, et l'application partielle ou totale qui en sera faite dans un bassin hydrographique international donné, sont subordonnés au consentement mutuel de tous les États du cours d'eau considéré. Aussi, la convention ne peut-elle s'appliquer directement aux ressources des bassins hydrographiques sauf si les États riverains se sont entendus sur les conditions d'exploitation de ce bassin. Les accords exprès tiennent compte de la nature particulière du fleuve dont il s'agit et des autres conventions bilatérales ou multilatérales, de la coutume établie quant à l'utilisation du cours d'eau en question, et les dispositions de ces accords prennent le pas sur la convention.

12. Depuis le début de sa civilisation, l'Égypte utilise le Nil et collabore avec les autres États du bassin de ce fleuve sous le couvert de règles internationales coutumières. Elle espère que la convention sera favorable à la coopération et garantira que le Nil restera source de vie pour tous les peuples de la région.

13. M. HARRIS (États-Unis d'Amérique) dit que la convention que l'on vient d'approuver est le résultat d'un long processus qui s'est essentiellement déroulé à la CDI, et que si le texte n'en est pas parfait, il offre un cadre qui pourra favoriser la bonne intelligence entre les pays. Toutes les dispositions

/...

de la convention ne relèvent pas du droit international coutumier, mais certaines des dispositions nouvelles ont une fonction vitale en ce qu'elles créent pour les parties à la convention un corpus de règles rationnelles qui faciliteront le règlement des différends, amélioreront la communication et renforceront la coopération entre États du cours d'eau.

14. M. SABEL (Israël), expliquant le vote de sa délégation, dit que bien que la convention que l'on vient d'approuver soit l'aboutissement d'un travail d'équilibrage entre divers intérêts, Israël maintient les réserves qu'il a exprimées sur divers de ses aspects, réserves pour lesquelles il s'est abstenu de voter.

15. M. CHIMIMBA (Malawi) dit que, même si sa délégation a voté pour le projet de convention, elle tient à faire officiellement connaître les réserves que lui inspirent l'alinéa c) de l'article 2, le paragraphe 4 de l'article 3, l'article 32 et l'article 33.

16. M. CAFLISCH (Observateur de la Suisse), expliquant son vote, dit qu'il s'est prononcé en faveur de la convention parce qu'il considère que c'est un instrument qui peut être utile à la Communauté internationale et qu'il représente la codification d'un principe fondamental du droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux, celui de l'utilisation équitable et raisonnable. Il juge cependant préoccupant, en premier lieu, l'absence dans le préambule d'un alinéa rappelant le principe de la souveraineté des États du cours d'eau sur le tronçon du cours d'eau qui se trouve sur leur territoire, même si cet exercice est soumis aux règles du droit international; en deuxième lieu, les paragraphes 2 et 5 et l'ambiguïté du paragraphe 3 de l'article 4; en troisième lieu, la formulation du paragraphe 2 de l'article 7, pour les raisons déjà exposées. Enfin, la Suisse ne s'est pas opposée à l'adoption de l'article 33 parce qu'elle le jugeait préférable à l'absence totale de mode de règlement des différends, encore qu'elle considère que, pour cet instrument particulier, il aurait fallu recourir en dernière instance à la voie juridictionnelle.

17. Mme GAO Yanping (Chine), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle s'est prononcée contre la convention pour deux raisons. D'abord, pour des raisons de procédure : la Chine n'a pas eu le délai de 24 heures dont elle aurait eu besoin pour informer son Gouvernement des résultats des négociations dont la convention avait fait l'objet et demander des instructions, et elle n'a pas non plus reçu la traduction officielle du texte à l'examen. D'autre part, si les articles 3, 5, 6, 7 et 33 ont été mis aux voix, beaucoup d'autres articles, qui ont été approuvés sans qu'il soit procédé à un scrutin, ont suscité des réserves chez beaucoup d'États, d'où il ressort que la convention n'a pas été approuvée par consensus universel de la communauté internationale, contrairement à la pratique des Nations Unies. Cela se révélera un inconvénient au moment de l'application. En deuxième lieu, pour des raisons de contenu, pour la Chine, la convention n'établit pas l'équilibre entre les droits et les obligations des États du cours d'eau. On ne voit pas non plus mentionné le principe de la souveraineté nationale, reconnu par le droit international et par la Charte des Nations Unies. Enfin, les dispositions relatives au règlement des différends ne correspondent pas à ce que prévoit le Chapitre VI de la Charte. Pour terminer, Mme Gao Yanping dit que la Chine maintient les réserves qu'elle a faites sur les

/...

premier et cinquième alinéas du préambule et sur les articles 5, 7, 20, 22, 33 et 36.

18. Mme VARGAS DE LOSADA (Colombie), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle s'est abstenue de voter parce que les dispositions fondamentales de la convention ne sont pas en équilibre. Elle aurait préféré qu'une convention de cette nature jouisse d'une acceptation plus générale, notamment en ce qui concerne ses dispositions fondamentales. Elle tient à faire savoir que les circonstances dans lesquelles se sont déroulées les négociations sur le texte de la Convention n'ont pas laissé le temps de travailler les diverses versions linguistiques officielles de celui-ci, qui toutes pourtant feront foi.

19. M. PASTOR RIDRUEJO (Espagne), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle s'est abstenue parce que le contenu du paragraphe 2 de l'article 7 laissait beaucoup trop à désirer. À son avis, cette disposition, qui est la clé de voûte de la Convention, n'est pas équilibrée.

20. M. GONZALEZ (France), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle s'est prononcée contre la convention-cadre parce qu'il n'a pas été tenu compte de la motion d'ordre qu'elle avait soulevée, que l'on n'a pas donné aux intervenants l'occasion d'expliquer leur vote avant de procéder au scrutin, et que l'on n'a pas exigé, pour que la convention soit approuvée, la majorité des deux tiers prévue dans le règlement. La délégation française a voté contre le texte à cause aussi de la manière dont les travaux se sont déroulés, des procédés employés pour négocier l'approbation du projet et des ambiguïtés qui entachent certaines de ses dispositions fondamentales, surtout celles qui touchent au champ d'application. D'autre part, plusieurs articles ont suscité de nombreuses réserves, ce qui signifie que la Sixième Commission ne peut considérer que ses travaux sont achevés et qu'elle ne peut donc présenter un rapport à l'Assemblée générale sur le sujet qu'on lui avait confié. Enfin, M. Gonzalez constate que le nombre de pays qui ont voté pour le projet de convention-cadre dépasse à peine le minimum de 35 États fixé pour l'entrée en vigueur de celle-ci, ce qui augure mal de son acceptation générale et de la contribution qu'elle apporte au développement du droit international et à la cause de la paix et de la sécurité internationales.

21. M. NUSSBAUM (Canada), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle a voté pour le projet de convention pour diverses raisons. En premier lieu, selon son interprétation, le paragraphe 1 de l'article 3 dispose que les accords qui sont déjà en vigueur ne peuvent être affectés par la convention. En deuxième lieu, selon son interprétation encore, le paragraphe 2 de l'article 3 n'oblige aucunement les parties, ni sur le plan juridique ni autrement, à modifier les accords qu'elles ont déjà conclus et qui sont en vigueur pour les conformer aux principes de la convention. Enfin, elle est en faveur du travail de codification du droit international en général et pense que le nouveau texte est une contribution à la cause de la paix et de la sécurité à une époque où beaucoup de cours d'eau internationaux et beaucoup de ressources en eau potable sont de plus en plus menacés par l'accroissement de la consommation et de la pollution.

22. M. SVIRIDOV (Fédération de Russie), expliquant son vote, dit qu'il s'est abstenu parce qu'il juge inacceptable l'article 32 de la convention.

/...

23. M. SMEJKAL (République tchèque), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle s'est prononcée en faveur du projet parce qu'elle souhaite promouvoir la codification et le développement progressif du droit international. Elle a cependant des réserves à faire sur diverses dispositions du texte. En premier lieu, elle a du mal à accepter le paragraphe 2 de l'article 7. En deuxième lieu, au cinquième alinéa du préambule et à l'article 5 il est question de «l'utilisation optimale [et durable]», et, à son avis, l'adjectif «durable» ne convient pas. Elle critique aussi le fait que le préambule ne contient aucun paragraphe où serait reconnue la souveraineté des États riverains sur le cours d'eau dont il s'agit. Elle regrette que la solution choisie pour résoudre le problème des relations entre les accords antérieurs ou postérieurs à la convention et celle-ci, on ait choisi une solution aussi peu claire et, finalement, inutilement compliquée.

24. M. SALINAS (Chili), expliquant la position de sa délégation, dit qu'elle a voté pour le projet de convention, malgré les réserves qu'elle avait à faire sur certaines de ses dispositions. Par exemple, la disparition de la mention de la souveraineté des États du cours d'eau sur la partie du cours d'eau qui se trouve sur leur territoire est une lacune grave, car le point de départ de tout le processus juridique est le principe de la souveraineté des États. Pourtant, le Chili estime que le projet approuvé donne des orientations utiles aux États dans la mesure où il regroupe, de façon équilibrée, les principes fondamentaux qui régissent la matière, à savoir celui de l'utilisation et de la participation équitables et raisonnables, celui du devoir de ne pas causer de dommages significatifs, celui de la coopération et celui de la protection du milieu naturel. La convention est également utile dans la mesure où elle offre un mode de règlement des différends obligatoire, notamment avec le mécanisme d'établissement des faits.

25. M. KASME (République arabe syrienne), expliquant la position de sa délégation, dit qu'elle a voté pour le projet parce qu'elle considère qu'il marque un progrès important. Elle a cependant des réserves à faire sur trois de ses articles. Pour ce qui est de l'article 5, elle souscrit à la déclaration qu'a faite la CDI au paragraphe 3 du commentaire sur cet article, qui figure dans son rapport sur les travaux de sa quarante-sixième session (A/49/10) :

«Parvenir à ce résultat optimal ne signifie pas parvenir à l'utilisation 'maximale', à l'utilisation techniquement la plus rationnelle ou à l'utilisation financièrement la plus avantageuse, et signifie bien moins encore s'assurer des profits immédiats au prix de pertes à long terme. Cela ne signifie pas non plus que l'État qui a les moyens de pratiquer l'utilisation la plus rationnelle du cours d'eau – que ce soit au sens économique, ou parce qu'il évite le gaspillage, ou dans tout autre sens – doit avoir la priorité en matière d'utilisation. Cela signifie que les États du cours d'eau s'assurent tous le maximum d'avantages possible et répondent le mieux possible à tous leurs besoins tout en réduisant au minimum les dommages causés à chacun d'entre eux et la part non satisfaite de leurs besoins.»

Pour ce qui est de l'article 7, la délégation syrienne partage également les vues de la CDI, telles que celle-ci les exprime au paragraphe 14 du commentaire

/...

sur cette disposition, à savoir qu'«une utilisation qui cause des dommages significatifs à la santé et à la sécurité des personnes est considérée comme intrinsèquement inéquitable et déraisonnable». Pour ce qui est enfin de l'article 33, la délégation syrienne est convaincue que la mise en place d'une procédure obligatoire de règlement des différends nés de l'application ou de l'interprétation de la convention est la meilleure façon de donner effet à cet instrument et d'éviter les impasses.

26. M. BENITEZ SAENZ (Uruguay), expliquant la position de sa délégation, dit qu'elle s'est abstenue de voter parce que, même si elle souscrit aux principes que la convention consacre, elle estime que le seuil de 35 États fixé à l'article 36 est trop faible pour être suffisamment représentatif dans le cas d'une convention-cadre.

27. M. LOAYZA (Bolivie), expliquant la position de sa délégation, dit qu'elle s'est abstenue de voter à cause des réserves que lui inspire la convention et dont elle a déjà fait mention, à propos surtout du paragraphe 2 de l'article 7.

28. M. BOCALANDRO (Argentine), expliquant la position de sa délégation, dit qu'il ne souhaite pas répéter les réserves qu'il a déjà exprimées sur certains articles de la convention, réserves qui figurent dans les comptes-rendus analytiques de séance. La délégation argentine s'est abstenue de voter parce que la convention soulève des problèmes sur certains points décisifs qui n'ont pas été résolus de manière satisfaisante.

29. M. CANELAS DE CASTRO (Portugal), expliquant la position de sa délégation, dit qu'elle a voté pour la convention parce que celle-ci est un jalon sur la voie de la codification et du développement progressif du droit international dans le domaine des utilisations des cours d'eau internationaux, et des eaux en général, et dans le domaine de la coopération, compte tenu surtout des limites, tant qualitatives que quantitatives, auxquelles sont soumises les eaux et leurs écosystèmes. Le Portugal estime d'autre part que l'instrument que l'on vient d'approuver devra s'appliquer sans préjudice des normes, des notions et des principes généraux du droit international de l'environnement.

30. M. DEKKER (Pays-Bas), expliquant la position de sa délégation, dit que son pays est actuellement lié par des accords de coopération en matière de cours d'eau avec les États riverains de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, c'est-à-dire avec l'Allemagne, la Belgique, la France, le Luxembourg et la Suisse. Tous ces accords sont consacrés à la prévention des inondations, à la lutte contre la pollution et à la restauration des écosystèmes aquatiques. Les Pays-Bas ont voté pour la convention parce que malgré les réserves qu'avaient exprimées la France et la Suisse, cosignataires des accords en question, ils espèrent que, conformément à l'article 3 de la convention, les accords de cours d'eau existants resteront respectés.

31. M. AL-WITRI (Iraq), expliquant le vote de sa délégation, dit qu'elle a voté pour la convention parce que celle-ci permet de codifier le droit international relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux. Les États riverains de ces cours d'eau doivent collaborer de manière constructive pour satisfaire les intérêts de tous, conformément aux accords déjà en vigueur, à la convention qui

/...

vient d'être adoptée et au droit international, et cela que les États en cause soient ou non parties à la convention. La délégation irakienne juge superflue la modification apportée à la définition de la notion d'«États du cours d'eau» proposée par la CDI et qui figure au paragraphe c) de l'article 2. Elle considère d'autre part qu'à l'article 33 il aurait fallu ajouter une disposition relative à l'arbitrage et au règlement par voie judiciaire des différends nés entre États du cours d'eau qui n'auraient pu se résoudre par d'autres voies. Enfin, l'Irak craint que le seuil de 35 États fixé pour que la convention entre en vigueur ne soit pas suffisant pour garantir l'application de celle-ci.

32. M. AMARE (Éthiopie) dit qu'après avoir formulé des réserves, la délégation éthiopienne a voté pour le projet de convention car elle considère qu'il contient les principes fondamentaux qui doivent régir l'utilisation des cours d'eau internationaux sur la base du principe de l'utilisation équitable. Ce principe est pleinement reconnu aux articles 5, 6 et 7. Il faut espérer que les doctrines ambiguës auxquelles se sont référés certains États en matière d'utilisation des cours d'eau ne seront pas prises en considération. La convention sera fort utile dans les cas où il n'y aura pas d'accord réglant l'utilisation en commun d'un cours d'eau international. Aucun État ne peut revendiquer un droit exclusif en alléguant des principes caducs et établis unilatéralement dans leur propre intérêt. La convention offre le cadre nécessaire pour que les États d'un cours d'eau négocient de bonne foi un partage équitable de leur richesse commune.

33. M. HABİYAREMYE (Rwanda) dit que sa délégation s'est abstenue de voter parce que le préambule de la convention ne parle pas de la souveraineté des États.

34. M. LAVALLE (Guatemala) regrette qu'on n'ait pu faire figurer dans le préambule le paragraphe qui traitait de la souveraineté des États, que l'on n'ait pas adopté la version de l'article 7 qui figurait dans le projet de la CDI, qui offrait l'équilibre voulu entre États d'amont et États d'aval, et que l'on n'ait pu étudier le texte dans ses diverses versions, circonstance qui a fait que l'on n'a pu amender qu'oralement la version anglaise de l'article 7.

35. M. NGUYEN QUY BINH (Viet Nam) dit que sa délégation a voté pour le projet de convention parce qu'elle croit en la codification du droit international. Elle a fait une réserve parce que le principe de la souveraineté des États n'y était pas pleinement reconnu. De toute manière, le principe de la souveraineté des États n'exonère pas ceux-ci de leur responsabilité en cas de dommage transfrontière. D'autre part, le Viet Nam considère que le texte qui a été approuvé, même s'il n'est qu'une convention-cadre, devait prévoir un mécanisme, si simple soit-il, de règlement des différends. C'est pour cela que la délégation vietnamienne a voté pour le projet de convention.

36. Mme FLORES (Mexique) considère que la convention, même s'il faut regretter qu'elle n'ait pu être approuvée sans être mise aux voix, est un progrès marquant sur la voie de la codification et du développement progressif du droit international, qui améliorera la coopération et la communication entre les États et facilitera la conservation et la sauvegarde des cours d'eau internationaux au profit des générations actuelles et futures.

/...

37. M. PRANDLER (Hongrie) dit que sa délégation a voté pour le projet de convention en dépit des réserves qu'elle avait faites et qui figurent dans les comptes-rendus de séance, sur les articles 5, 6, 7 et 33. Le texte est certainement un texte de compromis, il faut regretter que plusieurs pays aient voté contre son adoption ou se soient abstenus. La convention est une contribution au développement progressif et à la codification du droit international, comme le voulait la Commission du droit international.

38. M. VARSO (Slovaquie) dit que sa délégation s'est abstenue de voter sur le projet de convention parce qu'elle considérait que les articles 5 et 7 n'étaient pas équilibrés. L'article 5 devait permettre l'utilisation équitable et raisonnable des cours d'eau internationaux, tandis que l'article 7 devait imposer des limites à cette utilisation. Cette lacune ne signifie pas que la Slovaquie s'oppose à la codification et au développement progressif du droit international. La coopération des États est fondamentale si l'on veut établir l'équilibre des intérêts entre pays d'amont et pays d'aval.

39. M. PULVENIS (Venezuela) dit qu'il eût préféré pour sa part que la convention fût approuvée par consensus. La délégation vénézuélienne a voté pour le texte parce qu'elle considère qu'il représente la meilleure solution de compromis possible, dans les limites du processus de négociation. Malgré ces limites, on a fait un pas important sur la voie de la codification et du développement progressif du droit international.

40. M. MANONGI (République-Unie de Tanzanie) dit que l'approbation de la convention a été obtenue non par des négociations intensives, mais par épuisement des délais impartis au Groupe de travail. Les dispositions du paragraphe 2 de l'article 3 et des articles 5, 7 et 32 n'établissent pas l'équilibre des intérêts entre les États riverains en matière d'utilisation équitable des cours d'eau. On vient d'approuver un instrument qui ne mérite pas la confiance d'un nombre considérable d'États.

41. Le PRÉSIDENT présente le projet de rapport que le Groupe de travail plénier présentera à l'Assemblée générale (A/C.6/51/NUW/WG/L.4 et Add.1).

Première Partie - Introduction

42. Le Président croit comprendre que le Groupe de travail désire approuver la première partie du projet de rapport.

43. Il en est ainsi décidé.

44. M. GONZALEZ (France) dit que l'approbation des articles a été assortie de plusieurs réserves, ce qui signifie que l'élaboration de la convention n'est pas achevée. Il est donc impossible de présenter le rapport du Groupe de travail à l'Assemblée générale; on ne peut qu'informer la Sixième Commission de l'état des travaux.

/...

Partie II – Examen des propositions

Paragraphe 6 et 7

45. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver les paragraphes 6 et 7 du projet de rapport.

46. Il en est ainsi décidé.

Paragraphe 8

47. M. SVIRIDOV (Fédération de Russie) propose de remplacer «la conservation et la gestion», terme qui figure dans le texte relatif à l'article premier, par «l'utilisation».

48. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver les paragraphes a) et b) de la déclaration relative à l'article premier, avec l'amendement qu'a présenté oralement le représentant de la Fédération de Russie.

49. Il en est ainsi décidé.

50. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le paragraphe de la déclaration relative à l'article 2 c).

51. Il en est ainsi décidé.

52. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le paragraphe a) relatif à l'article 3.

53. Il en est ainsi décidé.

54. Le PRÉSIDENT dit qu'une délégation a proposé d'ajouter à la première ligne du paragraphe b) relatif à l'article 3, après le mot «used», le membre de phrase «in this article or elsewhere». Il croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le paragraphe avec l'amendement proposé.

55. Il en est ainsi décidé.

56. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le paragraphe relatif à l'alinéa e) du paragraphe 1 de l'article 6.

57. Il en est ainsi décidé.

58. Le PRÉSIDENT donne lecture d'un paragraphe relatif à l'alinéa 2 de l'article 7, qu'il faut ajouter à la déclaration qui figure dans le document A/C.6/51/NUW/WG/L.4/Add.1). Ce texte est le suivant : «In the event such steps as are required by article 7 2) do not eliminate the harm, such steps as are required by article 7 2) shall then be taken to mitigate the harm». Il croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver ce paragraphe.

59. Il en est ainsi décidé.

/...

60. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver les paragraphes relatifs à l'article 10, aux articles 21, 22 et 23, à l'article 28 et à l'article 29.

61. Il en est ainsi décidé.

62. Le PRÉSIDENT constate que tout au long de l'examen des articles du projet de convention on s'est référé aux commentaires de la Commission du droit international pour en préciser le contenu.

Paragraphes 9 et 10

63. M. ISKIT (Turquie) dit que, pour vraiment rendre compte de ce qui s'est passé pendant la session, il faudrait ajouter au paragraphe 9, après «a approuvé» un paragraphe où l'on dirait que le Groupe de travail n'est pas parvenu à un consensus sur les articles les plus importants, et qu'il n'a pas approuvé l'ensemble du texte par consensus.

64. Le PRÉSIDENT souligne que le Groupe de travail a approuvé le projet de convention dans son ensemble, après l'avoir mis aux voix. Si les délégations le souhaitent, on pourra donner au paragraphe 9 du projet de rapport le résultat du scrutin.

65. M. ISKIT (Turquie) dit qu'il suffirait de mentionner le fait que le projet de convention a été mis aux voix.

66. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver les paragraphes 9 et 10 du rapport, avec l'amendement proposé par la Turquie.

67. Il en est ainsi décidé.

68. Le PRÉSIDENT croit comprendre que le Groupe de travail souhaite approuver le projet de rapport A/C.6/51/NUW/WG/L.4 et Add.1 dans son ensemble.

69. Il en est ainsi décidé.

70. Le PRÉSIDENT dit que le Groupe de travail a conclu ses travaux en approuvant un projet de convention qui est le point culminant de près de 25 ans de travail. Il remercie les délégations, le Président du Comité de rédaction, l'Expert consultant, le Secrétaire et le personnel du Secrétariat de leur collaboration.

La séance est levée à 20 h 5.

ANNEXE 5

PROCÈS-VERBAL DE LA DEUXIÈME RÉUNION DU GROUPE DE TRAVAIL CHILO-BOLIVIEN SUR LA QUESTION DU SILALA, 20 JANVIER 2005

[Traduction établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol fournie par la Bolivie]

Dans la ville de La Paz (République de Bolivie), le 20 janvier 2005, les délégations de la Bolivie et du Chili se sont réunies, présidées respectivement par M. William Torres Armas, directeur de l'unité d'analyse des questions de politique étrangère (UDAPEX) du ministère des affaires étrangères et des cultes de la Bolivie, et par S. Exc. Mme María Teresa Infante, en charge de la direction nationale des frontières et des limites de l'Etat relevant du ministère des affaires étrangères du Chili, dans le but d'échanger leurs vues et leurs critères concernant les eaux du Silala et les ressources hydriques.

La liste des membres des délégations des deux pays est jointe au présent procès-verbal.

Les deux délégations ont réaffirmé leur volonté politique de parvenir à des accords importants afin de coopérer sur la question des ressources hydriques partagées en disposant pour ce faire d'un cadre utile et pratique. Un accord satisfaisant les deux parties sur la question du Silala constituera un précédent précieux pour la poursuite de la coopération concernant ces ressources.

Conformément à l'esprit de coopération qui les anime et aux décisions prises à la première réunion du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, les deux délégations ont renouvelé leur engagement d'aller de l'avant dans le cadre d'un programme de travail commun qui comprendrait la réalisation, des deux côtés de la frontière, des études technico-scientifiques nécessaires pour déterminer la nature, l'origine et l'écoulement des eaux de surface comme des eaux souterraines du Silala.

Dans son intervention, la partie chilienne a rappelé avoir déposé, le 2 août 2004, un cadre d'étude conjointe sur «La nature et les caractéristiques des ressources en eau du Silala», ainsi qu'il en avait été convenu à la réunion du 6 mai de la même année. La délégation de la Bolivie s'est engagée à présenter une contre-proposition à ce cadre d'étude conjointe concernant la nature des ressources hydriques partagées.

Les délégations sont convenues de collaborer dans le cadre d'une sous-commission technique et scientifique chargée de diriger ou de superviser les six aspects définis à la réunion du 6 mai 2004, en donnant priorité aux points suivants :

- 1) Réaliser les travaux géodésiques et topographiques nécessaires. A cet effet, le mandat de la commission mixte des limites a été rappelé.
- 2) Définir les paramètres de l'étude conjointe et compléter les études déjà réalisées dans chacun des pays en déterminant les zones dans lesquelles chaque activité pourra être développée.
- 3) Etablir une base de données commune à partir des informations disponibles dans les deux pays.

La sous-commission conjointe ainsi constituée procédera dès que possible à l'adoption du cadre définitif de l'étude conjointe conformément aux dix aspects signalés à la réunion du 6 mai 2004 et à d'autres qui pourraient être déterminés ultérieurement. A cet égard, les deux délégations sont convenues de tenir une réunion au cours des quatre premiers mois de 2005 dans la ville de leur choix.

Les deux délégations pourront solliciter conjointement l'appui technique d'organisations internationales spécialisées, telles que l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) de

l'Organisation des Nations Unies et le Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau de l'UNESCO, susceptibles de contribuer aux travaux de la sous-commission conjointe, de les faciliter et de les compléter. Les études conjointes que les parties parviendront à réaliser serviront de base aux futurs accords entre la Bolivie et le Chili.

La délégation de la Bolivie a souligné l'importance d'une gestion rationnelle et durable des ressources hydriques partagées au motif que celles-ci ne sont pas inépuisables.

A la clôture de la réunion, le président de la délégation chilienne a remercié la délégation bolivienne de son accueil et de sa sollicitude.

Les deux délégations sont convenues que le groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala tiendrait sa troisième réunion à la fin du premier semestre de l'année en cours.

Le présent procès-verbal est signé dans la ville de La Paz (République de Bolivie), le 20 janvier 2005.

Pour la délégation de la République de Bolivie,
(*Signature*)

Pour la délégation de la République du Chili,
(*Signature*)

Délégation de la Bolivie

M. William G. Torres Armas, directeur
Unité d'analyse des questions de politique étrangère (UDAPEX)

S. Exc. M. Victor Rico Frontaura
Consul général de Bolivie

Mme Isabel Cadima Paz, directrice
Direction des affaires américaines

M. Fernando Urquidi

M. Guimer Romero

M. Hernán Vera

M. Yuri Arce, troisième secrétaire
Chef du bureau des affaires chiliennes

Délégation du Chili

S. Exc. Mme María Teresa Infante, directrice
Direction nationale des frontières et des limites de l'Etat

S. Exc. M. Francisco Pérez Walker
Consul général du Chili

M. Humberto Peña, directeur
Direction générale des eaux

M. Patricio Victoriano, ministre-conseiller
Consul général adjoint du Chili

M. Anselmo Pommès, directeur
Direction des affaires frontalières

M. Oscar Alcamán, directeur
Direction de l'Amérique du Sud relevant du ministère des affaires étrangères

M. Arthur Heusser
Conseiller auprès du service national de géologie et des mines

M. Julio Poblete
Chef du département chargé des affaires frontalières

ANNEXE 7

PROCÈS-VERBAL DE LA QUATRIÈME RÉUNION DU GROUPE DE TRAVAIL CHILO-BOLIVIEN SUR LA QUESTION DU SILALA, 14 NOVEMBRE 2008

[Traduction établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol fournie par la Bolivie]

Dans la ville de Santa Cruz de la Sierra (République de Bolivie), le 14 novembre 2008, les délégations de la Bolivie et du Chili se sont réunies, présidées respectivement par S. Exc. M. Hugo Fernández Aráoz, vice-ministre des affaires étrangères et des cultes de la Bolivie, et par S. Exc. Mme María Teresa Infante, responsable de la direction nationale des frontières et des limites de l'Etat, qui relève du ministère des affaires étrangères du Chili, dans le but de poursuivre l'examen de la question des eaux du Silala (Siloli).

La liste des membres des délégations des deux pays est jointe au présent procès-verbal.

Après avoir approuvé l'ordre du jour et le programme de travail de la réunion, les chefs des délégations ont évoqué la manière dont pourraient être concrétisés les accords auxquels est parvenu le groupe de travail à sa troisième réunion, convenant qu'il y avait lieu d'œuvrer à l'harmonisation des méthodes techniques afin d'aboutir à des résultats acceptables par les deux parties qui serviraient de fondement à un accord préliminaire à court terme, lequel serait parachevé ultérieurement en accord définitif.

I. En ce qui concerne les études techniques à réaliser, les délégations sont convenues de ce qui suit :

1. La mise en place d'un réseau de stations hydrométriques et météorologiques

La mise en place d'un réseau de stations hydrométriques et météorologiques destinées à enregistrer notamment les précipitations (liquides et solides) et la température de l'air, ce réseau se composant comme suit :

- Une station météorologique dans la zone de franchissement de la frontière pour enregistrer les précipitations (liquides et solides), la température de l'air et le vent (vitesse et direction).
- Une station hydrométrique dans la zone de franchissement de la frontière pour enregistrer les débits. Du côté chilien, juste à côté du point de franchissement de la frontière internationale, se trouve une station relevant de la direction générale des eaux du Chili (la DGA, selon son acronyme espagnol) qui peut servir de référence pour corroborer les données relevées par la station qui sera installée dans ledit secteur.
- Une station hydrométrique au point de franchissement du chemin situé à proximité des *bofedales* Orientales (Bolivie). (*Bofedales* : zones humides de haute altitude.)
- **Une station météorologique sur la ligne de partage des eaux à l'extrémité orientale.**
- Une station météorologique sur un versant du volcan Inacaliri.
- Une station météorologique dans la zone des *bofedales* (source orientale) pour enregistrer les précipitations (liquides et solides), la température de l'air, la vitesse du vent, le rayonnement solaire et le taux d'humidité.

Sur les six stations proposées, trois seront situées au point de franchissement de la frontière et seront communes aux deux pays, deux se trouveront en territoire bolivien et la dernière sera installée sur la pente du volcan Inacaliri, à un emplacement à déterminer. En outre, le Chili possède une station hydrométrique sur son territoire, à proximité de la frontière. L'emplacement des six stations proposées sera déterminé à l'issue d'une visite conjointe sur le terrain.

Compte tenu de l'éloignement du réseau de stations et de la nécessité pour les deux pays de disposer, simultanément et en temps réel, d'informations en continu, les observatoires seront dotés d'un système de transmissions par satellite de sorte que les deux pays puissent recueillir les informations et surveiller le fonctionnement général des stations et de leurs capteurs.

2. La responsabilité de la mise en œuvre

Pour la partie chilienne, la mise en œuvre du projet sera confiée à la DGA ; pour la partie bolivienne, elle relèvera de la responsabilité du service national de météorologie et d'hydrologie (SENAMHI). Ces organismes désigneront leurs coordinateurs respectifs.

Les stations situées sur la ligne frontière seront communes aux deux pays ; les frais afférents à leur acquisition et à leur fonctionnement seront donc partagés.

Entre autres tâches, les organismes susmentionnés auront pour responsabilité conjointe de déterminer la composition des équipes et le nombre de visites conjointes annuelles, et de gérer le réseau.

Chaque organisme supportera ses propres dépenses de fonctionnement.

3. La période d'observation

Il est décidé de prévoir une période d'observation conjointe de quatre cycles hydrologiques annuels pour déterminer le bilan hydrique, le comportement hydrométrique, la datation de l'eau, l'écoulement de surface et l'influence des ouvrages hydrauliques sur le débit, notamment, en utilisant une méthodologie scientifiquement valable et reconnue.

Le traitement et l'enregistrement des données ainsi que l'accès à celles-ci relèveront de la responsabilité de chaque organisme et l'analyse de ces données se fera à l'aide des modèles et des méthodes adoptés d'un commun accord.

4. Les activités supplémentaires

Il sera établi un programme de contrôle de la qualité et de la datation des eaux, comprenant le prélèvement d'échantillons deux fois par an, en hiver (juillet) et en été (janvier), dans le secteur des *bofedales* et au point de franchissement de la frontière.

Les données météorologiques et hydrologiques antérieures seront collectées et systématisées.

Les travaux cartographiques de la zone du Silala seront complétés par la confirmation terrestre des photographies aériennes prises conjointement en 2001, l'acquisition d'images satellite et des modélisations numériques de terrain, notamment.

5. Les rapports

Des rapports semestriels seront établis conjointement ainsi qu'un rapport final sur les résultats des études réalisées sur quatre ans. Ce rapport final constituera le fondement d'un accord définitif sur le pourcentage d'eaux librement disponibles de chaque pays.

II. En ce qui concerne les accords préliminaire et définitif :

Les délégations ont proposé que les deux Etats concluent un accord provisoire concernant l'utilisation des eaux, qui servira de fondement à un accord définitif.

Afin de parvenir à un accord préliminaire, les parties effectueront, à court terme, des mesures, au point de franchissement de la frontière, pour établir le débit permettant de déterminer le pourcentage d'eaux librement disponibles pour chacune d'elles.

Les eaux librement disponibles en Bolivie et non utilisées dans ce pays pourront être mises à disposition pour être utilisées au Chili, ce pourquoi il est indispensable de convenir d'un mécanisme permettant de constituer des droits d'exploitation à la frontière, ainsi que de déterminer la valeur correspondant à leur utilisation exclusive. La Bolivie ne devra ni modifier la nature de ces eaux ni interrompre leur cours. L'accord devra prévoir une procédure de règlement des différends.

L'accord définitif sera établi à partir de l'accord préliminaire et des données techniques résultant des études conjointes.

Enfin, les deux délégations sont convenues que le groupe de travail tiendrait sa cinquième réunion au Chili la dernière semaine de janvier 2009. Les équipes techniques y présenteront les résultats de leurs travaux préliminaires concernant le débit des eaux du Silala au point de franchissement de la frontière, de sorte que les deux délégations puissent progresser dans l'élaboration de l'accord préliminaire en tenant compte des propositions faites par l'une et l'autre au sujet des autres aspects susmentionnés.

La délégation chilienne a remercié la délégation bolivienne des attentions particulières qu'elle lui a témoignées.

Pour la délégation de la République de Bolivie, (Signé) S. Exc. M. Hugo FERNÁNDEZ ARÁOZ. Pour la délégation de la République du Chili, (Signé) S. Exc. Mme María Teresa INFANTE.

Sceau :

La présente est une copie certifiée conforme à son original et fait foi conformément aux dispositions de l'article 1311 du code civil.

La Paz, le 4 décembre 2008.

Sceau :

La cheffe du bureau des légalisations,
ministère des affaires étrangères et des cultes
(Signé) Mme Patricia Alina MENDOZA GARCÍA.

Délégation de la Bolivie

S. Exc. M. Hugo Fernández Aráoz, chef de la délégation
Vice-ministre des affaires étrangères et des cultes

M. René Orellana
Ministre des eaux

M. Juan Carlos Alurralde
Conseiller auprès du ministre des affaires étrangères et des cultes

Mme Estela Mendoza
Cheffe de la direction des affaires américaines

M. Arturo De la Riva
Agent de l'unité d'analyse des questions de politique étrangère (UDAPEX)

Mme Paola Soux
Bureau des affaires chiliennes de la direction des affaires américaines

Mme Gabriela Morales
Direction générale des affaires juridiques

M. Carlos Díaz, directeur national
Service national de météorologie et d'hydrologie (SENAMHI)

M. Rafael Cortez Y, coordinateur de projets concernant les eaux souterraines
Service national de géologie et des mines (SERGEOTECMIN)

M. Guillermo Rafael Linares Ch.
Représentant du service national d'hydrographie navale

Délégation du Chili

S. Exc. Mme María Teresa Infante, cheffe de la délégation, directrice
Direction nationale des frontières et des limites de l'Etat du ministère des affaires étrangères

S. Exc. M. Roberto Ibarra
Consul général du Chili à La Paz (Bolivie)

M. Rodrigo Weisner, directeur
Direction générale des eaux du ministère des travaux publics

M. Anselmo Pommès, directeur
Direction des affaires frontalières du ministère des affaires étrangères

M. Frank Sinclair
Consul général du Chili à Santa Cruz (Bolivie)

M. Jaime Bascuñan
Chef du bureau des affaires boliviennes, direction de l'Amérique du sud relevant du ministère des affaires étrangères

M. Alejandro Ahumada
Direction des frontières et des limites de l'Etat du ministère des affaires étrangères

ANNEXE 8

ACCORD INITIAL [SILALA OU SILOLI], PROJET DU 28 JUILLET 2009

[Traduction établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol fournie par la Bolivie]

Le Gouvernement de la République du Chili et le Gouvernement de l'Etat plurinational de Bolivie, ci-après les «parties»,

Considérant

Que les ministères des affaires étrangères de la République du Chili et de l'Etat plurinational de Bolivie ont créé en 2004 un groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, dont les travaux sont consignés dans les procès-verbaux signés le 6 mai 2004, le 20 janvier 2005, le 10 juin 2008 et le 14 novembre 2008 ;

Que la question du Silala, ou Siloli, a été inscrite au point VII du programme en 13 points adopté par les deux parties en juillet 2006, et que, depuis lors, ces dernières se sont efforcées de proposer des formules visant à dépasser leur divergence de vues concernant le système hydrologique du Silala, ou Siloli, et les caractéristiques de ses eaux ;

Que les études menées jusqu'à ce jour par chacune des parties à titre individuel ont fourni suffisamment d'informations pour conclure le présent accord initial, lequel servira de fondement à un nouvel accord à long terme qui sera conclu sur la base des résultats des études techniques mentionnées ci-après, de la poursuite des travaux conjoints débutés en 2000 et de l'utilisation actuelle des eaux du Silala ainsi que de leur gestion durable ;

Que le présent accord ne porte pas sur d'autres questions que chacune des parties pourraient avoir intérêt à discuter au cours de la négociation du nouvel accord à long terme concernant le Silala ou Siloli ;

Que le climat de confiance mutuelle instauré entre les deux pays a permis de rapprocher leur volonté de renforcer les ententes auxquelles leurs populations aspirent, sous la forme d'un accord mutuellement avantageux sur ce point de l'ordre du jour des discussions bilatérales ;

S'accordent sur ce qui suit :

Aspects généraux

Article 1

Les parties conviennent de conclure un accord bilatéral pour la préservation, le maintien durable, l'utilisation et l'exploitation du système hydrologique du Silala, ou Siloli, au profit des deux pays.

Article 2

Le présent accord initial porte sur le volume d'eau du système hydrologique du Silala, ou Siloli, qui s'écoule à la surface et traverse la frontière de l'Etat plurinational de Bolivie vers la République du Chili. Il pose comme principe que, sur le volume total d'eaux de surface qui traversent actuellement la frontière, un pourcentage revient à la Bolivie et est librement disponible dans ce pays ; et que les études scientifiques éclaireront les décisions qui pourraient être adoptées à l'avenir sur ce point, conformément aux dispositions de l'article 6.

Article 3

Par le présent accord, il est établi que les eaux dont la Bolivie dispose librement et qui sont prélevées sur son territoire pourront être acheminées au Chili pour y être exploitées. Dans pareil cas, l'organe public bolivien habilité à accorder l'utilisation de ces eaux percevra une redevance des personnes morales de droit public ou privé qui auront été constituées usagères de ces eaux.

Lorsqu'il accordera l'utilisation de ces eaux librement disponibles, ledit organe public bolivien prendra en considération le droit de préférence des personnes morales de droit public ou privé qui utilisent actuellement lesdites eaux au Chili. Ce droit de préférence pourra être exercé pendant une période de soixante jours à compter de la communication officielle de la mise en œuvre des dispositions du présent article.

Si ces eaux sont utilisées au Chili, les personnes morales susmentionnées prendront les mesures qui s'appliquent dans leur pays ; la Bolivie pourra néanmoins annuler l'autorisation accordée si lesdites mesures ne sont pas prises dans le délai prescrit.

Article 4

Compte tenu de la fragilité de l'écosystème du Silala, ou Siloli, les parties s'engagent, par le présent accord, à maintenir dans leur état actuel l'écoulement et la qualité de l'eau qui traverse la frontière, et à veiller à ce qu'aucun futur ouvrage réalisé séparément ou conjointement n'y porte atteinte.

Article 5

Par le présent accord, les parties s'engagent à effectuer conjointement des études supplémentaires sur le système hydrologique du Silala (Siloli) afin de parvenir à une meilleure compréhension de son fonctionnement et de sa nature.

Article 6

Les parties conviennent, conformément à l'article 2, que, sur le volume total d'eau du Silala, ou Siloli, qui s'écoule à travers la frontière (100 %), une part initiale de 50 % revient à l'Etat plurinational de Bolivie, qui en dispose librement et pourra l'utiliser sur son territoire ou en autoriser le captage aux fins d'utilisation par des tierces parties, y compris son acheminement au Chili. Ce pourcentage pourra être accru en faveur de la Bolivie en fonction des résultats des études conjointes menées dans le cadre du présent accord.

Une fois l'accord signé, les parties s'engagent à installer la station hydrométrique mentionnée à l'alinéa *b*) de l'article 8, laquelle enregistrera le volume d'eau qui traverse la frontière ; les données relatives à ce volume serviront à la mise en œuvre de l'accord.

Aspects techniques

Article 7

Après la signature du présent accord initial, les parties mettront en place un réseau de stations hydrométéorologiques dans la région afin de recueillir des données et d'effectuer des études conjointes en vue de la signature d'un nouvel accord à long terme.

Article 8

Afin de déterminer les pourcentages d'eaux librement disponibles pour chacune d'elles et de mieux comprendre le système hydrologique, les parties conviennent de mettre en place un réseau de

stations de surveillance des débits et des variables hydrométéorologiques en vue d'enregistrer les précipitations (pluie et neige), la température atmosphérique et d'autres variables, comprenant :

- a) une station météorologique à proximité du point de franchissement de la frontière ;
- b) une station hydrométrique à proximité du point de franchissement de la frontière ;
- c) une station hydrométrique au point de franchissement du chemin passant près des *bofedales* [zones humides] Orientales en territoire bolivien ;
- d) une station météorologique sur la ligne de partage des eaux à l'extrémité est du système ;
- e) une station météorologique sur le versant bolivien du volcan Inacaliri ;
- f) une station météorologique dans les zones humides des sources situées à l'est.

Sur les six stations proposées, deux (a et b) se situeront à la frontière et seront communes aux deux pays, et quatre (c, d, e et f) se situeront en territoire bolivien.

La station de la direction générale des eaux du Chili située du côté chilien près du point de franchissement de la frontière internationale est également associée au réseau.

En outre, les parties conviennent d'échanger les données recueillies par d'autres stations se trouvant près de la zone d'étude.

Compte tenu de l'éloignement du réseau et de la nécessité pour les deux pays de disposer d'informations de manière continue, simultanée et en temps réel, les stations disposeront d'une transmission satellite de sorte que les deux parties puissent surveiller leur fonctionnement global et la collecte d'informations.

Article 9

Les parties définiront une période de suivi conjoint composée de quatre cycles hydrologiques annuels afin de déterminer le bilan hydrique, le comportement hydrométrique, la datation de l'eau, les écoulements de surface et souterrain et l'influence des ouvrages hydrauliques sur le débit, notamment, en utilisant une méthodologie scientifiquement valable et reconnue.

La collecte, le stockage et le traitement des données relèvera de la direction générale des eaux (DGA) au Chili et du service national de météorologie et d'hydrologie (SENAMHI) en Bolivie.

Article 10

En application du présent accord initial, un programme de suivi sera élaboré pour déterminer la qualité et la datation de l'eau, dans le cadre duquel des échantillons seront prélevés deux fois par an, en hiver (juillet) et en été (janvier), dans la région de la zone humide et au point de franchissement de la frontière.

Il est également convenu que les travaux de cartographie de la région du Silala, ou Siloli, seront complétés par des travaux sur le terrain visant à obtenir une confirmation terrestre des photographies aériennes prises conjointement en 2001 afin d'élaborer une cartographie détaillée ; en outre, des images satellite seront obtenues et un modèle numérique de terrain sera mis au point.

Article 11

Les parties produiront des rapports semestriels ainsi qu'un rapport final, au terme des quatre années, comprenant les résultats des études. Ce rapport final servira de fondement pour le nouvel accord à long terme qui établira le pourcentage d'eaux librement disponibles pour chacun des pays.

Aspects institutionnels

Article 12

L'Etat plurinational de Bolivie, par l'intermédiaire du ministère de l'environnement et de l'eau, nommera la préfecture du département de Potosí ou une autre personne morale de droit public comme étant l'organe habilité à autoriser l'utilisation des eaux du Silala, ou Siloli, librement disponibles en Bolivie.

Dans le cadre de cet accord initial, le suivi et les aspects techniques de l'utilisation et l'exploitation de l'eau relèveront de l'organisme susmentionné pour la Bolivie, et de la direction générale des eaux du ministère des travaux publics pour le Chili.

Les parties se tiendront mutuellement informées de tout changement relatif au régime défini ci-dessus.

Article 13

Le ministère de l'environnement et de l'eau déterminera la valeur par mètre cube à allouer à l'Etat plurinational de Bolivie à titre de redevance, en fonction du volume transféré, lequel sera négocié directement avec la personne morale de droit public ou privé compétente. Le ministère déterminera également la fréquence des paiements et les garanties à donner à cet égard.

Article 14

Afin de déterminer la redevance due, le ministère de l'environnement et de l'eau pourra tenir compte, entre autres, du prix moyen au mètre cube pour les eaux non traitées actuellement payé dans la Région II du Chili.

Article 15

Conformément au présent accord, le Gouvernement de la Bolivie déclare que la personne morale de droit public ou privé qu'il aura autorisée, par l'intermédiaire du ministère de l'environnement et de l'eau, à utiliser en territoire chilien les eaux du Silala, ou Siloli, dont il dispose librement pourra exploiter ces eaux sans restriction ni discrimination.

Le Gouvernement du Chili déclare qu'il ne s'opposera pas à l'application des mesures auxquelles s'expose, au regard du droit bolivien et du présent accord, tout usager qui ne respecte pas les obligations contractées vis-à-vis de la personne morale de droit public nommée par le ministère de l'environnement et de l'eau en vertu du présent accord.

Les divergences susceptibles d'apparaître entre une personne morale et l'Etat plurinational de Bolivie dans l'application des articles 3 et 6 concernant une autorisation donnée ainsi que l'usage qui en est fait seront réglées selon les dispositions applicables dans ledit Etat et celles qui pourraient régir ladite autorisation accordée aux fins d'utilisation appropriée. Les instances judiciaires internes de l'Etat plurinational de Bolivie sont compétentes à cet égard.

Règlement des différends

Article 16

En cas de divergences, d'imprévus ou de questions requérant l'attention conjointe des parties dans l'application ou l'interprétation du présent accord, l'une ou l'autre des parties pourra convoquer le groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, créé par les ministères des affaires étrangères des deux Etats en 2004, en vue de trouver un règlement ou une solution.

Dans l'accomplissement des travaux techniques mentionnés aux articles 7 à 11, les parties s'efforceront de coopérer activement et d'obtenir les résultats qui serviront de référence pour les futurs accords. Si, en dépit de tous les efforts déployés, les parties ne parviennent pas à s'entendre sur les volumes d'eau librement disponible, entre autres, elles mettront en œuvre des mécanismes permettant de dépasser leur divergence de vues, avec l'appui d'experts au besoin.

Nonobstant ce qui précède, les parties pourront, d'entente commune et à tout moment, solliciter l'assistance d'un organisme technique ou scientifique reconnu à l'échelle internationale qui sera chargé de leur fournir des informations leur permettant de trouver un accord.

Si les parties ne parviennent pas à s'entendre sur l'application ou l'interprétation du présent accord au moyen des procédures susmentionnées, l'une ou l'autre pourra demander que soit établie une commission de conciliation composée de trois membres qui sera chargée d'examiner le différend et de faire des recommandations à son sujet.

Dans les trente jours suivant la réception de la demande, chacune des parties nommera un des membres de la commission de conciliation. Le troisième membre, qui assumera la présidence, sera nommé d'un commun accord et ne pourra pas être ressortissant de l'une ou l'autre des parties. En cas de désaccord sur la personne nommée ou si une partie ne nomme pas dans les délais prescrits le membre qui doit la représenter, l'une ou l'autre des parties pourra solliciter, dans l'ordre ci-après établi, la personne exerçant, selon l'instrument constitutif applicable, la plus haute fonction dans les organismes ou programmes internationaux qui suivent, pour lui demander de nommer ledit membre : le directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) ; le secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ; le directeur exécutif du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ; le directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ; ou l'administrateur du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). Si la personne exerçant la plus haute fonction est ressortissante d'une des parties ou a travaillé au service de l'une d'entre elles, l'organisme ou le programme concerné ne sera pas pris en considération.

Si, malgré la mise en œuvre de la procédure susmentionnée, elles ne parviennent pas à s'entendre sur certains aspects précis, les parties devront soumettre leur différend à l'arbitrage.

Le nouvel accord à long terme établira un mécanisme de règlement des différends.

Entrée en vigueur

Article 17

Le présent accord initial restera en vigueur pendant quatre ans et aboutira à la conclusion d'un nouvel accord une fois achevées les études pertinentes. Si, au terme des quatre années, il n'est pas possible de conclure l'accord à long terme, le présent accord initial sera prorogé annuellement.

Le nouvel accord à long terme tiendra compte des autorisations qui auront pu être accordées pendant la période où le présent accord était en vigueur.

Le présent accord entrera en vigueur dans les trente jours suivant la réception, par chaque partie, de la dernière note par laquelle l'autre partie l'informe que les conditions requises sur le plan interne sont remplies. Nonobstant ce qui précède, le second paragraphe de l'article 6 entrera en vigueur à la signature de l'accord.

Quatre ans après son entrée en vigueur, le présent accord pourra être résilié par l'une ou l'autre des parties, au moyen d'un préavis écrit de six mois adressé à l'autre partie. La résiliation prendra effet au terme dudit préavis.

Signé à...

ANNEXE 9

ACCORD INITIAL [SILALA OU SILOLI], PROJET DU 13 NOVEMBRE 2009

[Traduction établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol fournie par la Bolivie]

Le Gouvernement de la République du Chili et le Gouvernement de l'Etat plurinational de Bolivie, ci-après les «parties»,

Considérant

Que les ministères des affaires étrangères de la République du Chili et de l'Etat plurinational de Bolivie ont créé en 2004 un groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala dont les travaux sont consignés dans les procès-verbaux signés le 6 mai 2004, le 20 janvier 2005, le 10 juin 2008 et le 14 novembre 2008 ;

Que la question du Silala, ou Siloli, a été inscrite au point VII du programme en 13 points, adopté par les deux parties en juillet 2006, et que, depuis lors, ces dernières se sont efforcées de proposer des formules visant à dépasser leur divergence de vues concernant le système hydrologique du Silala, ou Siloli, et les caractéristiques de ses eaux ;

Que les études conjointes menées précédemment n'ont pas encore permis de déterminer la nature des eaux, et que les parties estiment donc nécessaire de poursuivre lesdites études ;

Que les études menées jusqu'à ce jour par chacune des parties à titre individuel ont fourni suffisamment d'informations pour conclure le présent accord initial, lequel servira de fondement à un nouvel accord à long terme qui sera conclu sur la base des résultats des études techniques mentionnées ci-après, de la poursuite des travaux conjoints débutés en 2000 et de l'utilisation actuelle des eaux du Silala ainsi que de leur gestion durable ;

Que le présent accord ne porte pas sur d'autres questions que chacune des Parties pourrait avoir intérêt à discuter au cours de la négociation du nouvel accord à long terme concernant le Silala, ou Siloli ;

Que le climat de confiance mutuelle instauré entre les deux pays a permis de rapprocher leur volonté de renforcer les ententes auxquelles leurs populations respectives aspirent, sous la forme d'un accord mutuellement avantageux sur ce point de l'ordre du jour des discussions bilatérales ;

S'accordent sur ce qui suit :

Aspects généraux

Article 1

Le présent accord initial établit un cadre de travail commun pour favoriser la convergence des vues opposées qui sont apparues entre le Chili et la Bolivie au sujet des eaux du Silala, étant donné que :

- a) pour la Bolivie, les eaux du Silala sont sa propriété totale et proviennent de dizaines de sources situées sur son territoire ; et ce sont les ouvrages de captage et de canalisation qui permettent d'augmenter l'écoulement de surface actuel ;
- b) pour le Chili, les eaux du Silala s'écoulent naturellement à travers la frontière et constituent un cours d'eau international successif, auquel les critères relatifs à l'utilisation équitable et

raisonnable doivent être appliqués, selon le droit international, et à l'égard duquel la Bolivie est l'Etat d'amont et le Chili, l'Etat d'aval.

Article 2

Les objectifs du présent accord initial sont les suivants :

1. Conclure un accord bilatéral pour la préservation, le maintien durable, l'utilisation et l'exploitation du système hydrologique du Silala, ou Siloli, au profit des deux pays.
2. Effectuer des études et des mesures afin de déterminer la nature, le bilan hydrique, le comportement hydrométrique, la datation de l'eau, les écoulements de surface et souterrain et l'influence des ouvrages de génie civil sur le débit, notamment, en utilisant une méthodologie scientifiquement valable et reconnue, de manière à disposer d'une base qui permette d'établir de manière définitive les pourcentages d'eaux librement disponibles pour chaque pays.
3. Etablir une procédure par laquelle l'Etat plurinational de Bolivie autorisera, conformément à l'article 3, que les eaux librement disponibles qui seront prélevées sur son territoire soient acheminées et utilisées au Chili, en échange d'une redevance.

Article 3

Par le présent accord, il est établi que les eaux dont la Bolivie dispose librement et qui sont prélevées sur son territoire pourront être acheminées au Chili pour y être exploitées. Dans pareil cas, l'organe public bolivien habilité à accorder l'utilisation de ces eaux percevra une redevance des personnes morales de droit public ou privé qui auront été constituées usagères de ces eaux.

Lorsqu'il accordera l'utilisation de ces eaux disponibles librement, ledit organe public bolivien prendra en considération le droit de préférence des personnes morales de droit public ou privé qui utilisent actuellement lesdites eaux au Chili. Ce droit de préférence pourra être exercé pendant une période de soixante jours à compter de la communication officielle de la mise en œuvre des dispositions du présent article.

Si ces eaux sont utilisées au Chili, les personnes morales susmentionnées prendront les mesures qui s'appliquent dans leur pays ; la Bolivie pourra néanmoins annuler l'autorisation accordée si lesdites mesures ne sont pas prises dans le délai prescrit.

Article 4

Compte tenu de la fragilité de l'écosystème du Silala, ou Siloli, les parties s'engagent, par le présent accord, à maintenir dans leur état actuel l'écoulement et la qualité de l'eau dont chacune est responsable, et à veiller à ce qu'aucun futur ouvrage réalisé séparément ou conjointement n'y porte atteinte.

Article 5

Par le présent accord, les parties s'engagent à effectuer conjointement des études supplémentaires sur le système hydrologique du Silala (Siloli) afin de parvenir à une meilleure compréhension de son fonctionnement et de sa nature.

Article 6

Compte tenu des dispositions de l'article premier du présent accord, les parties établissent, comme hypothèse de travail et dans l'attente des résultats des études prévues au paragraphe 2 de l'article 2, que sur le volume total d'eau du Silala, ou Siloli, qui s'écoule en surface à travers la frontière, une part initiale de 50 % revient à l'Etat plurinational de Bolivie, qui en dispose librement

et pourra l'utiliser sur son territoire ou en autoriser le captage aux fins d'utilisation par des tierces parties, y compris son acheminement au Chili. Ce pourcentage pourra être accru en faveur de la Bolivie en fonction des résultats des études conjointes menées dans le cadre du présent accord.

Une fois l'accord signé, les parties s'engagent à installer la station hydrométrique mentionnée à l'alinéa *b*) de l'article 8, laquelle enregistrera le volume d'eau qui traverse la frontière.

Aspects techniques

Article 7

Sur la base du présent accord initial, les parties mettront en place un réseau de stations hydrométéorologiques dans la région afin de recueillir des données et d'effectuer des études conjointes en vue de la signature d'un nouvel accord à long terme.

Article 8

Afin de déterminer les pourcentages d'eaux librement disponibles pour chacune d'elles et de mieux comprendre le système hydrologique, les parties conviennent de mettre en place un réseau de stations de surveillances des débits et des variables hydrométéorologiques en vue d'enregistrer les précipitations (pluie et neige), la température atmosphérique et d'autres variables, comprenant :

- a*) une station météorologique à proximité du point de franchissement de la frontière ;
- b*) une station hydrométrique à proximité du point de franchissement de la frontière ;
- c*) une station hydrométrique au point de franchissement du chemin passant près des *bofedales* [zones humides] Orientales en territoire bolivien ;
- d*) une station météorologique sur la ligne de partage des eaux à l'extrémité est du système ;
- e*) une station météorologique sur le versant bolivien du volcan Inacaliri ;
- f*) une station météorologique dans les zones humides des sources situées à l'est.

Sur les six stations proposées, deux (*a* et *b*) se situeront à de la frontière et seront communes aux deux pays, et quatre (*c*, *d*, *e* et *f*) se situeront en territoire bolivien et seront la propriété de l'Etat plurinational de Bolivie.

La station de la direction générale des eaux du Chili située du côté chilien près du point de franchissement de la frontière internationale est également associée au réseau.

En outre, les parties conviennent d'échanger les données recueillies par d'autres stations se trouvant près de la zone d'étude.

Compte tenu de l'éloignement du réseau et de la nécessité pour les deux pays de disposer d'informations de manière continue, simultanée et en temps réel, les stations disposeront d'une transmission satellite de sorte que les deux parties puissent surveiller leur fonctionnement global et la collecte d'informations.

Article 9

Les parties définiront une période de suivi conjoint composée de quatre cycles hydrologiques annuels afin de déterminer le bilan hydrique, le comportement hydrométrique, la datation de l'eau, les écoulements de surface et souterrain et l'influence des ouvrages sur le débit, notamment, en utilisant une méthodologie scientifiquement valable et reconnue.

La collecte, le stockage et le traitement des données relèveront de la direction générale des eaux au Chili et du service national de météorologie et d'hydrologie (SENAMHI) en Bolivie.

Article 10

En application du présent accord initial, un programme de suivi sera élaboré pour déterminer la qualité et la datation de l'eau, dans le cadre duquel des échantillons seront prélevés deux fois par an, en hiver (juillet) et en été (janvier), dans la région de la zone humide et au point de franchissement de la frontière.

Il est également convenu que les travaux de cartographie de la région du Silala, ou Siloli, seront complétés par des travaux sur le terrain visant à obtenir une confirmation terrestre des photographies aériennes prises conjointement en 2001 afin d'élaborer une cartographie détaillée ; en outre, des images satellite seront obtenues et un modèle numérique de terrain sera mis au point.

Article 11

Les parties produiront des rapports semestriels ainsi qu'un rapport final, au terme des quatre années, comprenant les résultats des études. Ce rapport final servira de fondement pour le nouvel accord à long terme qui établira le pourcentage d'eaux librement disponibles pour chacun des pays.

Aspects institutionnels

Article 12

L'Etat plurinational de Bolivie, par l'intermédiaire du ministère de l'environnement et de l'eau, nommera la préfecture du département de Potosí ou une autre personne morale de droit public comme étant l'organe habilité à autoriser l'utilisation des eaux du Silala, ou Siloli, librement disponibles en Bolivie.

Dans le cadre de cet accord initial, le suivi et les aspects techniques de l'utilisation et l'exploitation de l'eau relèveront du sujet susmentionné pour la Bolivie, et de la direction générale des eaux au sein du ministère des travaux publics pour le Chili.

Les parties se tiendront mutuellement informées de tout changement relatif au régime défini ci-dessus.

Article 13

Le ministère de l'environnement et de l'eau déterminera la valeur par mètre cube à allouer à l'Etat plurinational de Bolivie à titre de redevance, en fonction du volume transféré, lequel sera négocié directement avec la personne morale de droit public ou privé compétente. Le ministère déterminera également la fréquence des paiements et les garanties à donner à cet égard.

Article 14

Afin de déterminer la redevance due, le ministère de l'environnement et de l'eau pourra tenir compte, entre autres, du prix moyen au mètre cube pour les eaux non traitées actuellement payé dans la Région II du Chili.

Article 15

Conformément au présent accord, le Gouvernement de la Bolivie déclare que la personne morale de droit public ou privé qu'il aura autorisée, par l'intermédiaire du ministère de l'environnement et de l'eau, à utiliser en territoire chilien les eaux du Silala, ou Siloli, dont il dispose librement pourra exploiter ces eaux sans restriction ni discrimination.

Le Gouvernement du Chili déclare qu'il ne s'opposera pas à l'application des mesures auxquelles s'expose, au regard du droit bolivien et du présent accord, tout usager qui ne respecte pas les obligations contractées vis-à-vis de la personne morale de droit public nommée par le ministère de l'environnement et de l'eau en vertu du présent accord.

Les divergences susceptibles d'apparaître entre une personne morale et l'Etat plurinational de Bolivie dans l'application des articles 3 et 6 concernant une autorisation donnée ainsi que l'usage qui en est fait seront réglées selon les dispositions applicables dans ledit Etat et celles qui pourraient régir ladite autorisation accordée aux fins d'utilisation appropriée. Les instances judiciaires internes de l'Etat plurinational de Bolivie sont compétentes à cet égard.

Règlement des différends

Article 16

En cas de divergences, d'imprévus ou de questions requérant l'attention conjointe des parties dans l'application ou l'interprétation du présent accord, l'une ou l'autre des parties pourra convoquer le groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala, créé par les ministères des affaires étrangères des deux Etats en 2004, en vue de trouver un règlement ou une solution.

Dans l'accomplissement des travaux techniques mentionnés aux articles 7 à 11, les parties s'efforceront de coopérer activement et d'obtenir les résultats qui serviront de référence pour les futurs accords. Si, en dépit de tous les efforts déployés, les parties ne parviennent pas à s'entendre sur les volumes d'eau librement disponible, entre autres, elles mettront en œuvre des mécanismes permettant de dépasser leur divergence de vues, avec l'appui d'experts au besoin.

Nonobstant ce qui précède, les parties pourront, d'entente commune et à tout moment, solliciter l'assistance d'un organisme technique ou scientifique reconnu à l'échelle internationale qui sera chargé de leur fournir des informations permettant de trouver un accord.

Si les parties ne parviennent pas à s'entendre sur l'application ou l'interprétation du présent accord au moyen des procédures susmentionnées, l'une ou l'autre pourra demander que soit établie une commission de conciliation composée de trois membres qui sera chargée d'examiner le différend et de faire des recommandations à son sujet.

Dans les trente jours suivant la réception de la demande, chacune des parties nommera un des membres de la commission de conciliation. Le troisième membre, qui assumera la présidence, sera nommé d'un commun accord et ne pourra pas être ressortissant de l'une ou l'autre des parties. En cas de désaccord sur la personne nommée ou si une partie ne nomme pas dans les délais prescrits le membre qui doit la représenter, l'une ou l'autre des parties pourra solliciter, dans l'ordre ci-après établi, à la personne exerçant, selon l'instrument constitutif applicable, la plus haute fonction dans les organismes ou programmes internationaux qui suivent, pour lui demander de nommer ledit membre : le directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) ; le secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ; le directeur exécutif du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ; le directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ; ou l'administrateur du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). Si la personne exerçant la plus haute

fonction est ressortissante d'une des parties ou a travaillé au service de l'une d'entre elles, l'organisme ou le programme concerné ne sera pas pris en considération.

Si, malgré la mise en œuvre de la procédure susmentionnée, elles ne parviennent pas à s'entendre sur certains aspects précis, les parties devront soumettre leur différend à l'arbitrage.

Le nouvel accord à long terme établira un mécanisme de règlement des différends.

Entrée en vigueur

Article 17

Le présent accord initial restera en vigueur pendant quatre ans et aboutira à la conclusion d'un nouvel accord une fois achevées les études pertinentes. Si, au terme des quatre années, il n'est pas possible de conclure l'accord à long terme, le présent accord initial sera prorogé annuellement.

Le nouvel accord à long terme tiendra compte des autorisations qui auront pu être accordées pendant la période où le présent accord était en vigueur.

Le présent accord entrera en vigueur dans les trente jours suivant la réception, par chaque partie, de la dernière note par laquelle l'autre partie l'informe que les conditions requises sur le plan interne sont remplies. Nonobstant ce qui précède, le second paragraphe de l'article 6 entrera en vigueur à la signature de l'accord.

Quatre ans après son entrée en vigueur, le présent accord pourra être résilié par l'une ou l'autre des parties, au moyen d'un préavis écrit de six mois adressé à l'autre partie. La résiliation prendra effet au terme dudit préavis.

Signé à...

ANNEXE 11

NOTE N° VRE-DGRB-UAM-018880/2011 EN DATE DU 29 AOÛT 2011 ADRESSÉE AU CONSULAT GÉNÉRAL DU CHILI À LA PAZ PAR LE MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES DE BOLIVIE

[Traduction française établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol]

Le ministère des affaires étrangères, par l'intermédiaire de la direction générale des affaires consulaires, présente ses compliments au consulat général du Chili et lui propose, comme suite aux échanges intervenus le 11 courant entre S. Exc. M. Juan Carlos Alurralde, vice-ministre des affaires étrangères, et S. Exc. M. Pedro Suckel, directeur général des pays voisins et des affaires régionales, d'organiser la seconde partie de la septième réunion du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala le 12 septembre 2011, à La Paz, avant la douzième réunion du groupe de travail sur le libre transit entre le Chili et la Bolivie prévue le 13 septembre.

Le ministère des affaires étrangères, par l'intermédiaire de la direction générale des affaires consulaires, saisit cette occasion pour renouveler au consulat général du Chili les assurances de sa très haute considération.

ANNEXE 12

NOTE N° VRE-DGRB-UAM-009901/2012 EN DATE DU 24 MAI 2012 ADRESSÉE AU CONSULAT GÉNÉRAL DU CHILI À LA PAZ PAR LE MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES DE BOLIVIE

[Traduction française établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol]

Le ministère des affaires étrangères, par l'intermédiaire de la direction générale des affaires consulaires, présente ses compliments au consulat général du Chili et se réfère à la note verbale n° 199/39 par laquelle celui-ci commente certaines informations parues dans la presse au sujet de l'annonce faite par M. Felix Gonzalez, gouverneur de Potosí, concernant l'aménagement d'une ferme piscicole à la naissance des sources du Silala, premier d'une série de trois projets d'utilisation de ces eaux, les deux autres visant la construction, d'ici à 2013, d'un barrage et d'une usine de mise en bouteille d'eau minérale.

A cet égard, le ministère des affaires étrangères tient à rappeler dans les termes les plus fermes et irréfutables que les eaux du Silala sont des sources souterraines naturelles provenant d'un aquifère ou d'un réservoir souterrain de formations géologiques qui jaillissent à la surface de manière naturelle, sous l'effet de l'érosion de roches volcaniques, et émergent en territoire bolivien sous forme de sources ou de cours d'eau sans former elles-mêmes un chenal, un cours d'eau naturel ou un système qui leur ferait intégrer un lit riverain pour constituer un cours d'eau coulant successivement sur le territoire de différents Etats.

En conséquence, le «cours d'eau international» auquel se réfère la République du Chili résulte d'une canalisation artificielle des eaux qui est le fruit d'une intervention humaine et n'aurait pu se produire naturellement ; les sources du Silala ne sauraient donc être considérées comme constituant un cours d'eau international.

Le ministère des affaires étrangères réaffirme, à cet égard, la position exprimée par son gouvernement lors de la huitième réunion du groupe de travail chilo-bolivien sur la question du Silala tenue dans la ville de La Paz du 30 septembre au 1^{er} octobre 2010, non consignée, à savoir que le Chili a des obligations au titre de l'utilisation qu'il a faite par le passé des eaux boliviennes du Silala, et que cette utilisation doit donner lieu à une compensation financière (la «dette historique»), compte tenu du changement d'objet de l'utilisation de la concession, initialement prévue pour les locomotives à vapeur et qui, lorsque, dans les années 1950, celles-ci ont cessé d'être utilisées, a été consacrée à d'autres usages non autorisés par les autorités boliviennes compétentes.

Nous engageons en conséquence la République du Chili à poursuivre ses efforts en vue de parvenir à une entente, afin que le groupe de travail sur la question du Silala se réunisse une nouvelle fois dans l'objectif de prendre connaissance et d'examiner toutes les propositions avancées à la suite de la diffusion de l'accord initial et de décider des suites à donner à chacune d'elles, ainsi que cela a été convenu lors de la vingt-deuxième réunion du mécanisme de consultations politiques Bolivie-Chili, tenue dans la ville de La Paz du 12 au 14 juin 2010.

En outre, compte tenu du fait qu'aucune visite sur place n'a encore eu lieu à ce jour, le Gouvernement du Chili est une nouvelle fois invité à participer à une «visite conjointe» dans la région, conformément à un calendrier technique qui sera établi en fonction des dates de la saison sèche, ainsi que l'a proposé la délégation de la Bolivie à la réunion organisée entre les représentations gouvernementales des deux Etats le 13 septembre 2011.

Enfin, en accord avec la culture du dialogue qui caractérise l'Etat plurinational de Bolivie, le ministère des affaires étrangères se déclare disposé à poursuivre l'exploration des voies permettant de parvenir à une compréhension commune afin de continuer d'aller de l'avant dans le traitement de la question.

Le ministère des affaires étrangères, par l'intermédiaire de la direction générale des affaires consulaires, saisit cette occasion pour renouveler au consulat général de la République du Chili les assurances de sa très haute considération.

ANNEXE 13

DÉCRET SUPRÊME BOLIVIEN N° 24660, 20 JUIN 1997

[Traduction établie par le Greffe à partir de la traduction anglaise de l'original espagnol fournie par la Bolivie]

Gonzalo Sanchez de Lozada

Président constitutionnel de la République

Considérant

Que le préfet du département de Potosí a révoqué et abrogé, par la résolution administrative 71/97 du 14 mai 1997, la concession ouvrant droit à l'utilisation et à l'exploitation des eaux provenant des sources du «Silala» (ou Siloli) accordée par la préfecture susnommée à la compagnie «The Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Company Limited», exclusivement aux fins de l'alimentation de ses locomotives à vapeur, par l'arrêté préfectoral du 21 septembre 1908 transposé en acte public sous le numéro 48/1908, concession octroyée par devant le notaire du trésor de Potosí et enregistrée auprès du département des droits fonciers, dans le livre d'hypothèques de la province de Sud Lípez, volume 2, feuillet 3 (verso), entrée 3, le 28 octobre 1908 ;

Que ladite résolution préfectorale est pleinement justifiée par la disparition de l'objet, du motif et de la finalité de la concession temporaire ouvrant droit à l'utilisation des eaux en question, en raison de nouveaux facteurs déterminants tels que la conversion technologique des locomotives de la compagnie concessionnaire, rendant inutile l'eau auparavant utilisée pour produire la vapeur nécessaire à leur propulsion, ainsi que par l'inexistence du concessionnaire en tant que personne morale en activité sur le territoire bolivien ;

Qu'il a été prouvé que lesdites eaux ont été indûment utilisées par des tiers n'ayant pas reçu concession à cette fin, ce qui porte atteinte aux intérêts de l'Etat et constitue une violation évidente des articles 136 et 137 de la Constitution politique de l'Etat ;

Qu'il revient au pouvoir exécutif d'appliquer et de faire appliquer les résolutions prises par les organes publics tels que les préfectures, conformément au point 12 de l'article 96 de la Constitution politique de l'Etat.

Le conseil des ministres

Décète

Article unique. L'élévation au rang de décret suprême de la résolution administrative 71/97 du 14 mai 1997, prise par le préfet du département de Potosí.

Les ministres d'Etat des affaires étrangères et du culte, de l'intérieur et de la présidence sont chargés d'exécuter le présent décret suprême et de veiller à son application.

Fait au palais du gouvernement à La Paz le vingt juin mille neuf cent quatre-vingt-dix-sept.

Signé par GONZALO SANCHEZ DE LOZADA, Antonio Aranibar Quiroga, Victor Hugo Canelas Zannier, Alfonso Erwin Kreidler Guillaux, Jose Guillermo Justiniano Sandoval, Rene Oswaldo Blattman Bauer, Fernando Candia Castillo, Franklin Anaya Vasquez, Moises Jarmusz

Levy. Jorge España Smith, ministre du travail par intérim, Mauricio Antezana Villegas. Alfonso Revollo Thenier, Jaime Villalobos Sanjines.

.....

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

Contrat CDP-I n° 01/2018

Etat plurinational de Bolivie, ministère des affaires étrangères, DIREMAR, 16 juillet 2018

Le présent rapport a été établi conformément au système de gestion d'entreprise du DHI, certifié par Bureau Veritas en conformité avec la norme ISO 9001 (management de la qualité).

Approuvé par [cachet Bureau Veritas]

Le directeur exécutif,

(Signé) Claus SKOTNER.

Rapport final

Etabli à l'intention du ministère des affaires étrangères de l'Etat plurinational de Bolivie, DIREMAR

Chef de projet	Roar Askær Jensen
Responsable qualité	Michael Brian Butts
Auteurs	Roar A. Jensen, Torsten V. Jacobsen, Michael M. Gabora, Birgitte v. Christerson

Numéro de projet	11820137
Date d'approbation	16 juillet 2018
Révision	3
Classification	Confidentiel

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RÉSUMÉ	5
1. INTRODUCTION	8
1.1. Projet	8
1.1.1. Objectifs	8
1.2. A propos du présent rapport	8
1.3. Approche et méthodologie de l'étude	9
2. LE SYSTÈME ET LA RÉGION	11
2.1. Les zones humides	12
2.2. La région du Silala	12
2.2.1. Le bassin versant du Silala	13
2.3. Descriptions historiques du système de sources du Silala	14
2.4. Processus par lesquels la chenalisation peut avoir influé sur les écoulements transfrontières	15
3. CLIMAT	16
3.1. Approche retenue pour les analyses du climat	16
3.2. Précipitations	16
3.3. Température	17
3.4. Evaporation potentielle	17
4. LES EAUX DE SURFACE	17
4.1. Le système de canaux	18
4.1.1. Excavations	19
4.1.2. Le canal principal	20
4.1.3. Modifications anthropiques ultérieures	20
4.2. Distribution observée et variations temporelles de l'écoulement	21
5. ANALYSES DES SOLS ET CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DES ZONES HUMIDES	27
6. BILAN HYDRIQUE, AIRES D'ALIMENTATION ET SOURCES D'APPORTS EN ALTITUDE	27
7. HYDROGÉOLOGIE ET EAUX SOUTERRAINES	29
7.1. Relevés de terrain, objectifs et principaux résultats	30
7.2. Modèle conceptuel hydrogéologique (MCH)	32
7.3. Eaux souterraines à la frontière internationale	37
8. MODÉLISATION INTÉGRÉE DES EAUX DE SURFACE ET DES EAUX SOUTERRAINES	37
8.1. Raison d'être et objectif	37
8.2. Etablissement du modèle intégré d'eaux de surface et d'eaux souterraines	37

8.2.1. Exécution des modèles conceptuels	37
8.2.2. Calage et performance du modèle	38
9. EVALUATION DES ÉCOULEMENTS NATURELS.....	39
9.1. Ecoulements dans les zones humides naturelles, sans la chenalisation	39
10. CONCLUSIONS	40
11. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
GLOSSAIRE	43

LISTE DES FIGURES

	<i>Page</i>
Figure 1 Emplacement du système de sources du Silala	8
Figure 2 Etendue approximative du champ proche du Silala (Mulligan et Eckstein, 2011)	10
Figure 3 Etendue approximative du champ lointain du Silala	11
Figure 4 Végétation à l'intérieur et à la surface de la zone humide sud du Silala	12
Figure 5 Bassin versant hydrologique qui a servi de base aux évaluations de la recharge et aux bilans hydriques réalisés pour les besoins de la présente étude	14
Figure 6 Carte illustrant les différentes parties du réseau de drainage aménagé par l'homme dans la zone humide nord	18
Figure 7 Canal principal de drainage dans la zone humide nord	19
Figure 8 Photo d'une section creusée et profil de tourbe vertical en bordure d'un carré humide non perturbé dans la zone humide nord	20
Figure 9 Modification du canal pour dériver l'écoulement vers un sous-système de zone humide (DHI, 2017)	21
Figure 10 Cartographie des écoulements et des apports nets, établie à partir de mesures simultanées du débit moyen du canal (en l/s), et part de l'écoulement au point de confluence (le point d'évaluation le plus fiable)	23
Figure 11 Profil du canal sud (S1 à C5), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)	24
Figure 12 Profil du canal nord (S18 à C6), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)	25
Figure 13 Canal principal de la confluence à la frontière internationale (C7-S21), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)	26
Figure 14 Evolution temporelle de la teneur en eau modélisée d'une colonne de sol sableux reposant sur les zones humides du Silala. Les différentes couleurs indiquent le degré de saturation des sols, du bleu clair (sol sec) au bleu foncé (sol saturé), de la surface jusqu'à une profondeur de 4 m pour la période comprise entre 1969 et 2016	29
Figure 15 Emplacements des forages et courbes isohypses des eaux souterraines dans le champ proche du Silala, déterminées par interpolation des cotes des puits piézométriques et des excavations des zones humides réalisées à des fins d'échantillonnage des sols. N.B. : les courbes tracées à distance des zones humides et des forages sont incertaines	31
Figure 16 Concentrations en ¹⁴ C (chiffres en gras) et diagrammes de Stiff illustrant la chimie des eaux dans les sites d'échantillonnage du Silala ; les eaux de	33

source de la zone humide nord et celles de la rive droite au Chili apparaissent sensiblement différentes des eaux souterraines plus profondes issues de la zone de failles et des eaux de source de la zone humide sud

Figure 17	A) délimitation des unités hydrogéologiques (HGU) dans la zone du Silala ; B) images satellite du Silala, avec les HGU apparaissant en superposition	35
Figure 18	Modèle-cadre hydrogéologique restitué en trois dimensions. La faille de Silala (HGU7) est surlignée en rouge. Les unités restantes sont affichées en transparence pour faciliter la visualisation du sous-sol modélisé	36

TABLEAUX

Tableau 1	Unités hydrogéologiques	34
-----------	-------------------------	----

ANNEXES

Annexe A	Bassin versant du Silala
Annexe B	Climate Analysis (analyse du climat) <i>[non traduite]</i>
Annexe C	Surface Waters (eaux de surface) <i>[non traduite]</i>
Annexe D	Analyses pédologiques
Annexe E	Water Balance (bilans hydriques) <i>[non traduite]</i>
Annexe F	Hydrogéologie
Annexe G	Modélisation intégrée des eaux de surface et des eaux souterraines
Annexe H	Scénarios de simulation des écoulements naturels
Annexe I	Questionnaire soumis au DHI par l'Etat plurinational de Bolivie

RÉSUMÉ

Contexte

Le Gouvernement de l'Etat plurinational de Bolivie (par l'intermédiaire de son bureau stratégique des reconnaissances des prétentions maritimes, du Silala et des ressources hydriques internationales, le DIREMAR) a fait appel au DHI (ci-après le «consultant») pour réaliser l'étude technique indépendante intitulée «Analyse des écoulements du système de sources, de canaux et de zones humides du Silala». Le présent rapport constitue le produit final de l'étude.

Les sources et les zones humides appelées Silala se situent dans le département bolivien de Potosí à environ quatre ou cinq kilomètres de la frontière avec le Chili. Les sources sont alimentées par des eaux souterraines qui, à l'état naturel, émergent dans les zones humides. Au début du XX^e siècle, l'Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Company a installé un réseau de drainage, qui conduit aujourd'hui l'eau à travers des canaux aménagés jusqu'à une prise d'eau du côté chilien de la frontière. Un différend subsiste entre le Chili et la Bolivie concernant le statut et l'utilisation des eaux du Silala ; il a été porté devant la Cour internationale de Justice à La Haye.

Objectif

Le principal objectif de la présente étude technique est de quantifier les écoulements de surface et souterrains du système de zones humides et de sources du Silala, dans les conditions actuelles (modifiées) et à l'état naturel, à savoir en l'absence du réseau de chenalisation et de drainage aménagé par l'homme.

Approche

Si les écoulements de surface peuvent être mesurés directement, la quantification des écoulements souterrains (souvent qualifiés de partie cachée du cycle de l'eau) est plus complexe, car elle repose sur l'interprétation de cartes géologiques (représentations de surface) et d'informations relatives aux propriétés hydrogéologiques extraites de forages et de méthodes géophysiques indicatives.

Afin de constituer un ensemble de données suffisant permettant la quantification des écoulements, une campagne intensive de collecte de données a été réalisée à l'aide de diverses techniques : observation des écoulements de surface, cartographie géologique, forages et analyses hydrogéologiques et analyse des couches supérieures du sol.

Bien que les écoulements souterrains circulant dans le système de sources du Silala proviennent d'une aire plus vaste en amont, la quantification des écoulements actuels et de l'incidence de la chenalisation aménagée par l'homme peut être circonscrite à une zone bien plus restreinte. Cette zone du «champ proche» s'étend sur seulement quelques kilomètres carrés dans la vallée du Silala, commençant à la frontière internationale et se terminant juste en amont des zones humides nord et sud du Silala. La collecte de données et les analyses techniques se sont par conséquent concentrées sur le «champ proche».

Les données historiques sur les écoulements et le climat qui prévalaient avant l'introduction des canaux sont insuffisantes pour quantifier correctement les flux d'eau antérieurs aux travaux de chenalisation. Ainsi, pour les besoins de la présente étude, l'approche suivante a été retenue :

- analyse exhaustive du système d'écoulement actuel (modifié) afin de construire un modèle conceptuel fiable représentant le système, qui repose notamment sur la compréhension de ses

facteurs hydrologiques et hydrogéologiques clés et des influences que la chenalisation a eues sur les processus sous-jacents ;

- mise à profit de cette connaissance conceptuelle pour établir un modèle mathématique du système ;
- utilisation des mesures et des modèles conceptuel et mathématique pour quantifier les écoulements actuels ; et
- suppression des canaux dans le modèle mathématique et application de ce scénario pour quantifier les écoulements en l'absence de canaux.

2 Pour compléter les analyses, les taux d'infiltration et de recharge des aquifères dans les conditions climatiques actuelles ont également été évalués.

Principales constatations

Concernant les écoulements de surface circulant actuellement dans le système, nous constatons ce qui suit :

1. En dépit des mesures simultanées de débit relevées de manière indépendante et continue des deux côtés de la frontière au Chili et en Bolivie, l'écoulement réel dans le canal à la frontière reste incertain. Selon les données disponibles, l'écoulement de surface transfrontière a un débit de 160 à 210 l/s.

2. Les chroniques de débit enregistrées en Bolivie comme au Chili font apparaître une fraction large et constante correspondant au débit de base, ce qui traduit le fait que l'écoulement est principalement alimenté par des apports souterrains. L'absence de variations saisonnières claires confirme également que le ruissellement de surface n'est pas une source d'apports importante.

3. Les mesures simultanées réalisées à l'aide de débitmètres à turbine dans le cadre de la présente étude font apparaître de manière assez systématique un débit d'environ 160 l/s à la frontière pendant la période comprise entre mai et septembre 2017. Ces mesures montrent que les zones humides nord et sud contribuent à hauteur d'environ 40 % et 60 % respectivement à l'écoulement au point de confluence.

4. Il apparaît que les apports émanant de sources identifiables dans les zones humides nord et sud assurent à peu près 60 % de l'écoulement total dans le canal à la confluence des canaux nord et sud, tandis que les apports diffus d'eaux souterraines fournissent les 40 % restants.

Concernant les écoulements souterrains circulant actuellement dans le système, nous constatons ce qui suit :

5. Les niveaux piézométriques observés dans de nombreux forages établis dans le «champ proche» du Silala et à des étages supérieurs indiquent clairement que l'écoulement des eaux souterraines se fait dans la direction est-ouest. Si l'on considère conjointement les éléments factuels tirés des forages d'un aquifère perméable saturé en eau, on a la preuve de la présence d'un écoulement souterrain transfrontière pénétrant en territoire chilien.

6. Si d'importantes incertitudes persistent quant à l'ampleur de l'écoulement souterrain transfrontière, les gradients hydrauliques, l'épaisseur de l'aquifère ignimbritique et la conductivité

hydraulique indiquent que le flux est considérable, c'est-à-dire comparable à l'écoulement de surface actuel.

7. Selon les résultats de modélisation en champ proche, les eaux souterraines qui franchissent la frontière sur une largeur de 450 m de part et d'autre de la gorge s'écouleraient actuellement à un débit de l'ordre de 100 l/s.

8. D'après l'analyse d'échantillons d'eau, les eaux des zones humides nord et sud pourraient avoir jusqu'à 1000 et 11 000 ans d'âge respectivement, ce qui porte à croire que les temps de résidence des eaux souterraines dans les aquifères sont relativement longs et que les recharges ont des origines différentes.

9. Les résultats du modèle confirment l'existence d'un système couplé d'eaux souterraines et d'eaux de surface dans le «champ proche» du Silala, s'étendant au-delà de la frontière.

Nos analyses montrent qu'en l'absence de canaux aménagés par l'homme :

10. En l'absence de canaux, tant les eaux de surface que les eaux souterraines traverseraient la frontière. La réduction de l'écoulement de surface par rapport aux conditions actuelles serait de 30 à 40 %. Cette estimation tient compte de l'effet produit dans la zone du champ proche du Silala, à savoir l'augmentation de l'évapotranspiration et les pertes par infiltration sur le segment de la confluence à la frontière.

11. En l'absence de canaux, une quantité supérieure d'eau traverse la frontière sous forme d'eaux souterraines. L'écoulement souterrain sur une largeur de 450 m à la frontière connaît une *augmentation* de l'ordre de 7 à 11 % par rapport à la situation actuelle.

3

12. L'évapotranspiration est 20 à 30 % plus élevée lorsque l'on supprime les canaux et que l'on restaure les zones humides. Cela correspond toutefois à une *réduction* de seulement 2 à 3 l/s du débit combiné des écoulements souterrains et de surface à la frontière.

13. En l'absence de canaux, il est *impossible* que tous les écoulements de surface émergeant dans les zones humides s'infiltrent entre le point de confluence et la frontière. L'estimation la plus vraisemblable (fondée sur des simulations détaillées) indique que 8 à 12 % de l'écoulement pourrait être perdu au profit d'un écoulement hypodermique. Les pertes pourraient grimper tout au plus à 25 %.

14. Les canaux ont modifié la *quantité* d'eau débitée par les sources de Silala mais *pas la direction* de l'écoulement naturel sortant des zones humides du Silala. En l'absence de canaux, les eaux provenant des sources s'écoulaient aussi en direction du Chili.

Autres contributions

Le DHI s'est attaché à poursuivre les objectifs du projet et à évaluer les effets d'un éventuel démantèlement du réseau de chenalisation et de drainage.

Dans les annexes jointes au présent rapport final sont décrites plusieurs autres analyses conduites séparément, qui sont également importantes. Outre qu'elles étayaient les conclusions du projet, elles constituent chacune un livrable qui contribue à la description et à la connaissance

actualisée des caractéristiques climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques des zones humides du Silala.

5

1. INTRODUCTION

1.1. Projet

Dans le cadre du contrat CDP-I n° 001/2017 conclu le 7 février 2017, la direction de la protection des sources du Silala (ci-après la «DIRESilALA») a fait appel au DHI pour réaliser la première partie de la présente étude technique des écoulements du système de zones humides et de sources du Silala.

La DIRESilALA a par la suite été intégrée au DIREMAR, qui a signé deux autres contrats avec le DHI (contrats CDP-I 15/2017 et CDP-I 01/2018) pour l'exécution du reste de l'étude. Le présent rapport représente le produit final de l'étude technique des écoulements du système de zones humides et de sources du Silala.

Les sources du Silala sont situées à des altitudes comprises entre 4300 et 4400 m au-dessus du niveau de la mer, dans la zone aride occidentale du département de Potosí en Bolivie, à quelques kilomètres de la frontière avec le Chili (voir la figure 1). Le système de sources du Silala est alimenté en eaux souterraines depuis l'intérieur du territoire bolivien et constitue, côté bolivien, la seule ressource vive en eau de surface dans un rayon de 20 km.

Le système de sources du Silala en Bolivie consiste aujourd'hui en un système d'écoulement modifié, au sein duquel un réseau sophistiqué de canaux revêtus de pierres draine les zones humides du Silala et transporte l'eau efficacement depuis les nombreuses sources individuelles qui émergent dans les zones humides nord et sud en Bolivie jusqu'à une prise d'eau située du côté chilien de la frontière internationale, à environ 4 km en aval (voir la figure 2).



Figure 1
Emplacement du système de sources du Silala

1.1.1. Objectifs

L'objectif du projet est de mener une étude technique des écoulements du système de zones humides et de sources du Silala afin de quantifier les écoulements de surface et souterrains, à la fois dans les conditions actuelles et à l'état naturel, c'est-à-dire suppression faite du réseau de chenalisation et de drainage aménagé par l'homme. La chenalisation a été introduite par l'Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Company au début du XX^e siècle pour contraindre l'écoulement des sources du Silala et utiliser cette eau pour approvisionner les locomotives à vapeur de la compagnie ferroviaire. Le projet peut être circonscrit à un «champ proche» dans la vallée du Silala, allant de la frontière bolivo-chilienne à un point situé immédiatement en amont des zones humides nord et sud du Silala, en Bolivie, à environ 3,5 km au-dessus de la frontière.

1.2. A propos du présent rapport

Le présent rapport retranscrit les résultats de l'étude et en présente les conclusions. La partie qui suit fait la synthèse des analyses techniques et des conclusions de l'étude, décrites plus en détail dans les annexes A à G, qui se rapportent chacune à l'une des sections techniques du rapport principal.

6 Le rapport s'articule comme suit :

- Section 1 (Présente section) Introduction et contexte de l'étude dans son ensemble.
- Section 2 Description du système de sources du Silala et du secteur hydrologique dans lequel il se situe. Cette partie comprend également un résumé des précédents travaux utiles à la compréhension de l'hydrologie et de l'hydrogéologie de la zone du Silala.
- Section 3 Analyses par le DHI des termes climatiques les plus pertinents, à savoir les précipitations, la température et l'évaporation potentielle dans la zone du Silala.
- Section 4 Présentation des informations disponibles et des analyses du DHI relatives aux écoulements de surface actuels émanant des sources et des zones humides du Silala.
- Section 5 Analyses et caractéristiques hydrauliques des zones humides et des couches superficielles de sol dans la zone d'amont.
- Section 6 Estimations par le DHI de la recharge des aquifères et du bilan hydrique des zones d'altitude dans les conditions climatiques actuelles, en tenant compte des types de sols présents.
- Section 7 Représentation conceptuelle hydrogéologique proposée par le DHI pour la zone du Silala, conçue à partir d'études antérieures et du vaste programme de collecte de données hydrogéologiques sur le terrain.
- Section 8 Description de la création et du calage du modèle numérique intégré des eaux de surface et des eaux souterraines, établi sur la base de la représentation conceptuelle du système (sections 4 et 7).
- Section 9 Présentation des résultats produits par les scénarios de modélisation des conditions d'écoulement dans le système de sources du Silala à l'état naturel, dans le régime climatique actuel, mais sans chenalisation.
- Section 10 Résumé des conclusions et recommandations de l'étude.
- Section 11 Références bibliographiques.

1.3. Approche et méthodologie de l'étude

Le système de canaux a été mis en place au début du XX^e siècle par l'Antofagasta (Chili) and Bolivia Railway Company (ci-après la «FCAB») afin d'assurer l'approvisionnement en eau de ses locomotives à vapeur et a été entretenu jusqu'à il y a peu par l'entreprise pour éviter la prolifération des mauvaises herbes et l'envasement des canaux.

Dans son état actuel, le principal canal du système modifié transporte entre 160 et 210 l/s à la frontière. L'objectif de la présente étude est de déterminer quel aurait été le débit transfrontière (le cas échéant) si le système du Silala avait été maintenu à l'état naturel, sans canaux.

On dispose de très peu d'informations sur le climat et l'hydrologie de la zone avant l'introduction des canaux et, puisque le climat peut varier sur des échelles décennales, il n'est pas possible de recréer exactement les conditions hydrologiques originelles qui existaient avant la construction des canaux. Par conséquent, l'approche retenue dans la présente étude consiste à analyser en détail le système modifié tel qu'il existe aujourd'hui, à établir un modèle capable de refléter les facteurs qui expliquent que la chenalisation a influé sur le système naturel, et à simuler le système qui existerait dans les conditions climatiques actuelles mais à l'état naturel, sans canaux.

Bien que les écoulements souterrains qui émergent par le système de sources du Silala proviennent d'un bassin versant plus large en amont, les effets des modifications introduites qui intéressent l'étude sont circonscrits à un «champ proche» dans la vallée du Silala, qui s'étend de la frontière internationale jusqu'à un point immédiatement en amont des zones humides nord et sud du Silala, et ils sont décrits par les processus à l'œuvre au sein de cette zone (voir la figure 2).

7

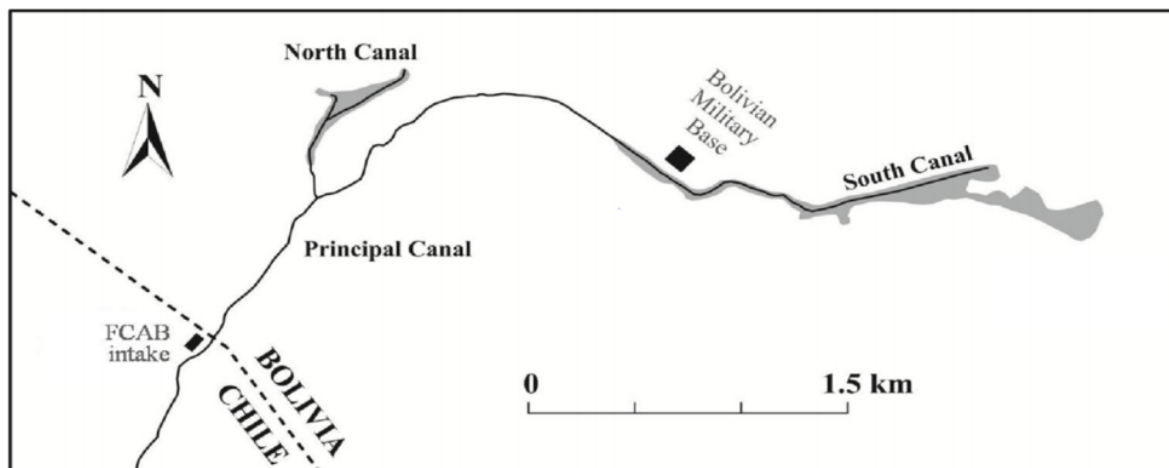


Figure 2
Etendue approximative du champ proche du Silala (Mulligan et Eckstein, 2011)

Légende:

FCAB Intake	=	Prise d'eau de la FCAB
North Canal	=	Canal nord
Principal Canal	=	Canal principal
Bolivian Military Base	=	Base militaire bolivienne
South Canal	=	Canal sud

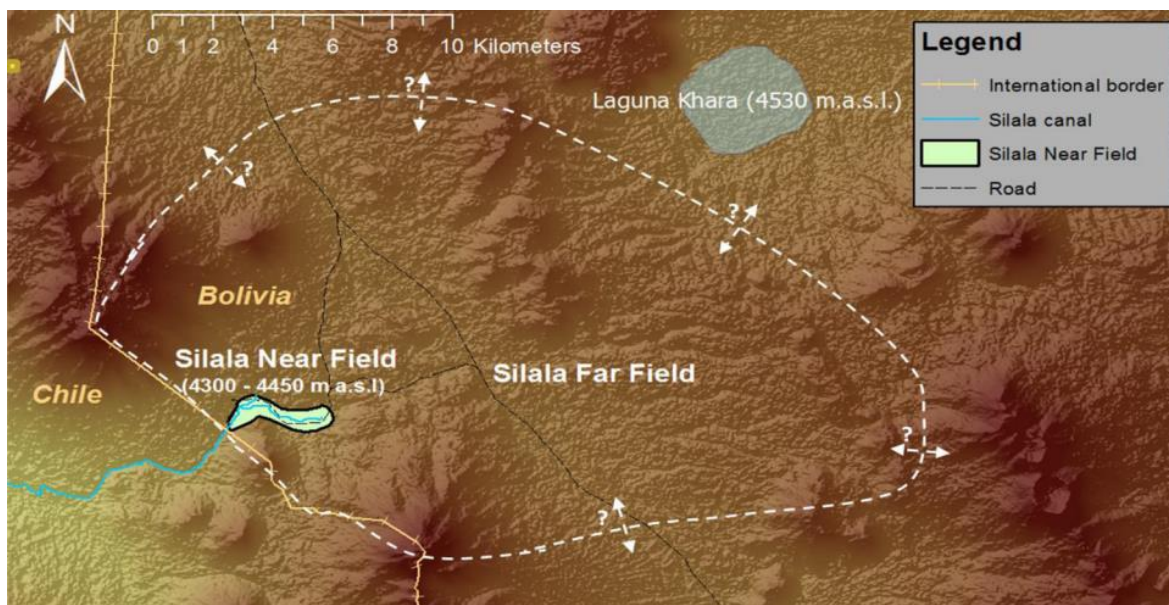


Figure 3
Etendue approximative du champ lointain du Silala

Légende:

Near Field	=	Champ proche
Far Field	=	Champ lointain
International border	=	Frontière internationale
Silala canal	=	Canal du Silala
Silala Near Field	=	Champ proche du Silala
Road	=	Route

En outre, compte tenu du cahier des charges et du calendrier du présent projet, il n'a pas été possible de recueillir et traiter suffisamment d'informations hydrogéologiques pour mener une analyse exhaustive et déterminer la superficie et les conditions d'écoulement exactes de la totalité du bassin versant en amont qui alimente les sources en eaux souterraines. Ce bassin versant plus large est désigné ici «champ lointain» (voir la figure 3). Dans la présente étude, il a donc été décidé de concentrer le programme de collecte de données et les analyses techniques sur le champ proche du Silala.

Pour améliorer la base des analyses techniques, un programme intensif de collecte de données a été exécuté en parallèle dans le champ proche du Silala. Ce programme de collecte de données comprenait les activités suivantes : cartographie de la géologie de surface, observation des écoulements de surface, forages et analyses hydrogéologiques, prélèvement d'échantillons de sol dans les zones humides et observation de transects géophysiques. Les données de sortie du programme, de même que les informations recueillies précédemment, jettent les bases des analyses techniques réalisées pour la présente étude.

9

2. LE SYSTÈME ET LA RÉGION

Le Silala fait partie de l'Altiplano, ensemble de prairies arides (puna) de haute montagne qui débouche sur le désert d'Atacama et son climat aride. La topographie et la géologie de l'Altiplano sont fortement influencées par la présence de volcans et d'épais dépôts de courants de densité pyroclastique (ignimbrites) (SERGEOMIN, 2003). Compte tenu du climat et de l'altitude, la végétation est formée de graminées clairsemées et éparses occupant les plaines et les flancs des

volcans. Les vallées ou dépressions à plus faible altitude accueillent des zones humides à apports souterrains dominants (figure 4).

10

2.1. Les zones humides

Le système de sources du Silala est un exemple d'un type de zone humide d'altitude que l'on trouve dans la région andine, décrit comme un marécage, appelé *bofedal*, avec tourbières à *Distichia* en forme de coussinets dans les cinq premiers centimètres de la surface du sol.

Les zones humides sont vulnérables et ont besoin d'un apport d'eau stable et fiable à long terme, permettant de soutenir des conditions hydrologiques adaptées et, avec le temps, de développer des tourbières à base de dépôts organiques. Sur le site du Silala, l'étendue des zones humides nord et sud est contrainte par la topographie et les eaux souterraines émergeant des sources.



Figure 4

Végétation à l'intérieur et à la surface de la zone humide sud du Silala

Source : visite de terrain du DHI, février 2018.

Les sources du Silala sont déclarées zone à protéger au titre de la convention RAMSAR. La convention a pour mission la «conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier». Dans le droit fil de la convention, le Gouvernement bolivien émet le souhait de restaurer dans leur état naturel les sources et les zones humides du Silala. En outre, le Silala fait partie de la réserve nationale de faune andine Eduardo Abaroa.

2.2. La région du Silala

Le Silala est situé dans une région au climat désertique, caractérisé par de faibles précipitations, des températures basses, mais une évaporation potentielle élevée. En dehors des zones humides, la végétation est très clairsemée et les couches supérieures des sols sont grossières et sableuses (figure 4), puisque ce sont à l'origine des laves et des formations ignimbrtiques qui ont été érodées par les éléments ou le passage de glaciers.

La formation rocheuse de socle se compose de couches ignimbritiques, généralement inclinées vers l'ouest, et la vallée qui abrite les sources, les zones humides et les canaux du Silala correspond, d'après les analyses, à des failles majeures dans les ignimbrites (SERGEOMIN, 2001).

Comme décrit plus en détail à l'annexe F consacrée à l'hydrogéologie, les ignimbrites sont poreuses et fracturées et il a été constaté qu'elles présentaient des conductivités hydrauliques très élevées. Dans certaines zones, les ignimbrites se trouvent en contact direct avec les couches supérieures de sol qui les recouvrent, tandis que dans d'autres parties de la zone étudiée, on trouve, en superposition, des couches de laves qui ont été déposées par des éruptions plus tardives.

Les charges potentielles des eaux souterraines, telles que mesurées dans les piézomètres établis par le DIREMAR pour les besoins de la présente étude, traduisent l'existence d'un écoulement souterrain qui circule de zones d'altitude à l'est vers les sources du Silala, puis poursuit son trajet en direction de la frontière internationale (annexe F).

2.2.1. Le bassin versant du Silala

Le Silala est un système à apports souterrains, la contribution des écoulements de surface du bassin versant étant faible comparée aux apports permanents ou à variations lentes des écoulements souterrains (voir la section 4).

Le mémoire du Chili (Alcayaga, 2017) délimite, pour le Silala, un bassin versant strictement topographique en amont du poste de police d'Inacaliri. Sur toute la surface de ce bassin versant, une aire de 59,1 km² contribue au débit à la frontière internationale. La recharge issue des précipitations tombées sur ce bassin versant topographique (59,1 km²) ne peut, à elle seule, expliquer les écoulements transfrontières observés (voir la section 6). Le bassin versant hydrologique qui alimente les sources du Silala en eaux souterraines est par conséquent bien plus vaste.

La présente étude a permis de déterminer les contours probables du bassin versant hydrologique, d'une superficie de 234,2 km², qui draine les sources du Silala à travers des failles hydrogéologiques et des aquifères connus. Ce bassin versant hydrologique a servi de base aux évaluations de la recharge et du bilan hydrique décrites dans le présent rapport. Nous avons découvert que la recharge des aquifères de ce bassin versant peut soutenir un écoulement du même ordre de grandeur que les écoulements de surface et souterrains transfrontières estimés.

Toutefois, les estimations des écoulements souterrains transfrontières et celles du climat du bassin versant sont incertaines, et la superficie exacte du bassin versant hydrologique réel (le champ lointain) reste inconnue, bien que le bassin versant délimité et ses 234,2 km² (voir la figure 5) assurent une recharge suffisante pour expliquer une part substantielle de l'écoulement transfrontière.

11

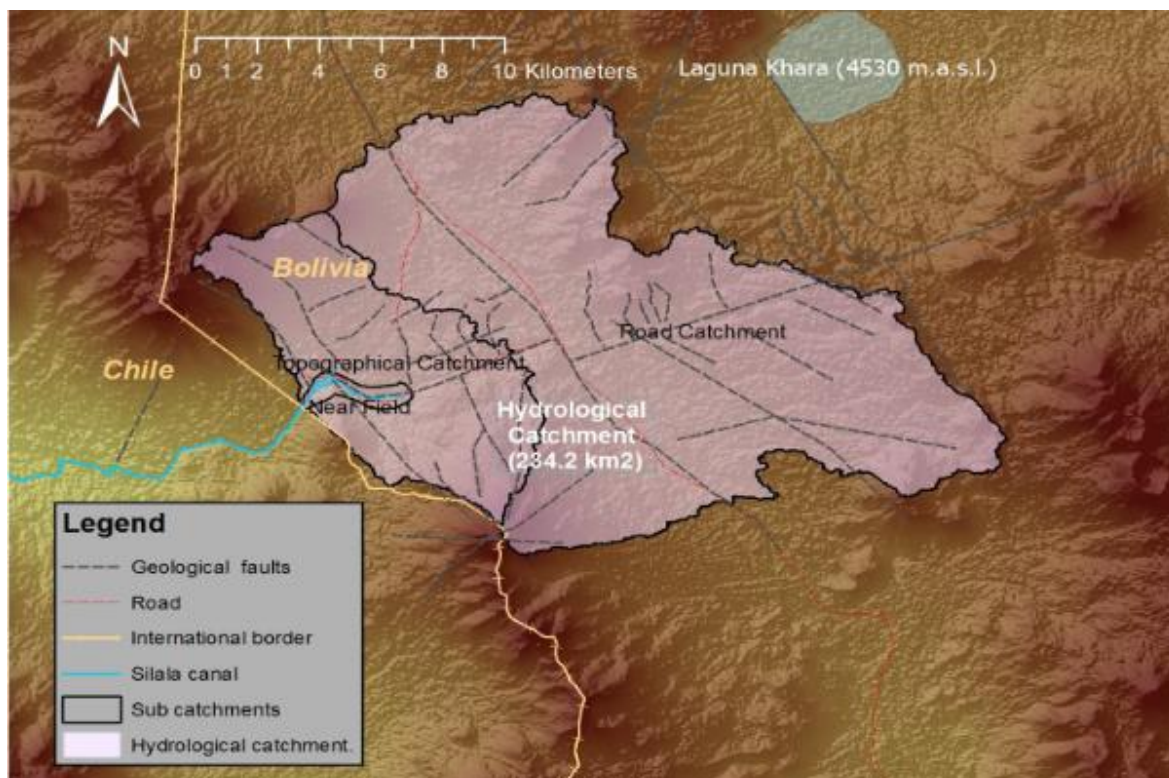


Figure 5

Bassin versant hydrologique qui a servi de base aux évaluations de la recharge et aux bilans hydriques réalisés pour les besoins de la présente étude

Légende:

Topographical Catchment	=	Bassin versant topographique
Road Catchment	=	Bassin versant routier
Hydrological Catchment	=	Bassin versant hydrologique
Geological catchement	=	Faillles géologiques
Road	=	Route
International border	=	Frontière internationale
Silala canal	=	Canal du Silala
Sub catchments	=	Sous-bassins versants
Hydrological catchment	=	Bassin versant hydrologique

2.3. Descriptions historiques du système de sources du Silala

Pendant les travaux de construction de la ligne de chemin de fer reliant la Bolivie, qui se sont déroulés en 1909 et 1910, la FCAB a installé une conduite d'eau allant du Silala jusqu'à San Pedro au Chili pour assurer l'approvisionnement en eau de ses locomotives à vapeur.

En 1922, R. H. Fox, ingénieur en chef des travaux d'adduction d'eau de la FCAB, a publié un article sur le ravitaillement en eau de la ligne de chemin de fer (Fox, 1922) et a décrit la prise d'eau sur le Silala en ces termes : «un petit barrage à travers le cours d'eau dont le débit quotidien (à quelques variations près) s'élève à 11 300 m³/jour» (soit 131 l/s). C'est légèrement inférieur à la fourchette de débits actuelle, à savoir 160-210 l/s (voir la section 4).

En 1928 a été introduit le système sophistiqué de canaux tel qu'il existe aujourd'hui. Ce réseau sophistiqué et invisible de conduites et de canaux revêtus de pierres a été conçu pour drainer les zones humides et acheminer les écoulements de manière efficace depuis les nombreuses sources

recensées sur les rives et à l'intérieur des zones humides jusqu'à la prise d'eau située à proximité de la frontière internationale entre la Bolivie et le Chili.

2.4. Processus par lesquels la chenalisation peut avoir influé sur les écoulements transfrontières

Les effets des interventions de l'homme sur les zones humides sont clairement visibles sur le terrain et sur les photos aériennes et images satellite fournies par le DIREMAR. On peut y voir les ouvrages de drainage et de chenalisation, de même que les opérations plus récentes de mise hors service ou de modification de certaines sections des canaux (annexe C).

12

Les processus expliquant l'incidence de la chenalisation sur l'écoulement sont les suivants :

Augmentation du débit émergent de sources et apports diffus, en raison de la diminution de la perte de charge hydraulique provoquée par l'élimination de la tourbe ou de la couverture rocheuse encaissante

La plupart des extrémités amont du réseau de drainage aménagé dans les zones humides nord et sud coïncident avec une source identifiable. A ces points d'émergence des sources, la terre et les éventuelles couches sous-jacentes de matériaux ou roches plus grossiers ont été intégralement enlevées. Cela accroît les débits des sources du fait d'une moindre résistance à l'émergence des eaux souterraines. A l'état naturel, les volumes d'eau émergent en surface seraient moindres tandis que ceux de l'eau retenue dans le sous-sol seraient supérieurs. Le raccordement direct de la source au réseau de canaux de drainage permet d'acheminer l'eau plus efficacement à partir du système de la zone humide, ce qui réduit la quantité d'eau stockée dans celle-ci par rapport à la situation naturelle.

Diminution de l'évapotranspiration réelle en raison du drainage et de l'assèchement des zones humides

Tant le stockage de l'eau que les processus d'évapotranspiration dans les sols des zones humides ont été court-circuités. Les canaux de drainage traversent une grande partie des zones humides, si bien que, non seulement ils conduisent l'eau de manière efficace à partir des sources, mais ils font en outre baisser les niveaux d'eau le long des canaux. L'abaissement du niveau des nappes libres et de la teneur en eau des sols le long des canaux a pour effet de réduire davantage la quantité d'eau disponible pour la végétation hygrophile et d'amoindrir l'évapotranspiration dans la zone humide. L'abaissement des nappes libres se traduit également par une réduction de la surface globale de stockage de l'eau dans la zone humide, ce qui accroît les débits d'écoulement en aval. Dans des conditions naturelles, l'eau circulerait plus lentement dans les zones humides, que ce soit en surface ou en sous-sol.

Réduction de l'infiltration des eaux de surface dans les secteurs où les niveaux des nappes libres sont inférieurs au niveau topographique

Bien que le revêtement des canaux soit perméable, il peut quand même réduire les échanges avec les sols environnants, comparé à un chenal naturel à écoulement libre, et limiter le suintement d'eau sortant du canal. Toutefois, un effet plus important se produit du fait que l'écoulement est concentré dans un canal plus étroit, tandis que, à l'état naturel, une zone d'écoulement plus large favoriserait une plus grande infiltration au profit des aquifères sous-jacents.

3. CLIMAT

La présente section résume nos estimations les plus plausibles des paramètres climatiques pertinents inclus dans les études du bilan hydrique du bassin versant, telles que décrites à la section 6, et dans les études détaillées du couple eaux souterraines-eaux de surface dans le champ proche du Silala (voir la section 8). Les détails techniques de notre méthode et des résultats d'analyse du climat sont exposés à l'annexe B du présent rapport.

3.1. Approche retenue pour les analyses du climat

Le Silala se trouve dans une zone au climat désertique, caractérisée par des précipitations extrêmement variables d'une année à l'autre. En d'autres termes, les rares années humides, la recharge des aquifères peut être dominée par les précipitations. Pour évaluer la recharge moyenne et analyser en détail les écoulements du système de sources du Silala, il faut donc disposer de données systématiques et fiables, sur de nombreuses années, pour les précipitations locales, l'évaporation potentielle et la température.

La densité des stations climatologiques est faible dans la zone et la précision de certains relevés est affaiblie par les rudes conditions climatiques et l'isolement du Silala. Bien que les paramètres climatologiques les plus utiles (précipitations, évaporation potentielle et température) varient sensiblement selon l'endroit dans les zones de montagne, il est néanmoins important d'utiliser les données mesurées dans la zone qui nous intéresse.

Les chroniques climatologiques du bassin versant hydrologique (figure 5) ont été établies à partir des observations au sol effectuées au niveau local, combinées aux données topographiques relatives au bassin versant. Là où les observations au sol localisées ont été jugées insuffisantes pour représenter la totalité du bassin versant, des observations par satellite de la zone ont été utilisées pour compléter les relevés de terrain. Il est considéré que cette combinaison d'observations au sol et par télédétection dans la zone localisée offre une estimation plus fiable du bassin versant du Silala que celle produite par corrélation d'observations sur de longues distances ou par importation de données d'autres zones présentant des caractéristiques différentes.

3.2. Précipitations

Les précipitations sont le paramètre le plus important des analyses hydrologiques et, en particulier dans les zones de montagne telles que la zone du Silala, elles varient considérablement entre points rapprochés. En outre, la densité des stations d'observation est généralement faible dans ce type de zones reculées, ce qui complique davantage les évaluations des précipitations.

Les précipitations qui tombent sur le bassin versant du Silala sont principalement causées par une activité convective d'orientation nord-est sud-ouest, les pluies étant plus fortes pendant l'été austral, entre décembre et mars, et plus faibles pendant les mois d'hiver, d'avril à septembre.

Sur le site du Silala, les deux stations locales sont situées respectivement dans le camp militaire de la zone humide sud et à la prise d'eau qui se trouve du côté chilien de la frontière. Malheureusement, les deux stations disposent de séries de données trop courtes pour décrire la variation interannuelle du climat dans la zone.

La conjugaison des données de la station au sol d'Inacaliri (à 5 km en aval de la frontière) et des données de télédétection par satellite (CHIRPS) produit ce qui est considéré comme la meilleure estimation des précipitations à long terme sur le bassin versant, laquelle a été utilisée dans les analyses décrites ici. La moyenne ainsi déduite des précipitations sur le bassin versant s'élève à 125 mm/an pour la période comprise entre 1969 et 2017. Les variations interannuelles sont très

fortes, les précipitations oscillant entre une valeur quasiment nulle en 2009 et 2010 et plus de 300 mm/an en 1997 et en 1999.

14

Des précipitations neigeuses ont été enregistrées et observées dans le bassin versant du Silala pendant l'hiver austral, mais elles n'apparaissent ni dans les données des stations météorologiques ni dans les données satellite des précipitations. Par conséquent, les précipitations mesurées à partir des données des stations, telles que celles utilisées dans la présente étude, sont probablement sous-estimées par rapport aux précipitations réelles, bien qu'il n'ait pas été possible de quantifier le biais.

3.3. Température

Les précipitations relevées sous forme de pluies aux stations de faible altitude tombent sous forme de neige à plus haute altitude. Les données de température sont utilisées pour calculer la formation et la fonte des neiges dans le bassin versant, à plus haute altitude.

Les relevés de température du Silala pour la période 1969-2010 ont été établis par répétition des données des stations de Laguna Colorada et Silala. Dans la région du Silala, la température moyenne annuelle s'élève à 2,2 °C, avec une température quotidienne maximale de 19,6 °C et une température quotidienne minimale de -19,6 °C.

3.4. Evaporation potentielle

Les vents forts et les importants rayonnements reçus de l'atmosphère créent des conditions très favorables à l'évaporation dans le bassin versant du Silala. L'évapotranspiration potentielle (ET_0) représente le pouvoir évaporant de l'atmosphère en un point donné dans le temps et l'espace et dépend exclusivement des variables climatiques locales. C'est un élément important pour les analyses des taux de recharge des aquifères et le calcul des pertes d'eau par évapotranspiration dans les zones humides, tant dans les conditions actuelles qu'à l'état naturel.

L'évapotranspiration réelle, quant à elle, correspond à la quantité d'eau réellement rejetée par l'évaporation des surfaces de sol et par la transpiration des plantes. Elle est régie par la disponibilité en eau et est donc généralement inférieure à l'évapotranspiration potentielle.

Etant donné que les épisodes de précipitations sont intermittents dans le bassin hydrographique du Silala, l'évapotranspiration réelle sur une grande partie de sa surface n'approche le taux potentiel que pendant de courtes périodes, immédiatement après les chutes de pluie. Toutefois, dans les parties saines des zones humides, où l'eau est librement disponible pendant la plus grande partie de l'année, l'évapotranspiration réelle sera proche de l' ET_0 .

Les chroniques d'évapotranspiration potentielle (ET_0) ont été établies à partir des données relevées par trois stations météorologiques : Silala, Laguna Colorada et Sol de Manana. Les séries résultantes font apparaître un taux d'évapotranspiration potentielle annuel de 1472 mm/an, les taux quotidiens oscillant entre environ 2-2,5 mm pendant l'hiver austral et 5-5,5 mm pendant l'été.

Les chroniques d'évapotranspiration potentielle compilées pour le Silala ont été comparées aux relevés quotidiens des sept stations les plus proches au Chili et se situaient dans la fourchette donnée par ces stations.

15

4. LES EAUX DE SURFACE

Les écoulements de surface circulant dans le système actuel sont décrits dans la présente section. La variation spatiale et temporelle des écoulements est analysée et une représentation conceptuelle du système est établie et décrite. Cette représentation décrit les processus qui influent

sur les écoulements de surface à la frontière dans les conditions actuelles. Elle décrit également les modifications introduites par la chenalisation dans le système hydrologique/hydrogéologique et, par conséquent, l'incidence sur les écoulements naturels. C'est essentiel pour construire un modèle numérique (décrit dans les sections 8 et 9).

La présente section expose également les résultats des analyses des données d'écoulement historiques et récentes. Les écoulements actuels à la frontière ainsi que les apports et les possibles échanges avec les différentes sous-parties du système sont quantifiés.

Les analyses détaillées des écoulements de surface qui circulent actuellement dans le système sont décrites à l'annexe C.

4.1. Le système de canaux

De denses réseaux de drainage aménagés par l'homme sont en service dans les zones humides sud et nord. Les canaux de drainage ont été creusés pour former des embranchements secondaires et tertiaires qui collectent l'eau directement dans les différentes sources et les drainent efficacement vers les canaux principaux conduisant l'eau jusqu'à la frontière (figure 6). La couverture des sols, d'une profondeur généralement située entre 0,2 et 1,0 m, a été enlevée le long des canaux de drainage, jusqu'au substratum sous-jacent, et la profondeur des canaux de drainage varie considérablement à travers les zones humides. Les canaux de drainage traversent une grande partie des zones humides et, outre qu'ils collectent l'eau des sources, ils drainent l'eau des sols des zones humides, ce qui abaisse le niveau de la nappe libre dans les sols tourbeux. On en trouve la preuve dans la subsidence de la tourbe.

En l'absence de canaux, une quantité supérieure d'eau serait stockée pendant une période plus longue aussi bien au-dessus qu'en dessous de la surface des sols dans un système de zone humide à l'état naturel. L'effet de l'abaissement des nappes et de la diminution de la teneur en eau des sols le long des canaux suppose une réduction de l'eau disponible pour la végétation hygrophile, ce qui crée des couloirs propices aux herbes envahissantes de terrains secs (figure 7).

16

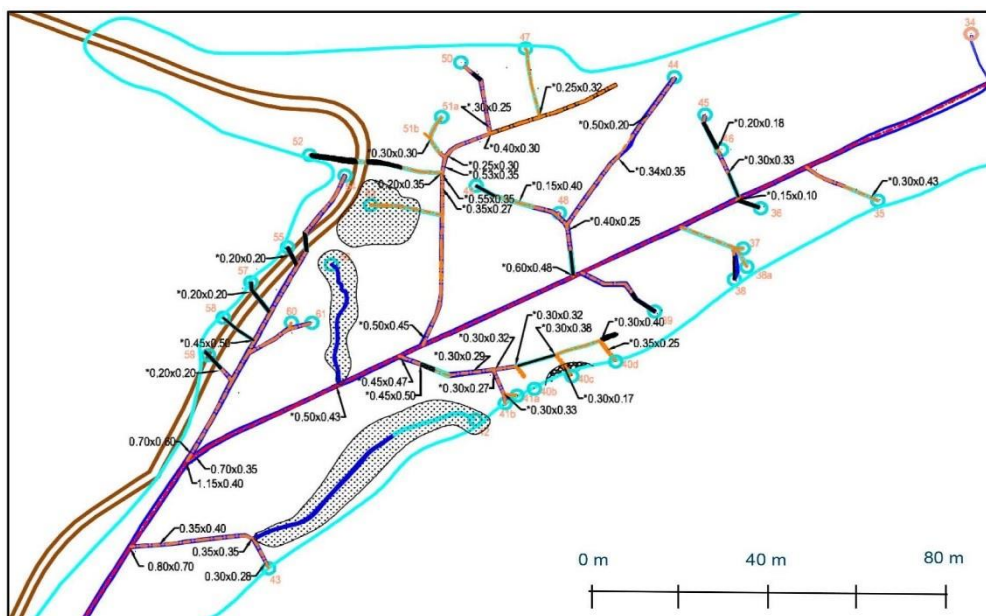


Figure 6
Carte illustrant les différentes parties du réseau de drainage aménagé par l'homme dans la zone humide nord



Figure 7
Canal principal de drainage dans la zone humide nord

Source : DIREMAR 2017

17

4.1.1. Excavations

On distingue clairement des excavations non seulement au niveau des sources et le long des canaux de drainage et du canal principal, mais aussi dans de vastes parties des zones humides. Dans la zone humide nord, on trouve des conduites de drainage raccordées au réseau de drainage à ciel ouvert. Elles ont été installées après excavation de tranchées. Une fois les conduites posées, elles ont été recouvertes de sol, si bien que de vastes pans de la zone humide ont été perturbés et excavés (figure 8). On ne trouve plus que quelques petits carrés cohérents de sols non perturbés et de végétation hygrophile dans les deux zones humides. Dans la zone humide nord en particulier, les sols tourbeux ont été retournés et on distingue de la tourbe à différents stades de décomposition.

En raison de l'abaissement de la nappe libre (qui s'explique par la dérivation de l'eau de source de la zone humide à travers les conduites et excavations), les couches de tourbe sont exposées à des conditions aérobies. Cela entraîne une dégradation progressive des matières organiques. On observe une subsidence, conséquence du drainage et de la dégradation de la tourbe.

Contrairement à ce que l'on voit dans les zones excavées, les zones humides non perturbées présentent une surface onduyante qui abrite un couvert végétal continu et des plans d'eau visibles en surface.

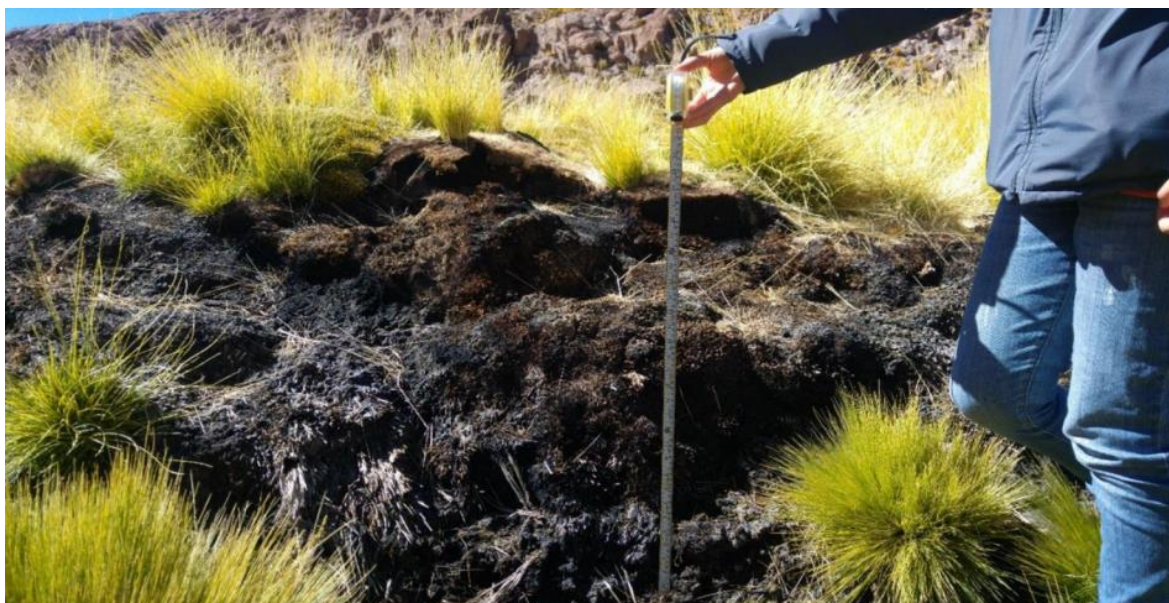


Figure 8

Photo d'une section creusée et profil de tourbe vertical en bordure d'un carré humide non perturbé dans la zone humide nord

Source : visite de terrain du DHI, février 2017

4.1.2. Le canal principal

Les canaux principaux sud et nord sont aussi creusés artificiellement et traversent la partie intermédiaire des zones humides, collectant l'eau provenant des embranchements secondaires et tertiaires du réseau de drainage. Ils forment des sections rectilignes, de pente à peu près uniforme (figure 6). Les canaux principaux font office de collecteurs des réseaux de drainage des eaux de surface, mais aussi de drains localisés dans les zones situées à proximité du chenal. Le canal principal est revêtu de pierres pour plus de stabilité et pour une résistance réduite à l'écoulement. Sur la plus grande partie du tracé, le lit du canal est en contact direct avec la surface du substrat rocheux perméable sous-jacent et, parce que le revêtement est perméable, les eaux filtrent à l'intérieur et à l'extérieur du canal sur toute sa longueur.

4.1.3. Modifications anthropiques ultérieures

Ces dernières années, le réseau de chenalisation a été modifié dans certaines parties du système de zones humides et de sources du Silala. A certains endroits de la zone humide sud, le canal et les drains ont été enlevés, remblayés ou obstrués. On observe ainsi certains segments du canal dépourvus de revêtement pierreux, où des roches ont été entassées en travers du canal et des drains, ce qui fait grimper les niveaux d'eau en amont et dériver l'eau vers des sous-systèmes de zone humide. Ces modifications semblent résulter de tentatives partielles de restauration de la zone humide (figure 9).



Figure 9

Modification du canal pour dériver l'écoulement vers un sous-système de zone humide (DHI, 2017)

4.2. Distribution observée et variations temporelles de l'écoulement

Les mesures de l'écoulement relevées en continu dans le canal du Silala proviennent de deux stations de mesure permanentes situées à proximité de la frontière internationale, respectivement en Bolivie et au Chili. Ces données ont été complétées par de nouveaux relevés effectués par le SENAMHI en 2017 ; les données obtenues entre mai et septembre 2017 ont été mises à disposition pour les besoins de la présente étude. Le programme de terrain comprend des mesures d'écoulement relevées par débitmètre à microturbine (21 points de mesure), des mesures des émissions de sources (20-33 sources) et les relevés continus de la cote de l'eau en amont des déversoirs (six points de mesure), qui sont convertis en données d'écoulement.

Les chroniques hydrologiques longues disponibles pour les chenaux permanents boliviens et chiliens montrent que les débits moyens oscillent entre environ 160 l/s et 210 l/s, les séries chiliennes renfermant toutefois des débits généralement inférieurs de 15-25 l/s à ceux des séries boliviennes. De manière générale, les variations temporelles de l'écoulement dans les deux sites ne sont pas mutuellement corrélées ni corrélées aux saisons, au climat ou aux épisodes directs de ruissellement.

L'analyse des données d'écoulement des deux chenaux permanents démontre clairement que les écoulements sont dominés par des apports souterrains, relativement constants dans le temps. Les variations temporelles observées dans les deux séries de données sont propres à chaque site et ne peuvent être expliquées par les réponses enregistrées dans les sites de mesure voisins ou par un quelconque événement climatique ou épisode de ruissellement.

En dépit des mesures simultanées de débit relevées de manière indépendante et continue des deux côtés de la frontière au Chili et en Bolivie, l'écoulement réel du canal à la frontière reste incertain (160-210 l/s).

La distribution des mesures de débit a été utilisée pour calculer la distribution spatiale des entrées d'eau dans le système de chenalisation, telle que présentée à la figure 10. Ces mesures montrent que les zones humides nord et sud contribuent à hauteur de quelque 40 % et 60 %, respectivement, à l'écoulement et qu'une part considérable de l'écoulement circulant dans le canal sud pénètre le système le long des secteurs supérieurs de la gorge sud, en amont de la confluence.

19

On trouvera un profil vertical du canal sud à la figure 11, qui permet de comparer les écoulements et niveaux des canaux observés avec les niveaux piézométriques observés dans les

forages et les niveaux des sources. Notons que les niveaux des eaux souterraines sont supérieurs au lit du canal dans les secteurs présentant d'importantes hausses de débit. Des profils similaires ont été établis pour le canal nord et le canal principal et sont illustrés respectivement à la figure 12 et à la figure 13.

Il apparaît que les apports émanant de sources identifiables dans les zones humides nord et sud assurent à peu près 60 % de l'écoulement total du canal à la confluence des canaux nord et sud, tandis que des apports diffus fournissent les 40 % restants.

De plus petites variations journalières périodiques de l'écoulement ont été détectées dans les sept sites de mesure continue pendant l'hiver 2017. Elles ne peuvent être causées par l'évaporation de la zone humide, car les débits sont les plus élevés en milieu de journée, période où l'évaporation tendrait à réduire les écoulements. Les variations du débit s'expliquent peut-être par le gel de l'eau et sa fonte dans les zones humides.

Les mesures de l'écoulement ont offert de précieuses informations sur la distribution spatiale des apports d'eau et ont permis de ventiler les bilans hydriques par secteur. Bien que l'on relève d'importants flux entrants (environ 95 l/s) provenant des sources dans les zones humides nord et sud, un vaste apport d'eau souterraine a été mis en évidence le long du canal sud entre les points C3 et C5, en particulier le long des secteurs supérieurs de la gorge, qui correspondent à une baisse brutale localisée du niveau topographique et des niveaux des canaux.

Les différentes mesures de débit relevées en continu autour des secteurs C5-C7, immédiatement en amont de la frontière, ont révélé des incohérences entre les chroniques de débit et n'ont pas permis de restreindre la fourchette de débits établie pour le canal.

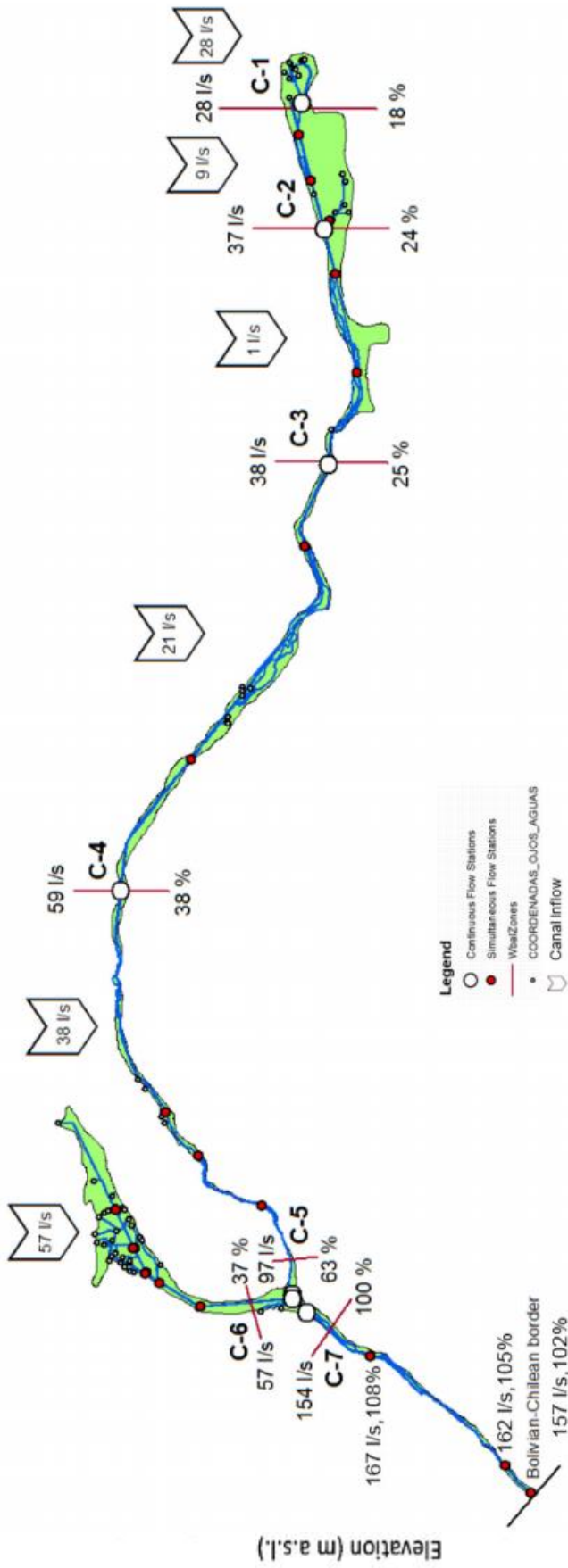


Figure 10
Cartographie des écoulements et des apports nets, établie à partir de mesures simultanées du débit moyen du canal (en l/s), et part de l'écoulement au point de confluence (le point d'évaluation le plus fiable)

Légende:

- Continuous flow Stations = Stations de mesure continue du débit
- Simultaneous flow Stations = Stations de mesure simultanée du débit
- WbalZones = wbalZones
- Coordenadas Ojos Aguas = Coordenadas Ojos Aguas
- ↳ Canal inflow = Flux entrant dans le canal

Profile A - Southern canal

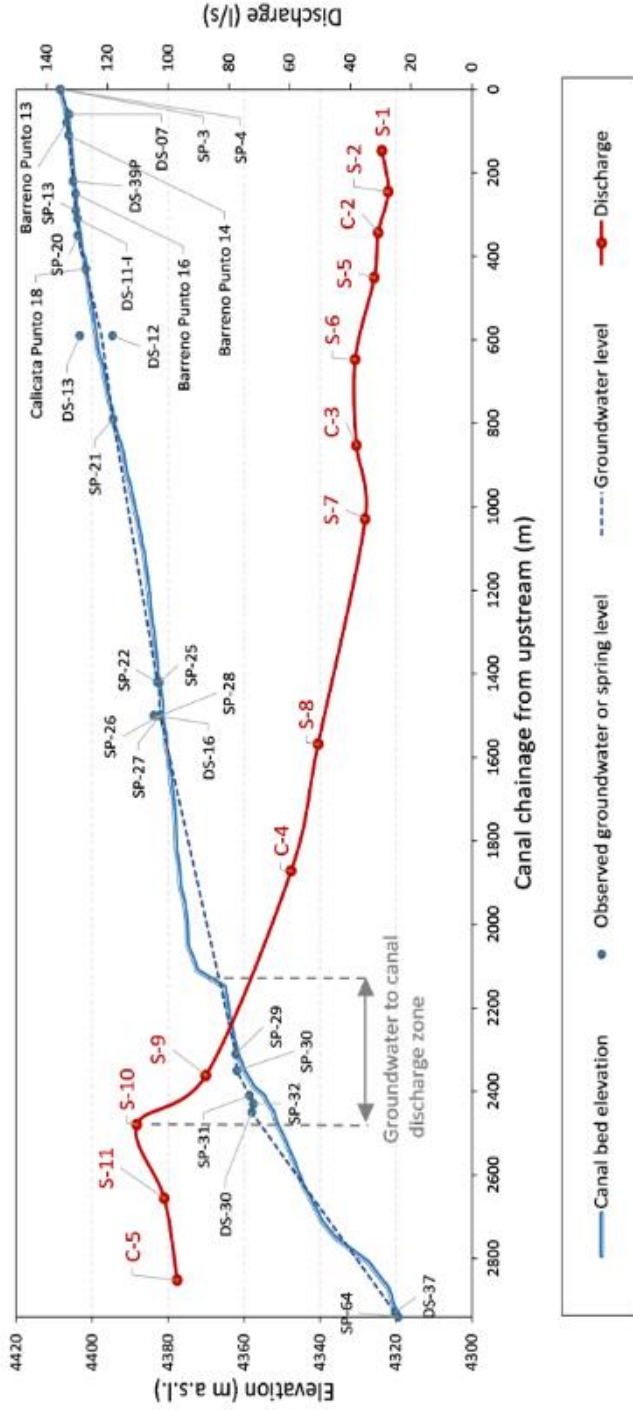


Figure 11
Profil du canal sud (S1 à C5), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)

Légende:

- Elevation (m a.s.l.) =
- Discharge (l/s) =
- Groundwater to canal discharge zone =
- Canal chainage from upstream (m) =
- Canal bed elevation =
- Observed groundwater or spring level =
- Groundwater level =
- Altitude (m au-dessus du niveau de la mer)
- Débit (l/s)
- Zone d'émission d'eaux souterraines dans le canal
- Chaînage du canal depuis l'amont (m)
- Cote topographique du lit du canal
- Niveau observé des eaux souterraines ou des sources
- Niveau des eaux souterraines

Profile B - Northern canal

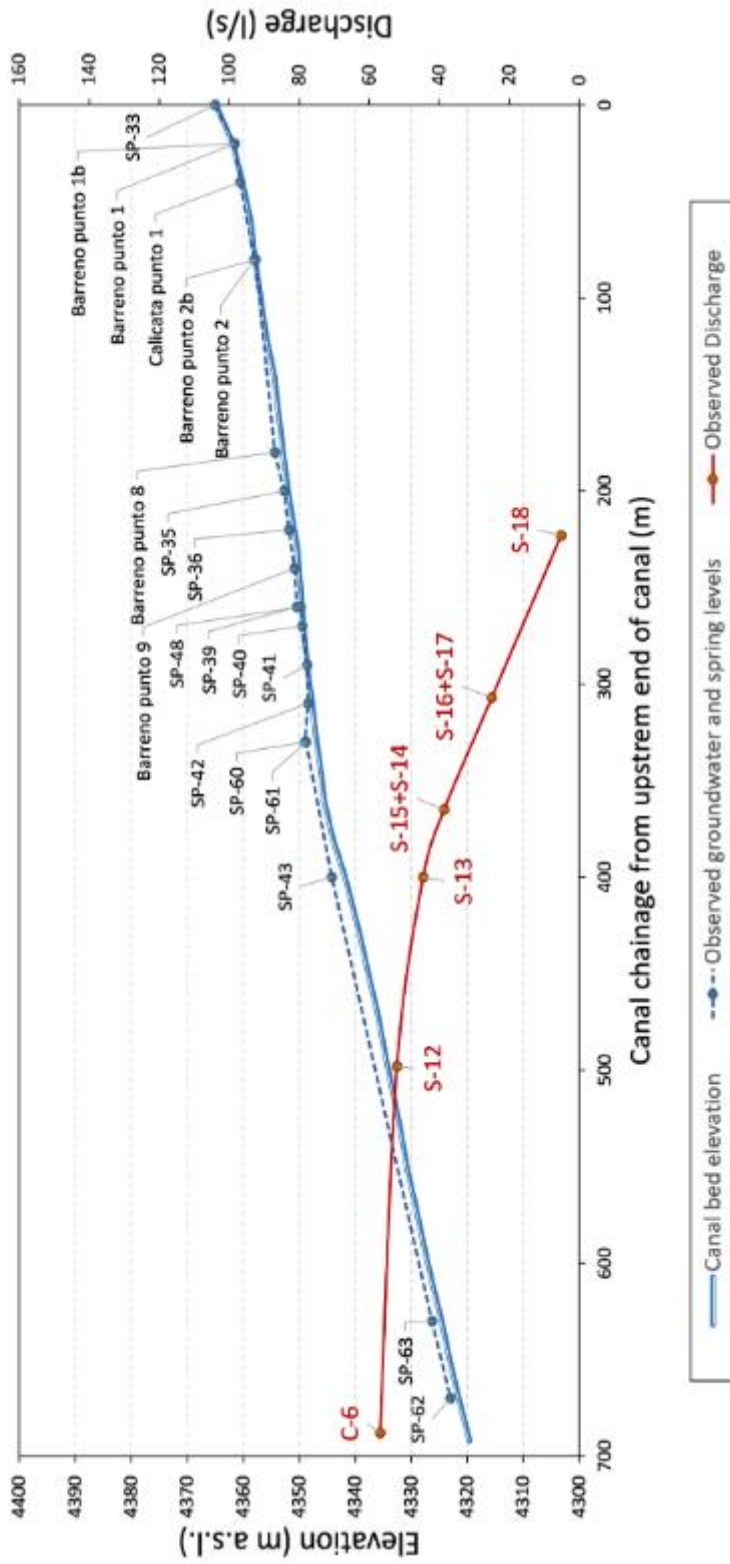


Figure 12
 Profil du canal nord (S18 à C6), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)

Légende:

Elevation (m a.s.l.)	=	Altitude (m au-dessus du niveau de la mer)
Discharge (l/s)	=	Débit (l/s)
Canal chainage from upstream end of canal (m)	=	Chaînage du canal depuis l'extrémité amont du canal (m)
Canal bed elevation	=	Cote topographique du lit du canal
Observed groundwater and spring levels	=	Niveaux observés des eaux souterraines et des sources
Observed discharge	=	Débit observé

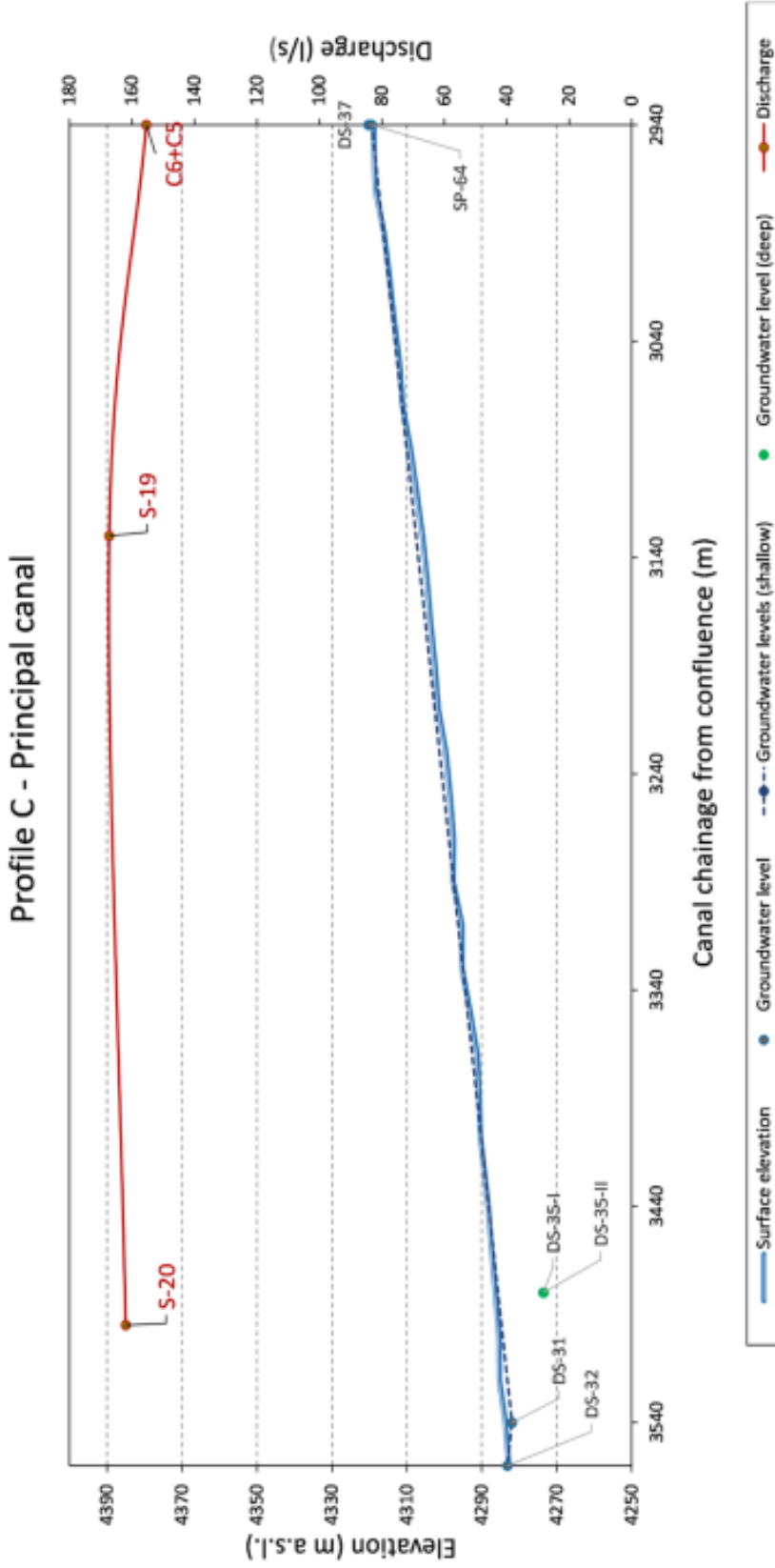


Figure 13
Canal principal de la confluence à la frontière internationale (C7-S21), comparant les cotes topographiques du canal et les niveaux observés des eaux souterraines et des sources avec le débit observé (moyenne de 10 campagnes)

Légende:

- = Elevation (m a.s.l.)
- = Débit (l/s)
- = Chaînage du canal depuis l'extrémité amont du canal (m)
- = Cote topographique du lit du canal
- = Niveaux observés des eaux souterraines et des sources
- = Débit observé

5. ANALYSES DES SOLS ET CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES DES ZONES HUMIDES

Une étude pédologique, incluant un levé de terrain, une description des profils pédologiques, un échantillonnage des sols et une analyse, a été menée par le DIREMAR en 2017 et a été utilisée dans la présente étude pour élaborer une représentation conceptuelle des zones humides et de la zone des sources du Silala et développer plus avant un modèle numérique intégré pour les eaux de surface et les eaux souterraines des zones humides du Silala.

Des forages ont été réalisés à la tarière manuelle et des tranchées ont été creusées dans les zones humides afin d'observer le niveau de la surface libre des nappes, et, dans une moindre mesure, ils ont aussi permis d'obtenir des échantillons de sols pour l'évaluation des propriétés pédologiques. Des trous ont été forés au diamant dans les zones humides et la lithologie des forages a permis de construire des profils géologiques sous le lit du canal.

Les propriétés des sols ont été évaluées par analyse des fonctions de pédotransfert, à partir d'échantillons de sols provenant à la fois du champ lointain et des zones humides. On trouvera à l'annexe D du présent rapport une brève synthèse des données pédologiques utilisées et des profils pédologiques des deux zones humides. Les analyses complémentaires des données sont décrites de façon plus complète à l'annexe E (bilans hydriques) et à l'annexe G (modélisation intégrée des eaux de surface et des eaux souterraines).

6. BILAN HYDRIQUE, AIRES D'ALIMENTATION ET SOURCES D'APPORTS EN ALTITUDE

Le cahier des charges de la présente étude n'inclut pas la recherche de l'origine de l'eau émergeant dans le système de sources du Silala, laquelle ne peut être déterminée faute d'informations hydrogéologiques détaillées relatives à la totalité du bassin versant hydrologique (le champ lointain). Néanmoins, pour mieux comprendre les processus hydrologiques qui gouvernent le système, la présente section quantifie les taux probables de recharge par infiltration des aquifères dans les conditions climatiques actuelles, évalue approximativement les temps de parcours possibles des eaux souterraines jusqu'aux sources et examine l'influence éventuelle de l'eau fossile et des flux transbassins, lesquels sont étudiés plus en détail à l'annexe E.

Partant d'un bilan hydrique, nous examinons l'origine des eaux souterraines émergeant des sources ; ainsi, nous cherchons à déterminer si elles proviennent de la recharge alimentée par les précipitations dans les conditions climatiques actuelles ou s'il existe un apport d'eaux souterraines fossiles qui se seraient formées au cours d'une ère climatique antérieure.

Bien que certaines informations importantes ne soient pas disponibles, telles que l'étendue réelle du bassin versant d'alimentation (le champ lointain) et le volume exact de l'écoulement souterrain transfrontière, il reste possible de tirer quelques conclusions concernant les origines possibles des eaux et leurs bassins versants, ainsi que nous le décrivons en détail à l'annexe E.

Le bilan hydrique et les possibles capacités de stockage de deux bassins versants, désignés ici «bassin versant A» et «bassin versant B», ont été analysés :

Le bassin versant A correspond à la partie supérieure (59,1 km²) du bassin versant strictement topographique (délimité par Alcayaga, 2017), qui a pour exutoire la chenalisation du Silala en amont de la frontière internationale. Il inclut le champ proche, qui forme un sous-bassin versant. Le bassin versant B, bassin versant hydrologique plus vaste (234,2 km²), englobe le bassin versant A, qui en constitue un sous-bassin, ainsi qu'une surface supplémentaire (le «bassin versant routier»), qui draine des écoulements hypodermiques jusqu'aux sources du Silala. Le bassin versant B est considéré comme étant représentatif au plan hydrologique des conditions de recharge du champ lointain. Les deux bassins versants sont représentés à la figure 5.

Des simulations distribuées détaillées des processus de précipitation-évaporation-infiltration à l'œuvre dans les deux bassins versants ont été réalisées et les résultats indiquent que les taux de recharge moyens à long terme des aquifères (par infiltration des eaux pluviales) s'élèvent respectivement à 21 mm/an pour le bassin versant A et à 24 mm/an pour le bassin versant B. La recharge n'atteint des proportions considérables que lors des rares années humides.

26

La réserve utile maximale des aquifères des deux bassins versants a été grossièrement évaluée et comparée au volume de stockage requis pour un système émettant uniquement de l'eau fossile ou un mélange d'eau de recharge et d'eau fossile sur une période de 5000 ans, correspondant à l'âge moyen de l'eau établi par analyses isotopiques.

Il a été constaté que le bassin versant A (Alcayaga, 2017) peut supporter un flux sortant de seulement 34 à 84 l/s, sur la base d'un volume de recharge sensiblement inférieur à l'écoulement de surface observé à la frontière (160-210 l/s). En outre, ce bassin versant a une réserve utile d'eaux souterraines trop faible pour soutenir la part restante de l'écoulement de surface observé au cours de la période de vidange présumée de l'eau fossile. Cela semble indiquer que l'aire d'alimentation des sources du Silala est considérablement plus vaste que le bassin versant A.

Le bassin versant hydrologique (bassin versant B) peut alimenter un écoulement de l'ordre de 151 à 374 l/s à partir d'eaux de recharge, une fourchette qui se situe dans le même ordre de grandeur que l'eau de surface observée (160-210 l/s) et l'écoulement souterrain transfrontière estimé (100-230 l/s) (voir les annexes F et H).

Dans l'ensemble, l'analyse indique qu'une large part de l'eau qui alimente la zone humide provient de la recharge issue des précipitations et de la fonte des neiges dans le bassin versant hydrologique.

Toutefois, les estimations (en particulier, celles des écoulements souterrains transfrontières et du climat du bassin versant) sont incertaines et il demeure possible que la véritable aire d'alimentation (le champ lointain) diffère du bassin versant hydrologique présumé ou que d'autres apports alimentent également les sources du Silala.

Plus particulièrement, les études relatives au bilan hydrique ont permis d'établir que :

- malgré l'absence de végétation, une large part des précipitations (70-85 %) qui tombent à l'extérieur des zones humides s'évapore.
- la recharge de l'aquifère est complexe et est le fruit d'un petit nombre d'épisodes de précipitations plus intenses. Elle varie aussi considérablement d'année en année (figure 14). Pour retranscrire ce mode de recharge, il est nécessaire d'effectuer des simulations hydrologiques à résolution temporelle quotidienne ou plus fine, couvrant de nombreuses années.
- les taux de recharge les plus élevés sont enregistrés à haute altitude, à proximité du sommet des volcans, où une fraction plus large des précipitations se présente sous forme solide, la neige réduisant en outre les pertes par évaporation à ces altitudes.

Les simulations hydrogéologiques exploratoires du bassin versant B indiquent que les temps de résidence des eaux dans les aquifères sont longs, quoique inférieurs à ceux révélés par les analyses isotopiques. Ces simulations n'ont pas permis de retranscrire l'écart entre les âges des eaux des deux zones humides.

27

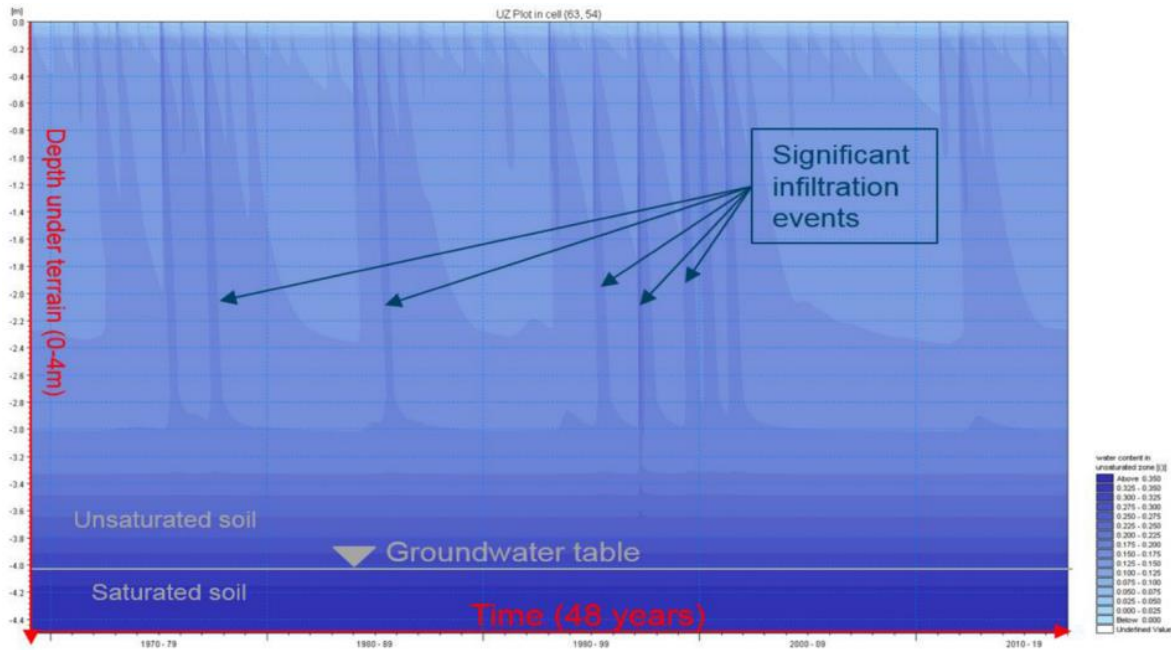


Figure 14

Evolution temporelle de la teneur en eau modélisée d'une colonne de sol sableux reposant sur les zones humides du Silala. Les différentes couleurs indiquent le degré de saturation des sols, du bleu clair (sol sec) au bleu foncé (sol saturé), de la surface jusqu'à une profondeur de 4 m pour la période comprise entre 1969 et 2016

Légende :

Depth under terrain	=	Profondeur sous la surface du sol
Unsaturated soil	=	Sol non saturé
Saturated soil	=	Sol saturé
Groundwater table	=	Surface libre de la nappe
Significant infiltration events	=	Episodes d'infiltration importants
Time (48 years)	=	Temps (48 ans)

7. HYDROGÉOLOGIE ET EAUX SOUTERRAINES

Dans la présente section, nous résumons les conclusions tirées de nos analyses hydrogéologiques, associant les précédentes études de cartographie géologique et hydrogéologique, les résultats du vaste programme de caractérisation hydrogéologique mené pendant l'année 2017, les données hydrochimiques disponibles et les connaissances relatives aux écoulements de surface circulant dans le système. Nos constatations sont regroupées dans un «modèle conceptuel hydrogéologique» comprenant une interprétation tridimensionnelle des conditions hydrogéologiques du champ proche du Silala, à savoir les fractures et formations dominantes saturées en eau, ainsi que leurs caractéristiques hydrogéologiques, telles que les niveaux d'eau, la conductivité hydraulique et la capacité de stockage en eau. Le modèle conceptuel jette les bases de la composante hydrogéologique du modèle numérique intégré, lequel est utilisé pour déterminer les écoulements de surface circulant à l'état naturel, en l'absence de canaux aménagés par l'homme.

Dans la présente section, nous exposons également une évaluation sommaire de l'écoulement souterrain susceptible de traverser la frontière internationale. On trouvera une description technique plus détaillée de nos analyses et constatations à l'annexe F.

7.1. Relevés de terrain, objectifs et principaux résultats

Un vaste programme de caractérisation hydrogéologique du champ proche du Silala a été exécuté par le DIREMAR au cours du deuxième semestre de l'année 2017. L'objectif de ce programme était d'apporter des éclairages clés sur l'hydrogéologie du site, y compris sur les niveaux piézométriques, les propriétés hydrauliques et les régimes d'écoulement souterrain horizontaux et verticaux.

Les résultats du programme ont été couplés aux données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques existantes pour élaborer un modèle conceptuel hydrogéologique (ci-après «MCH») applicable au champ proche du Silala. Le MCH sous-tend la représentation de l'hydrogéologie du Silala et de la composante du modèle hydrologique intégré qui correspond à l'écoulement souterrain dans le champ proche du Silala.

28

Dans les milieux poreux, tels que les sols ou les roches érodées, les eaux souterraines s'écoulent à travers les interstices situés entre les grains ou fragments, tandis que dans les formations rocheuses plus compactes, l'écoulement circule par le biais des fractures et des failles. Les formations hydrogéologiques qui comprennent un système très développé et interconnecté de fractures réagissent de la même manière qu'un milieu poreux.

Les gradients hydrauliques des eaux souterraines circulant dans les aquifères, qu'ils soient artésiens ou à nappe libre, nous donnent la direction de l'écoulement des eaux souterraines. Associés aux propriétés hydrauliques des aquifères (conductivités et profondeurs), les gradients déterminent les débits localisés des écoulements souterrains. Etant donné que tant les niveaux piézométriques que les propriétés hydrauliques des formations varient selon l'endroit et la profondeur, il n'est jamais possible de dresser un tableau complet des conditions hydrogéologiques, mais des approximations peuvent être établies par interpolation d'informations collectées point par point (forages) et complétées par des relevés géophysiques (par exemple, mesures de la résistivité électrique, qui ont été utilisées à Silala).

Trente-cinq piézomètres de profondeurs variables (5-142 m) ont été installés pour observer le niveau des eaux souterraines et prélever des échantillons d'eau en vue de leur analyse au laboratoire (voir la figure 15). Pour estimer les conductivités hydrauliques des aquifères, 89 essais de perméabilité *in situ* ont été effectués dans les 35 piézomètres. En outre, des essais de pompage, qui nous renseignent sur les propriétés hydrauliques intégrées sur une superficie plus grande et génèrent donc des résultats plus représentatifs du système aquifère élargi, ont été réalisés à l'extrémité amont de la zone humide sud au niveau du forage DS-4P.

Une carte piézométrique interpolée du champ proche du Silala (figure 15) montre que les gradients sont orientés vers les zones humides, que les niveaux piézométriques sont proches des cotes topographiques à l'intérieur des zones humides et que le gradient général le long des zones humides est orienté dans les mêmes directions que les fonds de gorge. Par conséquent, l'écoulement souterrain se déplace en direction du Chili.

Les différences de niveaux piézométriques relevées entre le plus haut forage et la zone humide sud, d'une part, et entre la zone humide sud et la frontière internationale, d'autre part, s'élèvent respectivement à 70 m et 120 m. Il est donc inconcevable que la chenalisation, dont la profondeur d'excavation est assez limitée, ait pu modifier la *direction* de l'écoulement souterrain.



Figure 15

Emplacements des forages et courbes isohypses des eaux souterraines dans le champ proche du Silala, déterminées par interpolation des cotes des puits piézométriques et des excavations des zones humides réalisées à des fins d'échantillonnage des sols. N.B. : les courbes tracées à distance des zones humides et des forages sont incertaines

Légende :

- Spring = Source
- Piezometers (Groundwater Elevation, masl) = Piézomètres (cote altimétrique de l'eau souterraine, en m au-dessus du niveau de la mer)
- December 2017 Water Levels = Niveaux d'eau relevés en décembre 2017
- International Border = Frontière internationale

7.2. Modèle conceptuel hydrogéologique (MCH)

Les données issues du programme de caractérisation hydrogéologique (les forages et les transects de résistivité électrique) ont été combinées aux données boliviennes obtenues antérieurement (cartographie de la géologie de surface, qualité de l'eau, débits de l'eau de surface), ainsi qu'aux données de forage et aux résultats des essais de pompage réalisés du côté chilien de la frontière (Arcadis, 2017). Les données combinées ont été utilisées pour élaborer le MCH du champ proche du Silala et, dans une moindre mesure, des zones relevant de son champ lointain.

Les analyses des données combinées réalisées pour étudier le régime conceptuel d'écoulement souterrain du champ proche du Silala ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les émergences d'eaux souterraines constituent la principale alimentation du système de sources du Silala. Les apports souterrains dominants qui alimentent les sources proviennent :
 - de structures d'orientation nord-est, y compris plusieurs grandes failles. Ces zones de failles ont une structure bréchique, présentent une conductivité hydraulique relativement élevée par rapport aux matériaux environnants et sont interprétées comme étant des formations transportant l'eau souterraine sur de grandes distances (champ lointain du Silala, voire au-delà) ;
 - d'un réseau de petites ouvertures, les fractures d'orientation nord-ouest agissant comme des conduits qui transmettent l'eau souterraine le long du plan de faille ;
- Les essais de pompage menés dans la zone humide sud révèlent la présence d'un aquifère ignimbritique transmissif, dont la conductivité hydraulique à grande échelle est estimée à environ 18 m/jour et atteint localement des valeurs plus élevées dans la zone de failles du Silala (jusqu'à 54 m/jour). Ces valeurs sont supérieures aux 6,5 m/jour estimés à partir des essais de pompage conduits au Chili, à proximité de la frontière ;
- Les données des essais hydrauliques indiquent que :
 - les fractures formées dans les ignimbrites sont bien connectées sur une grande échelle et semblent contrôler les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère ;
 - les aquifères s'apparentent à un milieu poreux ;
- Les mesures des charges hydrauliques indiquent que des eaux souterraines sont émises dans les zones humides sud et nord (drainant), mais, bien plus en aval, elles pourraient, au plan hydraulique, être déconnectées du canal du Silala à la frontière chilo-bolivienne (cours d'eau infiltrant déconnecté).
- L'hydrochimie et l'âge des eaux souterraines émises dans les zones humides nord diffèrent considérablement de ceux observés dans la zone humide sud (figure 16). Il apparaît que l'eau de la zone humide sud est bien plus âgée que celle de la zone humide nord. Les analyses isotopiques indiquent que les eaux des zones humides nord et sud pourraient avoir jusqu'à 1000 et 11 000 ans d'âge moyen respectivement. Bien que l'on puisse surestimer l'âge réel de l'eau avec ce type d'analyses (voir l'annexe F), les eaux de source sont de fait très vieilles. L'interprétation que l'on peut probablement formuler à partir des différences d'âge et de composition chimique des eaux est que les eaux plus anciennes proviennent d'un écoulement qui circule dans la zone de failles du Silala selon un régime d'écoulement sous-régional à régional (le champ lointain du Silala), tandis que les eaux plus jeunes dans la zone humide nord sont plus probablement issues d'un écoulement localisé, situé plus près du champ proche du Silala. Les données hydrochimiques semblent également indiquer que Laguna Khara (en soi) ne fournit pas d'apports majeurs aux eaux souterraines émergeant dans le système de sources du Silala.

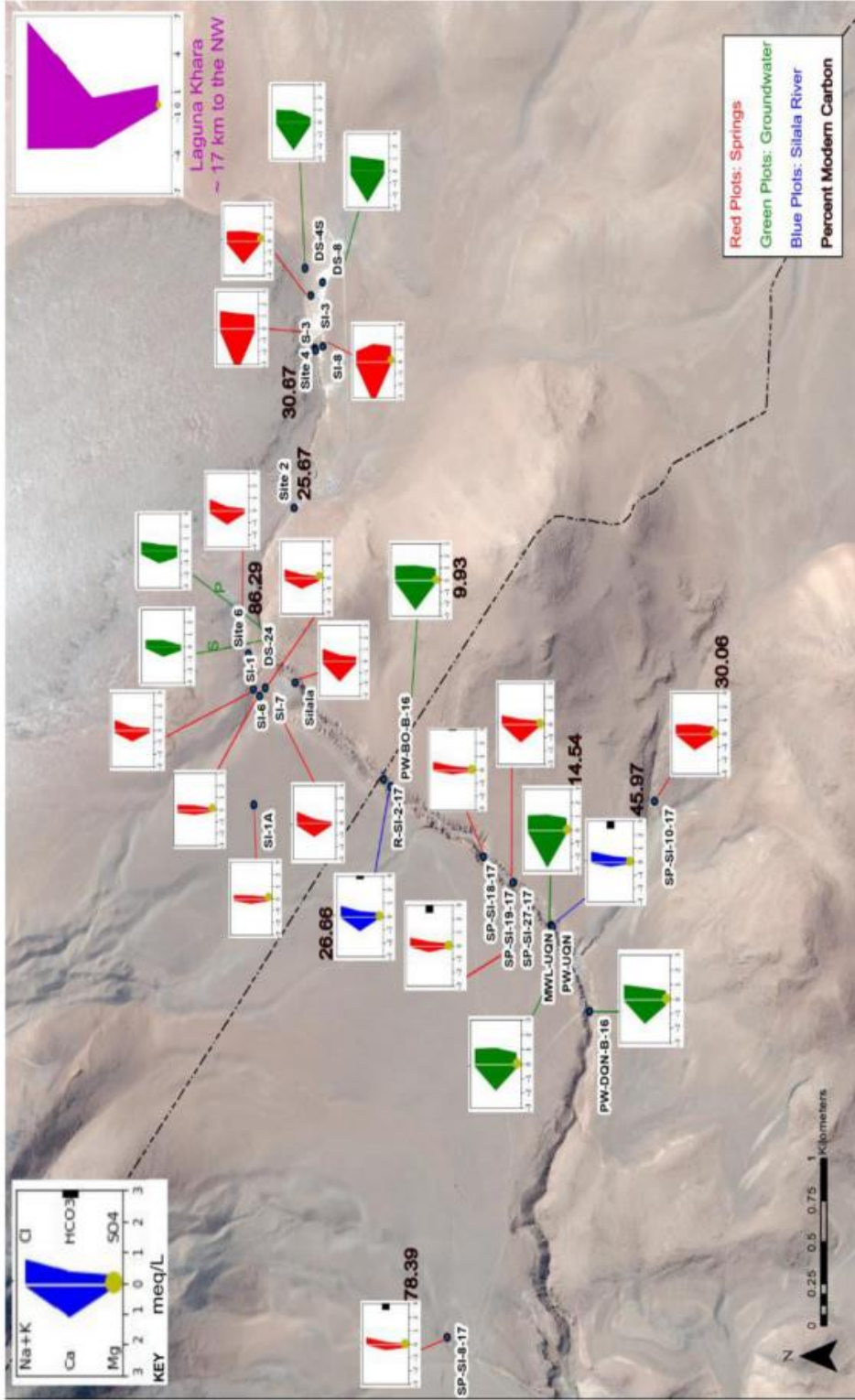


Figure 16

Concentrations en ¹⁴C (chiffres en gras) et diagrammes de Stiff illustrant la chimie des eaux dans les sites d'échantillonnage du Silala ; les eaux de source de la zone humide nord et celles de la rive droite au Chili apparaissent sensiblement différentes des eaux souterraines plus profondes issues de la zone de failles et des eaux de source de la zone humide sud.

Légende :

- Red Plots: Springs
 - Green Plots: Groundwater
 - Blue Plots: Silala River
 - Percent Modern Carbon
- = Diagrammes rouges : sources
 = Diagrammes verts : eaux souterraines
 = Diagrammes bleus : eau du Silala
 = Pourcentage de carbone moderne en noir

32

Les formations géologiques ont été classées en fonction de leurs caractéristiques hydrogéologiques, ce qui nous donne huit unités hydrogéologiques (*hydrogeological unit*, ci-après «HGU») (tableau 1 et figure 17). Ces huit unités hydrogéologiques constituent la base du modèle conceptuel hydrogéologique, illustré à la figure 18.

Unité hydrogéologique	Lithologie élémentaire	Epaisseur approximative (en m)
HGU1	Colluvions	1 à 10 m
HGU2	Dépôts glaciaires, loams sableux	1 à 10 m
HGU3	Coulées de lave érodées par les éléments	1 à 30 m
HGU4	Séquences volcaniques felsiques	Jusqu'à 600 m
HGU6, partie supérieure	Dépôts ignimbritiques présentant un degré élevé de soudage	Jusqu'à 150 m
HGU5	Dépôts ignimbritiques présentant un faible degré de soudage	10 à 120 m
HGU6, partie inférieure	Dépôts ignimbritiques présentant un degré élevé de soudage	Jusqu'à 300 m ; fixé par hypothèse à 300 m dans le modèle
HGU7	Zones de failles dont l'influence est jugée importante dans l'écoulement souterrain	50 à 100 m de large, plonge jusqu'à la base de l'ignimbrite (hypothèse)
HGU8	Neck volcanique du Silala Chico	650 à 760 m de diamètre ; plonge jusqu'à la base de l'ignimbrite

Tableau 1
Unités hydrogéologiques

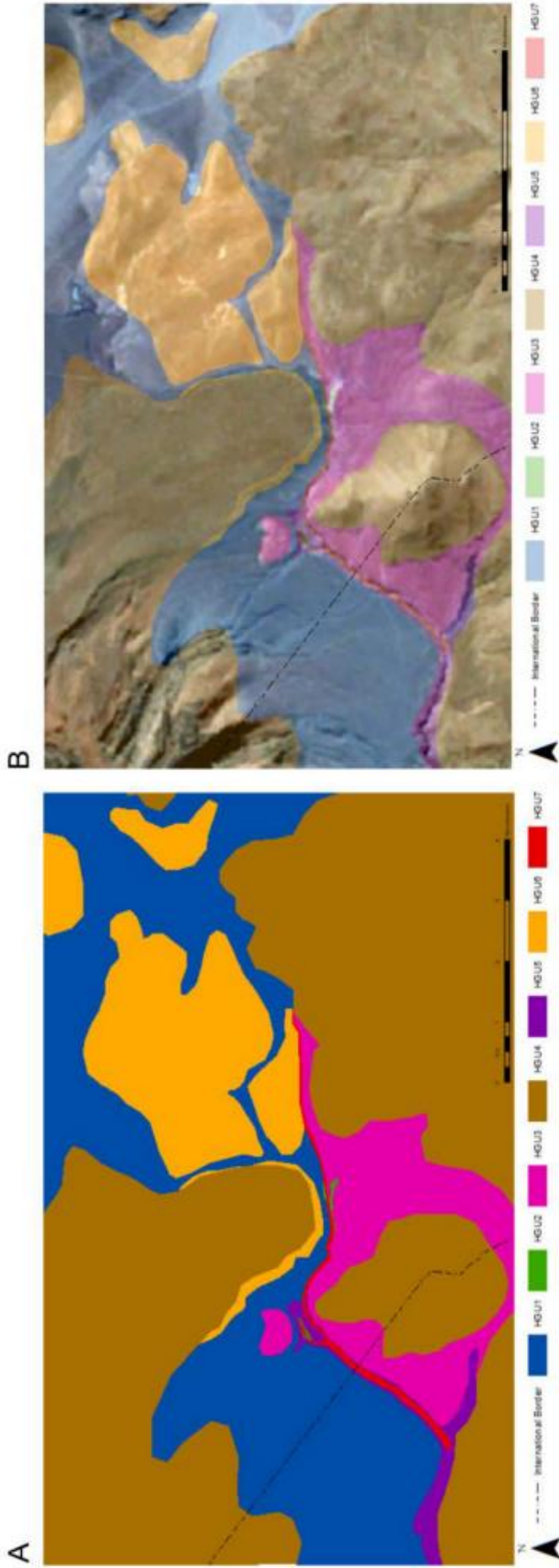


Figure 17
 A) délimitation des unités hydrogéologiques (HGU) dans la zone du Silala ; B) images satellite du Silala, avec les HGU apparaissant en superposition.

34

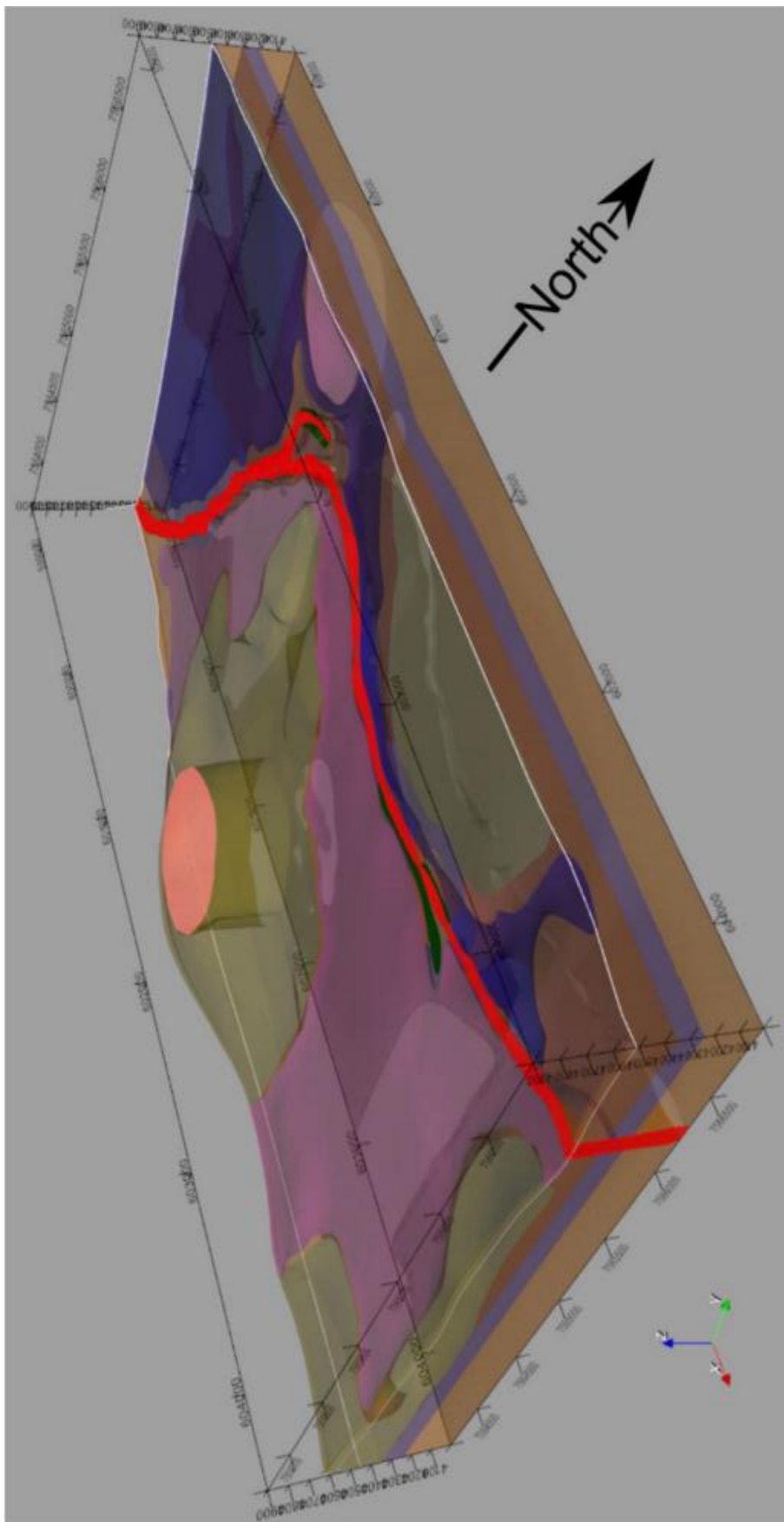


Figure 18
Modèle-cadre hydrogéologique restitué en trois dimensions. La faille de Slala (HGU7) est surlignée en rouge. Les unités restantes sont affichées en transparence pour faciliter la visualisation du sous-sol modélisé.

35

7.3. Eaux souterraines à la frontière internationale

Une somme considérable de données tend à prouver qu'un important écoulement souterrain traverse la frontière internationale. Les essais de pompage chiliens confirment la présence d'une ignimbrite perméable et saturée à la frontière, qui s'étend au moins jusqu'à 117 m sous la surface du sol. En outre, les gradients des eaux souterraines relevés des deux côtés de la frontière, en Bolivie comme au Chili, indiquent que les eaux souterraines s'écoulent de la Bolivie jusqu'au Chili.

Si des incertitudes persistent quant à l'ampleur exacte de l'écoulement souterrain transfrontière pénétrant au Chili, les gradients hydrauliques, l'épaisseur de l'aquifère ignimbritique et la conductivité hydraulique indiquent que le flux pourrait être du même ordre de grandeur que l'écoulement de surface observé.

37

8. MODÉLISATION INTÉGRÉE DES EAUX DE SURFACE ET DES EAUX SOUTERRAINES

La présente section offre une vue synthétique du modèle numérique intégré des eaux de surface et des eaux souterraines du champ proche du Silala, élaboré pour les besoins de la présente étude ainsi que de la performance du modèle. Toutes les informations techniques relatives à l'établissement et au calage du modèle sont fournies à l'annexe G au présent rapport.

8.1. Raison d'être et objectif

Un outil de modélisation hydrologique intégrée du champ proche du Silala a été mis au point et utilisé dans une analyse de scénarios dans le but d'évaluer les différences entre les conditions d'écoulement dans la situation actuelle avec canaux et celles existant dans des scénarios où les canaux ont été supprimés. Comme expliqué à la section 2.3 ci-dessus, les processus par lesquels les canaux ont influé sur les écoulements de surface sont tous liés aux interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Un modèle numérique intégré des eaux de surface et des eaux souterraines est donc nécessaire pour quantifier cette incidence.

8.2. Etablissement du modèle intégré d'eaux de surface et d'eaux souterraines

8.2.1. Exécution des modèles conceptuels

La surface totale du champ proche du Silala prise en compte dans le modèle mesure 2,7 km² et les principaux éléments du modèle ont été établis conformément aux modèles conceptuels décrits dans les sections ci-dessus.

Tous les canaux sont représentés dans le modèle hydrodynamique unidimensionnel, à partir des coupes et des niveaux relevés sur le terrain. Les modifications des canaux, telles qu'observées sur le terrain, ont été incluses.

L'écoulement et l'accumulation d'eau en surface sont décrits dans la composante bidimensionnelle correspondant au ruissellement, dans des mailles de 10 m de côté couvrant la totalité du champ proche. Les cotes topographiques du modèle de ruissellement ont été interpolées à partir d'un relevé détaillé de la zone par drone.

Le modèle de la zone non saturée calcule l'évapotranspiration des zones humides et de l'ensemble des zones d'altitude et a été établi à l'aide de paramètres standard pour les types de sols observés dans les zones humides au cours de l'étude des sols. Ce modèle reprend le même maillage que le modèle de ruissellement.

Le modèle hydrogéologique en trois dimensions mis au point à partir de cartes géologiques, de transects géophysiques et de données piézométriques (annexe F) est exécuté dans le modèle numérique des eaux souterraines. Les unités hydrogéologiques et leurs superficies, telles que définies dans le modèle hydrogéologique, sont représentées. Le modèle numérique des eaux souterraines est étagé en trois couches. La couche supérieure présente une épaisseur et des propriétés hydrogéologiques variables, car elle intègre toutes les lentilles de sédiments superficielles (HGU1 à HGU4). La couche intermédiaire comprend l'ignimbrite Silala supérieure (HGU5) et la couche inférieure représente la couche ignimbritique profonde (HGU6). La ligne de faille (HGU7) définie de la surface jusqu'à 400 m de profondeur traverse les couches et introduit une zone d'écoulement à forte perméabilité le long des canaux. La même résolution horizontale (mailles de 10 m de côté) est utilisée.

Les conditions aux limites du modèle sont le climat (précipitations, évaporation potentielle et température), les niveaux des eaux souterraines (telles que déterminées grâce aux observations de terrain) le long des limites supérieures des eaux souterraines et un gradient hydraulique constant le long de la limite inférieure.

38 8.2.2. Calage et performance du modèle

Les paramètres du modèle ont été ajustés selon une approche itérative au cours du processus de calage afin de démontrer que le modèle décrit, au plan qualitatif, l'hydrologie du champ proche du Silala, suivant la représentation conceptuelle établie, et que les résultats du modèle correspondent, au plan quantitatif, aux valeurs mesurées.

Il apparaît que les résultats globaux du modèle intégré reproduisent les caractéristiques clés dégagées grâce aux observations de terrain :

- D'importants apports d'eaux souterraines alimentent la zone du champ proche du Silala, par le biais de la zone de failles hautement perméable et de l'ignimbrite Silala supérieure.
- Dans l'ensemble, les eaux souterraines s'écoulent vers les zones humides basses, les canaux et les sections profondes de la gorge.
- Les eaux souterraines alimentent les eaux de surface par le biais d'émergences de sources et d'émissions dans le réseau de chenalisation et de drainage.
- Les secteurs du canal sont drainants en amont, tandis que le secteur aval est neutre ou émissif de la confluence à la frontière.
- Le flux sortant du champ proche du Silala englobe l'eau circulant dans le canal et l'écoulement souterrain à la frontière.

Le calage du modèle au regard des données de terrain montre que :

- Le modèle simule assez bien les émissions d'eaux souterraines dans le système du canal, telles qu'exprimées par l'écoulement moyen mesuré du canal (C1-C7). L'écart se situe entre 0 et 18 %.
- L'écart relatif le plus important est constaté dans le canal sud en amont (C1-C3). Entre le secteur C4 et la confluence en aval, puis la zone frontalière, qui comprend le secteur nord (C6), le modèle est performant, les écarts entre les valeurs simulées et les observations se situant dans la fourchette d'incertitude des mesures de l'écoulement du canal.
- Le bilan hydrique du modèle calé indique que l'écoulement souterrain à la limite aval du modèle est de l'ordre de 106 l/s, contre 150 l/s pour l'écoulement de surface. Les quelques observations

hydrogéologiques correspondant à la section transversale examinée proviennent de la gorge et sont insuffisantes pour vérifier parfaitement l'écoulement simulé du modèle. La limite aval du modèle fait 450 m de large (la gorge étant située au centre). A titre de comparaison, on notera que le calcul sommaire à la main présenté à l'annexe F nous donne 230 l/s (ou plus), mais sur une largeur bien plus importante et en partant de beaucoup moins d'informations.

- l'évapotranspiration se concentre dans les zones humides et le long du corridor riverain du canal. La surface totale étant restreinte, les pertes totales par évapotranspiration ne s'élèvent qu'à 10 l/s dans les conditions actuelles.

En résumé :

Le modèle numérique est élaboré à partir de la représentation conceptuelle et des données recueillies sur le terrain. Le modèle calé est capable de simuler les écoulements circulant dans le canal (C1-C7), dont le débit atteint environ 150 l/s à la frontière.

Les résultats du modèle semblent indiquer que l'écoulement souterrain constitue une composante importante, laquelle ne peut toutefois pas être confirmée par les mesures relevées et est donc plus incertaine que les écoulements de surface. Les résultats du modèle confirment néanmoins l'existence d'un système couplé d'eaux souterraines et d'eaux de surface dans le champ proche du Silala, s'étendant au-delà de la frontière.

Le modèle calé cadre assez bien avec les conditions actuelles et offre donc une base solide pour estimer l'incidence des canaux.

39

9. EVALUATION DES ÉCOULEMENTS NATURELS

Pour répondre à l'objectif principal du présent projet, nous avons exécuté différents modèles, suivant un scénario de référence et des scénarios hypothétiques.

- 1) Scénario de référence.** Le scénario de référence représente la zone actuelle du champ proche du Silala (2018), parcourue par un réseau de chenalisation et de drainage. Le modèle exécuté pour le canal conduisant les eaux de surface comprend les deux secteurs plus ou moins inchangés par rapport aux travaux de chenalisation initiaux, mais aussi les secteurs où les canaux ont été retirés ou obstrués. Le scénario de référence nous sert de point de départ pour estimer l'ampleur des changements.
- 2) Scénario sans canal.** Le réseau de chenalisation et de drainage inclus dans le modèle de référence est intégralement supprimé. L'écoulement de surface n'est pas limité aux coupes étroites des canaux et la direction de l'écoulement est largement contrôlée par la pente topographique.
- 3) Scénario avec zones humides restaurées.** En supprimant le réseau de chenalisation et de drainage, nous jetons les bases de la restauration des zones humides et des corridors riverains dégradés. Le scénario prévoit le renouvellement des sols et l'accumulation de tourbe à long terme dans les zones humides.

9.1. Ecoulements dans les zones humides naturelles, sans la chenalisation

D'après les résultats de l'analyse des scénarios du modèle intégré, le fait de supprimer les canaux et de restaurer les zones humides influera aussi bien sur les eaux souterraines que sur les eaux de surface et aussi bien sur les flux entrants que sur les flux sortants du champ proche du Silala.

1. L'écoulement de surface simulé à la limite aval du modèle (située à la frontière bolivo-chilienne) se *réduit* de 31 à 40 % par rapport à la situation actuelle.

2. L'écoulement souterrain simulé à la limite aval du modèle (située à la frontière bolivo-chilienne) *augmente* de 7 à 11 % par rapport à la situation actuelle avec canaux.
3. Le flux entrant total à la limite amont du modèle décroît de 10 à 15 %.
4. L'évapotranspiration est 20 à 30 % plus élevée lorsque l'on supprime les canaux et que l'on restaure les zones humides. Cette hausse équivaut à 2 à 3 l/s dans le scénario sans canal et est incluse dans les modifications de l'écoulement transfrontière mentionnées aux points 1 et 2.
5. De la confluence à la frontière, il se peut que 25 % des eaux de surface tout au plus s'infiltrent pour alimenter des écoulements hypodermiques. Les pertes par infiltration sur ce segment sont incluses dans les modifications de l'écoulement transfrontière mentionnées aux points 1 et 2.
6. Tous les résultats associés aux scénarios, de même que l'analyse du modèle localisé, semblent indiquer qu'il faut s'attendre à la fois à un écoulement de surface et à un écoulement souterrain à la frontière.

Les pourcentages de modification des écoulements décrivent les fourchettes de résultats générées par le modèle, mais ne renseignent pas sur l'incertitude des résultats de la modélisation. Les incertitudes de prédiction du modèle sont fonction d'un certain nombre de facteurs et de sources d'incertitude, telles que les limites inhérentes aux données d'entrée, la structure du modèle, la paramétrisation et les erreurs de mesure. Au sens strict, une analyse quantitative de l'incertitude n'est pas réalisable et aucune tentative n'a été faite en ce sens, mais l'incertitude du modèle ne saurait être ignorée au moment de l'interprétation des résultats.

41

10. CONCLUSIONS

Concernant les écoulements de surface circulant actuellement dans le système, nous constatons ce qui suit :

1. En dépit des mesures simultanées de débit relevées de manière indépendante et continue des deux côtés de la frontière au Chili et en Bolivie, l'écoulement réel dans le canal à la frontière reste incertain. Selon les données disponibles, l'écoulement de surface transfrontière a un débit de 160 à 210 l/s.
2. Les chroniques de débit enregistrées en Bolivie comme au Chili font apparaître une fraction large et constante correspondant au débit de base, ce qui traduit le fait que l'écoulement est principalement alimenté par des apports souterrains. Dans les chroniques boliviennes, le débit de base oscille autour de 160 l/s. L'absence de variations saisonnières claires confirme également que le ruissellement de surface n'est pas une source d'apports importante.
3. Les mesures simultanées réalisées à l'aide de débitmètres à turbine dans le cadre de la présente étude font apparaître de manière assez systématique un débit d'environ 160 l/s à la frontière pendant la période comprise entre mai et septembre 2017. Ces mesures montrent que les zones humides nord et sud contribuent à hauteur d'environ 40 % et 60 % respectivement à l'écoulement au point de confluence.
4. Il apparaît que les apports émanant de sources identifiables dans les zones humides nord et sud assurent à peu près 60 % de l'écoulement total du canal à la confluence des canaux nord et sud, tandis que les apports diffus d'eaux souterraines fournissent les 40 % restants.

Concernant les écoulements souterrains circulant actuellement dans le système, nous constatons ce qui suit :

5. Les niveaux piézométriques observés dans de nombreux forages établis dans le «champ proche» du Silala et à des étages supérieurs indiquent clairement que l'écoulement des eaux souterraines se fait dans la direction est-ouest. Si l'on considère conjointement les éléments factuels tirés des forages d'un aquifère perméable saturé en eau, on a la preuve de la présence d'un écoulement souterrain transfrontière pénétrant en territoire chilien.
6. Si d'importantes incertitudes persistent quant à l'ampleur de l'écoulement souterrain transfrontière, les gradients hydrauliques, l'épaisseur de l'aquifère ignimbritique et la conductivité hydraulique indiquent que le flux est considérable, c'est-à-dire comparable à l'écoulement de surface actuel.
7. Selon les résultats de modélisation en champ proche, les eaux souterraines qui franchissent la frontière sur une largeur de 450 m de part et d'autre de la gorge s'écouleraient actuellement à un débit de l'ordre de 100 l/s.
8. D'après l'analyse d'échantillons d'eau, les eaux des zones humides nord et sud pourraient avoir jusqu'à 1000 et 11 000 ans d'âge respectivement, ce qui porte à croire que les temps de résidence des eaux souterraines dans les aquifères sont relativement longs et que les recharges ont des origines différentes.
9. Les résultats du modèle confirment l'existence d'un système couplé d'eaux souterraines et d'eaux de surface dans le champ proche du Silala, s'étendant au-delà de la frontière.

Nos analyses montrent qu'en l'absence de canaux aménagés par l'homme :

42

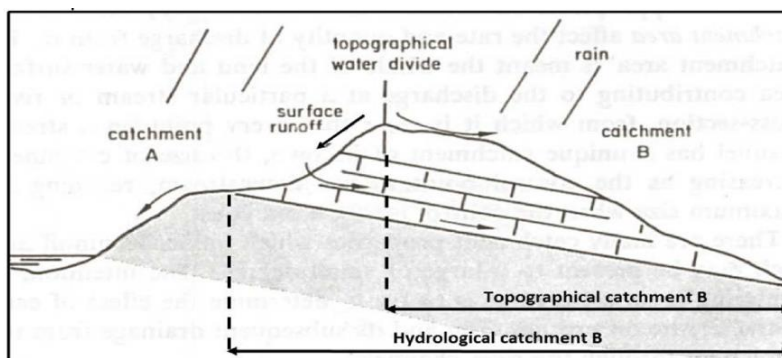
10. En l'absence de canaux, tant les eaux de surface que les eaux souterraines traverseraient la frontière. La réduction de l'écoulement de surface par rapport aux conditions actuelles serait de 30 à 40 %. Cette estimation tient compte de l'effet produit dans la zone du champ proche du Silala, à savoir l'augmentation de l'évapotranspiration et les pertes par infiltration sur le segment de la confluence à la frontière.
11. En l'absence de canaux, une quantité supérieure d'eau traverse la frontière sous forme d'eaux souterraines. L'écoulement souterrain sur une largeur de 450 m à la frontière connaît une *augmentation* de l'ordre de 7 à 11 % par rapport à la situation actuelle.
12. L'évapotranspiration est 20 à 30 % plus élevée lorsque l'on supprime les canaux et que l'on restaure les zones humides. Cela correspond toutefois à une *réduction* de seulement 2 à 3 l/s du débit combiné des écoulements souterrains et de surface à la frontière.
13. En l'absence de canaux, il est *impossible* que tous les écoulements de surface émergeant dans les zones humides s'infiltrerent entre le point de confluence et la frontière. L'estimation la plus vraisemblable (fondée sur des simulations détaillées) indique que 8 à 12 % de l'écoulement pourrait être perdu au profit d'un écoulement hypodermique. Les pertes pourraient grimper tout au plus à 25 %.
14. Les canaux ont modifié la *quantité* d'eau débitée par les sources de Silala, mais *pas la direction* de l'écoulement naturel sortant des zones humides du Silala. En outre, en l'absence de canaux, les eaux provenant des sources s'écoulent en direction du Chili.

11. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alcayaga, H., 2017, Characterization of the drainage patterns and river network of the Silala river and preliminary assessment, s.l.: Universidad Diego Portales.
- Arcadis, 2017, Detailed Hydrogeological Study of the Silala River, International Court of Justice Dispute over the status and use of the waters of Silala (Chile vs. Bolivia), s.l.: Memorial of the Republic of Chile, Volume IV, Annex 2.
- Chile, M. o. t. R. o., 2017, Volume I, Memorial and experts report, s.l.: International Court of Justice.
- COFADENA, 2017, Proyecto Geofísico 28 Líneas Tomográficas Zona Silala, La Paz, Bolivia: Corporación de las Fuerzas Armadas para el Desarrollo Nacional (COFADENA).
- Fox, R. H., 1922, Engineering hydraulic works to capture and analyse the water of the Siloli Plains. s.l.: *South African Journal of Science*. Vol. 19, p. 120-131. Ministerio de Energías, 2017, Análisis Físico Químico de Aguas, La Paz, Bolivia: Instituto boliviano de ciencia y tecnología nuclear, Centro de investigaciones y aplicaciones nucleares, Unidad de análisis y calidad ambiental.
- Mulligan, B. et Eckstein, G., 2011, The Silala/Siloli Watershed: Dispute over the Vulnerable Basin in South America, *Water Resources Development*, Vol. 27, n° 3., 27 (n° 3).
- SERGEOMIN, 2001, Studies of Hydrographic Catchments, Catchment of the Silala Springs, Catchment 20. s.l.: Department of Potosí.
- SERGEOMIN, 2003, Studies of Hydrographic Catchments, Catchment of the Silala Springs, Catchment 20. s.l.: Department of Potosí.
- SERGEOMIN, 2., 2001, Mapa n° 2 Geología, Hidrología y hidrogeología de los manantiales del Silala. s.l.: SERGEOMIN.
- SERGEOTECCMIN, 2004, Investigaciones en los Manantiales del Silala — Presentación Silala físico-químico isótopos, La Paz: Internal investigation report., s.l.: s.n.

GLOSSAIRE

Terme	Définition
Analyse de sensibilité	Etude de la façon dont l'incertitude des résultats d'un modèle mathématique ou d'un système (de calcul ou autre) peut être attribuée à différentes sources d'incertitude dans les données d'entrée.
Aquifère	Formation géologique capable de stocker, de transmettre et de produire des quantités d'eau exploitables.
Aquifère à nappe captive	Aquifère recouvert par une couche encaissante, souvent composée d'argile ou d'autres formations géologiques à faible perméabilité.
Bassin hydrographique	Aire où les écoulements de surface se dirigent vers un même exutoire.
Bassin versant	Totalité de la surface des terres et des plans d'eau qui contribuent à l'écoulement observé au niveau d'une section transversale donnée d'un cours d'eau. Ainsi, toute section transversale d'un cours d'eau aura son propre bassin versant (Wilson, 1978).
Bassin versant hydrologique	Totalité de l'étendue géographique qui alimente l'écoulement en un point donné. Le bassin versant hydrologique regroupe toutes les eaux de surface provenant des ruissellements d'eau de pluie, de la fonte des neiges et des cours d'eau avoisinants qui s'écoulent le long des pentes vers un exutoire commun, ainsi que les eaux souterraines situées sous la surface du sol. Dans la mesure où les eaux souterraines peuvent traverser les lignes de partage des eaux topographiques, un bassin versant hydrologique considéré en un point peut être plus étendu que son pendant topographique, comme indiqué dans le schéma ci-dessous.



Légende :

Catchment A	=	Bassin versant A
Surface runoff	=	Ruissellement en surface
Topographical water divide	=	Ligne de partage des eaux topographique
Topographical catchment B	=	Bassin versant topographique B
Hydrological catchment B	=	Bassin versant hydrologique B
Rain	=	Eau de pluie
Catchment B	=	Bassin versant B

Bassin versant topographique Bassin versant délimité strictement par les lignes de partage topographiques du terrain. Il englobe toutes les eaux de surface issues du ruissellement des eaux de pluie, de la fonte des neiges et des cours d'eau avoisinants qui s'écoulent le long des pentes vers un exutoire commun. Il s'agit du bassin versant réel si tous les écoulements se manifestent en surface (pas d'eaux souterraines). Le bassin versant topographique est souvent une bonne approximation du bassin versant, en particulier lorsqu'il est question de grandes étendues.

Climat désertique Type de climat (noté BWh et BWk dans la classification de Köppen, parfois BWn), aussi appelé climat aride, dans lequel les précipitations sont trop faibles pour alimenter une quelconque forme de végétation ou, tout au plus, des arbustes très clairsemés, et qui ne remplit pas les critères fixés pour être classé dans la catégorie des climats polaires.

Débit Volume d'eau qui s'écoule par unité de temps, par exemple à travers une section transversale d'un cours d'eau ou d'une source ou un puits.

Dépression Creux dont l'altitude est inférieure à celle des régions tout autour. Si le sol est imperméable, la dépression collecte les eaux de pluie du bassin versant local. Les eaux de surface ou les apports d'eaux souterraines s'accumuleront dans la dépression jusqu'à ce que :

- le niveau d'eau atteigne le seuil topographique le plus proche et forme un écoulement, ou
- l'évaporation dans la dépression soit égale aux apports combinés d'eau de surface et d'eau souterraine. Toutefois, une dépression peut aussi drainer des écoulements hypodermiques vers des zones plus basses, à travers des sols perméables, des failles géologiques ou des aquifères.

Eau fossile Si toutes les définitions de l'eau fossile s'accordent sur le fait qu'il s'agit d'eau ancienne stockée dans des aquifères ou des glaciers depuis des milliers voire des millions d'années, elles indiquent tantôt que c'est une ressource non renouvelable (définition 1) tantôt que cette eau s'est «simplement» infiltrée il y a de nombreuses années (définition 2). Dans le présent rapport, nous utilisons la première définition du terme.

Définition 1 : Oxford living Dictionary (https://en.oxforddictionaries.com/definition/fossil_water) : L'eau fossile est une eau confinée dans un aquifère, un glacier ou une autre formation depuis une très longue période de temps (des milliers voire des millions d'années), qui n'est donc pas renouvelable.

Définition 2 : Pour l'UNESCO, l'eau souterraine fossile est une eau infiltrée à une époque géologique ancienne, remontant généralement à plusieurs millénaires, souvent sous des conditions climatiques différentes des conditions actuelles, et conservée depuis dans le sous-sol.

Eau souterraine	Eau située sous la surface du sol dans la zone de saturation (zone où les pores (ou fissures ouvertes) d'un milieu poreux sont remplis d'eau).
El Niño	El Niño correspond à la phase chaude du phénomène d'oscillation australe El Niño (communément appelé ENSO) et est associé à une masse d'eau océanique chaude qui se forme au centre et dans la zone centre-est du Pacifique équatorial (à peu près entre la ligne de changement de date et 120° O), ce qui englobe la zone située au large de la côte Pacifique de l'Amérique du Sud. Le phénomène d'oscillation australe El Niño désigne le cycle de températures chaudes et froides, mesuré par la température de surface de la mer (SST) dans les zones tropicales de l'océan Pacifique central et oriental. La phase El Niño s'accompagne de fortes pressions atmosphériques dans le Pacifique occidental et de pressions basses dans la partie orientale. Au cours de la phase froide du phénomène ENSO, appelée La Niña, les SST sont inférieures aux valeurs moyennes dans le Pacifique oriental et les pressions atmosphériques sont élevées dans la partie orientale du Pacifique et basses dans la partie occidentale. Le cycle ENSO, en phase El Niño comme La Niña, provoque des modifications mondiales des températures et des précipitations.
Été austral	Période estivale de l'hémisphère sud.
Evapotranspiration	Total de l'évaporation des surfaces d'eau libre et de sol et de la transpiration des plantes qui rejettent de l'eau dans l'atmosphère.
Evapotranspiration potentielle (ET₀)	Evapotranspiration par unité de surface, dans les conditions climatiques locales, d'une surface herbeuse de référence hypothétique avec une hauteur de couvert supposée de 0,12 m, une résistance de surface fixe de 70 s.m ⁻¹ et un albédo de 0,23. La surface de référence s'apparente à une vaste surface herbeuse verte, bien alimentée en eau, de hauteur uniforme, en phase active de croissance et couvrant totalement le sol. Bonne approximation de l'évapotranspiration maximale qui, sous un climat donné, peut se produire à partir d'une unité de surface couverte par une végétation verte continuellement alimentée en eau (par exemple, une zone humide).
Infiltration	Mouvement de l'eau de la surface du sol au sous-sol.
Modèle conceptuel	Représentation et simplification d'un système physique réel, par exemple représentation d'un système hydrologique au moyen des processus clés globaux qui régissent les écoulements.
Modèle conceptuel hydrogéologique (MCH)	Représentation conceptuelle des différentes composantes d'un système hydrologique (eaux souterraines, eaux de surface et recharge) et des processus à l'œuvre entre elles.
Modèle numérique	Modèle qui permet de résoudre des équations fondamentales, par ex. les équations régissant les écoulements. Il s'agit généralement d'un

programme de calculateur qui simule des variables d'état, telles que l'écoulement et les niveaux d'eau, dans le temps et l'espace.

Modèle numérique de terrain (MNT)	Fichiers de données de cotes topographiques, souvent organisés dans un maillage quadratique présentant des mailles de dimensions données (par ex. 30 m de côté). Outils très pratiques, les MNT sont souvent intégrés aux systèmes d'information géographique (SIG) à des fins de délimitation du bassin versant topographique et de nombreux autres usages.
Modèle-cadre hydrogéologique	Modèle géologique tridimensionnel qui définit l'étendue dans l'espace de caractéristiques stratigraphiques et structurales. Un modèle-cadre est construit à partir d'ensembles de données topographiques, géologiques, géophysiques et hydrogéologiques.
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)	Institution spécialisée des Nations Unies qui pilote l'action mondiale contre la faim, la FAO constitue une source de connaissances et d'informations et aide les pays en développement et en transition à moderniser et à améliorer leurs pratiques dans le domaine de l'agriculture, de la foresterie et de la pêche et à garantir la sécurité alimentaire et nutritionnelle pour tous.
Penman-Monteith	Méthode d'estimation de l'évapotranspiration potentielle (ET_0) à partir de données météorologiques. Elle permet de prédire avec une forte probabilité de succès l' ET_0 pour une large gamme de lieux et de climats et peut être appliquée aux situations pauvres en données.
Recharge	Apports d'eau dans un aquifère par infiltration.
Satellite	Corps artificiel placé en orbite autour de la Terre ou d'une autre planète à des fins de collecte d'informations ou de communication.
Source	Point où les eaux souterraines émergent naturellement de la roche ou du sol. Le jaillissement de la source en surface peut provenir d'un aquifère à nappe captive, dans lequel l'aire d'alimentation de la nappe phréatique se situe à une altitude supérieure à celle de l'exutoire. L'eau de source qui, sous la pression d'aires d'alimentation en altitude, remonte à la surface est dite artésienne. Les sources non artésiennes peuvent simplement s'écouler à travers le sol d'un point donné à un point inférieur et émerger sous la forme d'une source, le sol leur servant alors de conduite de drainage. Il existe d'autres types de sources, qui jaillissent d'une étendue d'eau souterraine du fait de la pression associée à l'activité volcanique. On peut alors avoir des eaux jaillissant à forte température, telles que les sources chaudes.
Station météorologique	Installation, à terre ou en mer, équipée d'instruments et de matériel permettant de mesurer les conditions atmosphériques afin de recueillir des informations qui serviront à établir des prévisions météorologiques ou d'étudier le temps et le climat.
Système d'information géographique (SIG)	Système conçu pour acquérir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter des données spatiales ou géographiques.

Téledétection Acquisition d'informations sur un objet ou un phénomène sans contact physique avec l'objet étudié, par opposition à l'observation sur le terrain. Tel qu'il est entré dans l'usage courant, le terme «téledétection» désigne généralement l'utilisation de technologies de détection par satellite ou par aéronef pour détecter et classer des objets sur Terre, notamment sur la surface de la Terre, dans l'atmosphère et les océans, grâce à la propagation de signaux (par ex. rayonnement électromagnétique).

Variation spatiale Phénomène par lequel une quantité mesurée à différents endroits dans l'espace varie selon le point considéré.

Zone humide Superficie terrestre saturée en eau, de manière permanente ou saisonnière, qui présente, de ce fait, les caractéristiques d'un écosystème distinct. Le principal facteur qui distingue les zones humides des autres surfaces terrestres ou plans d'eau est qu'elles abritent une végétation caractéristique de plantes aquatiques, adaptées aux propriétés hydriques uniques des sols. Les zones humides assurent plusieurs fonctions environnementales, contribuant principalement à la purification de l'eau, à la maîtrise des crues, au piégeage du carbone et à la stabilité du trait de côte.

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE A BASSIN VERSANT DU SILALA

[Traduction]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. Introduction	2
2. Emplacement du système de sources du Silala et présentation de la région en général.....	2
2.1. L'Altiplano et ses zones humides.....	2
2.2. La région du Silala	4
3. Modèles numériques de terrain du bassin versant du Silala.....	5
4. Le bassin versant topographique des sources du Silala.....	6
5. Le bassin versant hydrologique des sources du Silala	8
6. Références bibliographiques	10

FIGURES

Figure	Titre	<i>Page</i>
Figure 1	Emplacement du système de sources du Silala	2
Figure 2	Champ proche et champ lointain du système de sources du Silala	3
Figure 3	Etendue approximative du champ proche du Silala (Mulligan et Eckstein, 2011)	3
Figure 4	Végétation à l'intérieur et à la surface de la zone humide sud du Silala	4
Figure 5	Sols dans le bassin versant hydrologique du Silala (champ proche)	5
Figure 6	Données topographiques utilisées dans le modèle de surface. La zone colorée est le produit de l'interpolation des courbes de niveau à 1 m transmises par le DIREMAR (IGM, 2016). La zone restante est basée sur les données de trame topographiques obtenues par drone (IGM, 2016). Les canaux de drainage faits par l'homme sont représentés par les lignes bleues.	6
Figure 7	Le bassin versant topographique du Silala est insuffisant pour soutenir l'écoulement aux sources	7
Figure 8	Le bassin versant hydrologique des sources du Silala	9

TABLEAUX

Tableau 1	Zones de divers sous-bassins qui alimentent les sources du Silala	7
Tableau 2	Comparaison entre les bassins versants topographiques du Silala au poste de police d'Inacaliri (Chili), tels qu'ils sont délimités dans cette étude et selon Alcayaga (2017), respectivement	8

1. INTRODUCTION

La présente annexe du rapport final du DHI intitulé Etude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala décrit l'emplacement des sources et constitue une introduction générale à la zone géographique où celles-ci se situent.

L'objectif principal de cette étude, à savoir quantifier les écoulements souterrains et de surface transfrontières à l'heure actuelle et dans leur état naturel, peut être circonscrit à une étude de la zone en champ proche qui se trouve près des sources. Toutefois, il a été demandé au DHI d'effectuer des analyses de l'infiltration et du bilan hydrique d'après les données disponibles afin d'évaluer les diverses théories quant à l'origine de l'eau des sources.

Par conséquent, cette annexe traite aussi de l'étendue possible du bassin versant hydrologique, le champ lointain, qui peut contribuer à l'écoulement à travers les zones humides et les sources. Un bassin versant hydrologique qui peut être représentatif du climat et de l'infiltration dans la région a été délimité et a servi de fondement pour les analyses de la recharge et de l'origine possible des eaux, comme il est présenté dans les annexes E et F.

2. EMPLACEMENT DU SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA ET PRÉSENTATION DE LA RÉGION EN GÉNÉRAL

Les sources du Silala sont situées dans la zone aride occidentale du département de Potosí en Bolivie, à quelques kilomètres de la frontière avec le Chili à des altitudes comprises entre 4300 et 4400 m au-dessus du niveau de la mer (voir figure 1).

Les sources du Silala sont presque entièrement alimentées par des eaux souterraines qui proviennent d'une zone «champ lointain» dont l'étendue n'est pas connue (figure 2), comme il sera décrit plus avant ci-après. La figure 3 montre la zone «champ proche» des sources du Silala, où l'écoulement des sources supérieures dans les zones humides nord et sud est recueilli par un réseau de canaux faits par l'homme. L'eau s'écoule vers l'ouest et les canaux se rejoignent en un canal principal qui traverse la frontière chilo-bolivienne à environ 4 km en aval de la zone humide nord, à 150 m de dénivelé par rapport aux sources supérieures.



Figure 1
Emplacement du système de sources du Silala

2.1. L'Altiplano et ses zones humides

Le Silala fait partie de l'Altiplano, ensemble de prairies arides (puna) de haute montagne qui débouche sur le désert d'Atacama et son climat aride. La topographie et la géologie de l'Altiplano sont fortement influencées par la présence de volcans et d'épais dépôts de courants de densité pyroclastique (ignimbrites) (SERGEOMIN, 2003). Compte tenu du climat et de l'altitude, la végétation est formée de graminées clairsemées et éparses occupant les plaines et les flancs des volcans. Les vallées ou dépressions à plus faible altitude accueillent des zones humides à apports souterrains dominants (figure 4).

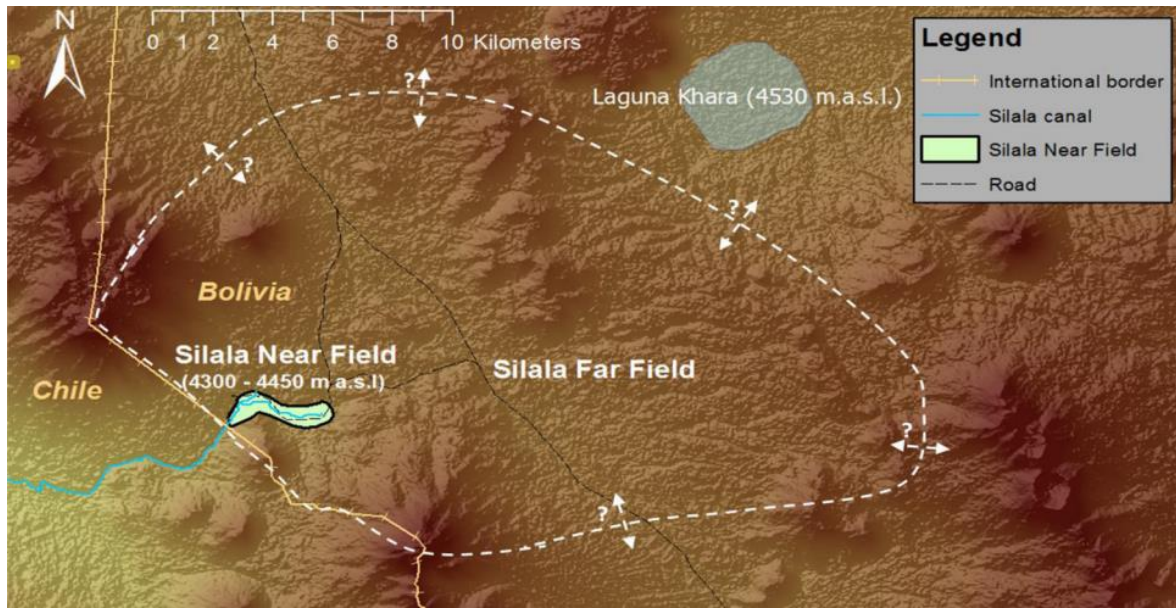


Figure 2
Champ proche et champ lointain du système de sources du Silala

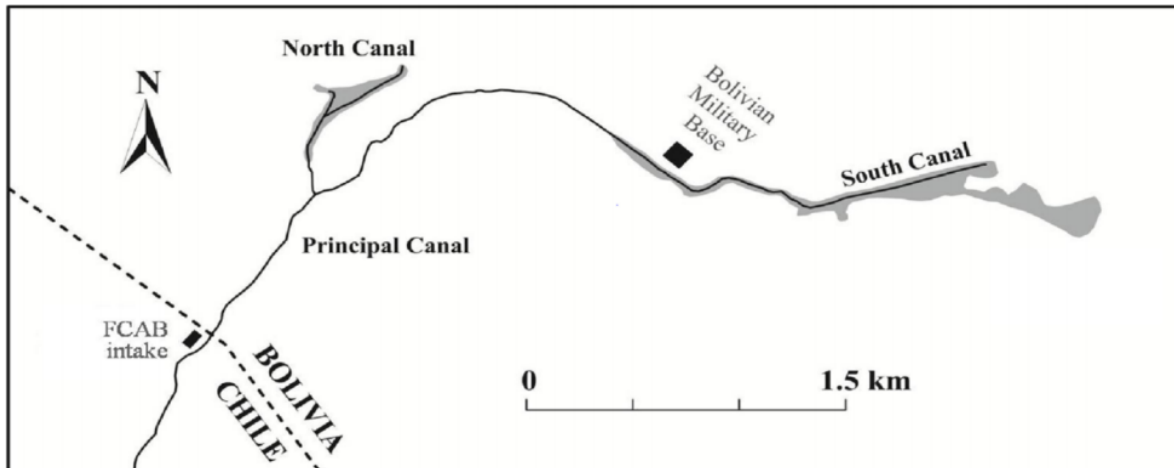


Figure 3
Etendue approximative du champ proche du Silala (Mulligan et Eckstein, 2011)

Le système de sources du Silala est un exemple d'un type de zone humide d'altitude que l'on trouve dans la région andine, décrit comme un marécage, appelé *bofedal*, avec tourbières à *Distichia* en forme de coussinets dans les cinq premiers centimètres de la surface du sol. La *Distichia* est l'espèce endémique dominante dans les zones humides andines à une altitude comprise entre 3500 m et 5000 m. Malgré un faible rythme de croissance, elle forme des couches de tourbe pouvant atteindre jusqu'à plusieurs mètres de profondeur (G. Skrzypek, 2011). Les zones humides avec *Distichia* se caractérisent par des variations micro-topographiques de mares et platières disposant d'une forte capacité de stockage de l'eau. Ces propriétés de rétention hydrique permettent à la végétation des *bofedales* de la région de générer des mares, même sur des terrains inclinés et sans création d'un ruisseau naturel ou d'autres formes d'écoulement étroitement contenu.

Les zones humides sont vulnérables et ont besoin d'un apport d'eau stable et fiable à long terme, afin de soutenir des conditions hydrologiques adaptées et, avec le temps, de développer des tourbières à base de dépôts organiques. Sur le site du Silala et dans d'autres *bofedales* de la région de Potosí, les eaux souterraines fournissent cet apport d'eau stable. L'étendue des zones humides nord et sud du Silala est contrainte par la topographie et les émissions d'eaux souterraines émergeant des sources.



Figure 4

Végétation à l'intérieur et à la surface de la zone humide sud du Silala

Les sources du Silala sont déclarées zone à protéger au titre de la convention RAMSAR. La convention a pour mission la «conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier». Dans le droit fil de la convention, le Gouvernement bolivien émet le souhait de restaurer dans leur état naturel les sources et les zones humides du Silala.

2.2. La région du Silala

Le Silala est situé dans une région au climat désertique, caractérisé par de faibles précipitations, des températures basses, mais une évaporation potentielle élevée. En dehors des zones humides, la végétation est très clairsemée et les couches supérieures des sols sont grossières et sablonneuses (figure 5), puisque ce sont à l'origine des laves et des formations ignimbrtiques qui ont été érodées par les éléments ou le passage de glaciers.

La formation rocheuse de socle se compose de couches ignimbrtiques, qui se sont sans doute déposées à la suite de plusieurs éruptions il y a 8 millions d'années environ. Ces couches ignimbrtiques sont généralement inclinées vers l'ouest, et la vallée qui abrite les sources, les zones humides et les canaux du Silala correspond à des failles majeures dans les ignimbrites (SERGEOMIN, 2003). L'une de ces failles majeures continue en amont de la zone humide sud en direction ESE-ONO. Des failles perpendiculaires à celle-ci, en direction NNO-SSE ont été recensées à une distance éloignée de la zone humide (SERGEOMIN, 2003).

Comme décrit plus en détail à l'annexe F consacrée à l'hydrogéologie, les ignimbrites sont poreuses et fracturées et il a été constaté qu'elles présentaient des conductivités hydrauliques très élevées, à la fois dans les zones de failles principales et dans leur matrice fracturée. Dans certaines zones, les ignimbrites se trouvent en contact direct avec les couches supérieures de sol qui les recouvrent, tandis que, dans d'autres parties de la zone étudiée, on trouve, en superposition, des couches de laves qui ont été déposées par des éruptions plus tardives.

Les charges potentielles des eaux souterraines, telles que mesurées dans les piézomètres établis par le DIREMAR pour les besoins de la présente étude, traduisent l'existence d'un écoulement souterrain qui circule de zones d'altitude à l'est vers les sources du Silala, puis poursuit son trajet en direction de la frontière internationale (annexe F).



Figure 5

Sols dans le bassin versant hydrologique du Silala (champ proche)

3. MODÈLES NUMÉRIQUES DE TERRAIN DU BASSIN VERSANT DU SILALA

Les modèles numériques de terrain (MNT) sont des outils de pointe qui permettent de délimiter les bassins versants topographiques et qui sont également utilisés, en l'absence d'études topographiques détaillées sur l'altitude précise des forages, pour connaître le terrain et les niveaux d'eaux souterraines dans les forages, les puits d'exploration et aux diverses sources.

Trois MNT différents ont été utilisés pour la région du Silala :

- 1) Le modèle SRTM de la NASA, généré à partir d'une mission radar de la navette spatiale, présente une résolution horizontale d'environ 30 m (NASA, 2017). Ce modèle est utilisé dans le cadre du présent projet pour les analyses de la zone en champ lointain. Ce MNT est l'arrière-plan de la figure 6.
- 2) Un modèle numérique de terrain à haute résolution obtenu par le DIREMAR d'après les mesures prises par un drone au deuxième semestre de l'année 2016 (IGM, 2016). Ce MNT, qui couvre l'ensemble de la zone en champ proche excepté les 350 mètres en aval près de la frontière, présente une résolution horizontale de 5 cm et verticale de 2 cm. Ce MNT, représenté en dégradé de gris sur la figure 6, a servi pour les analyses et la modélisation du champ proche du Silala et pour le nivellement des résultats du levé hydrogéologique.
- 3) Le MNT utilisé par Alcayaga (2017) aux fins de la délimitation du bassin versant topographique du Silala à l'endroit du poste de police d'Inacaliri à environ 4 km en aval de l'endroit où le canal du Silala traverse la frontière internationale avec le Chili. Ce MNT présente une résolution horizontale de 5 m.

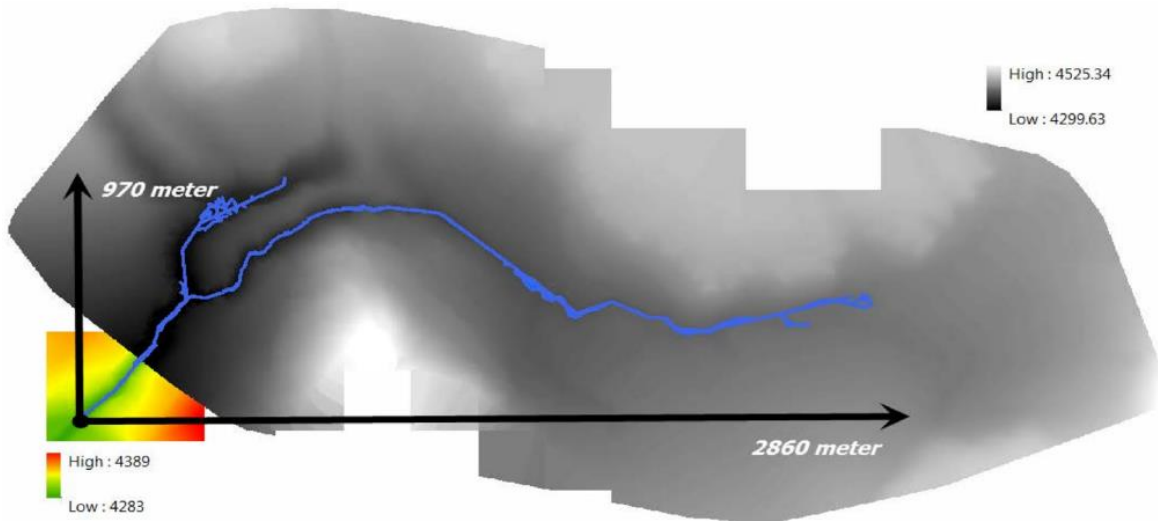


Figure 6

Données topographiques utilisées dans le modèle de surface. La zone colorée est le produit de l'interpolation des courbes de niveau à 1 m transmises par le DIREMAR (IGM, 2016).

La zone restante est basée sur les données de trame topographiques obtenues par drone (IGM, 2016). Les canaux de drainage faits par l'homme sont représentés par les lignes bleues

4. LE BASSIN VERSANT TOPOGRAPHIQUE DES SOURCES DU SILALA

Un bassin versant topographique est la zone à partir de laquelle l'écoulement de surface emprunte la pente descendante jusqu'à un point donné. Les apports pour les sources du Silala proviennent toutefois principalement d'eaux souterraines ; l'écoulement de surface dans le bassin versant et jusqu'aux zones humides est négligeable. En outre, il ressort d'analyses géologiques que des failles et des ignimbrites contenant de l'eau traversent la ligne topographique de partage des eaux (SERGEOMIN, 2003), comme on le voit sur la figure 7.

Le bassin versant topographique au point où le canal du Silala franchit la frontière chilo-bolivienne a été délimité au moyen du modèle SRTM de la NASA à 30 m. Le bassin versant topographique est représenté sur la figure 7 et possède une superficie de 59,1 km² (tableau 1).

Comme il est indiqué à l'annexe E, les analyses du bilan hydrique ont montré que la superficie du bassin versant topographique n'est pas suffisante pour soutenir les écoulements transfrontières mesurés, ce bassin étant donc d'importance moindre que le bassin versant hydrologique qui est décrit dans la section qui suit.

Le bassin versant topographique est décrit ici aux fins de référence et de comparaison avec les analyses présentées par le Chili (d'après l'étude Alcayaga, 2017) concernant la délimitation du bassin versant.

Les bassins versants topographiques relatifs au Silala peuvent être délimités pour tout point donné sur le canal. Alcayaga (2017) a délimité un bassin versant topographique à l'endroit du poste de police d'Inacaliri, situé au bord du canal à environ 5 km en aval de la frontière internationale (figure 7). Le bassin versant défini par Alcayaga a été établi à partir d'un autre MNT, mais sa superficie ne diverge que légèrement de celle délimitée dans la présente étude (voir tableau 2). Les différences ont peu d'importance compte tenu des incertitudes liées à la détermination du bassin versant *hydrologique* en général (voir section 5 ci-après).

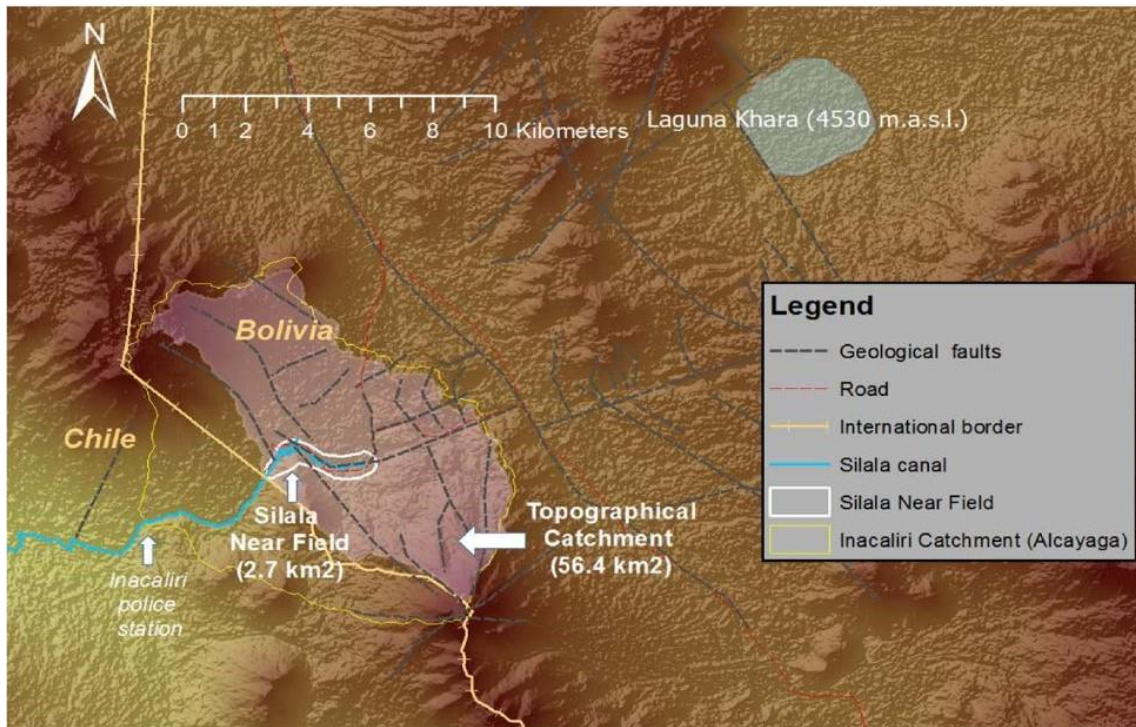


Figure 7

Le bassin versant topographique du Silala est insuffisant pour soutenir l'écoulement aux sources

Légende :

- | | | |
|--------------------------------|---|---------------------------------------|
| Topographical Catchment | = | Bassin versant topographique |
| Silala Near Field | = | Champ proche du Silala |
| Inacaliri police station | = | Poste de police d'Inacaliri |
| Geological faults | = | Failles géologiques |
| Road | = | Route |
| International border | = | Frontière internationale |
| Silala canal | = | Canal du Silala |
| Silala Near Field | = | Champ proche du Silala |
| Inacaliri Catchment (Alcayaga) | = | Bassin versant d'Inacaliri (Alcayaga) |

Nom du bassin versant ou sous-bassin	Superficie (en km ²)
Champ proche (sous-bassin)	2,7
Topographique depuis la frontière, moins le champ proche (sous-bassin)	56,4
Topographique depuis la frontière, dont le champ proche (sous-bassin)	59,1
Bassin versant routier (sous-bassin)	175,1
Bassin versant hydrologique	234,2

Tableau 1

Zones de divers sous-bassins qui alimentent les sources du Silala

Evaluation	DHI	Alcayaga	Différence*
Unité	km ²	km ²	%
Superficie totale à partir du poste de police d’Inacaliri	99,4	95,5	-3,9
Portion de la superficie en Bolivie**	69,1	69,0	-0,1
Portion de la superficie au Chili	30,3	26,5	-12,5
Bassin versant en amont de la frontière***	59,2	-	-
* Différence = (Alcayaga-DHI)/DHI*100			
** Inclut les zones se déversant dans des secteurs du canal en aval de la frontière. Ces zones ne sont pas incluses dans ***.			

Tableau 2

Comparaison entre les bassins versants topographiques du Silala au poste de police d’Inacaliri (Chili), tels qu’ils sont délimités dans cette étude et selon Alcayaga (2017), respectivement

5. LE BASSIN VERSANT HYDROLOGIQUE DES SOURCES DU SILALA

Le bassin versant hydrologique des sources du Silala (zone en champ lointain) constitue l’intégralité de la zone qui contribue au débit par les sources et les canaux sur le territoire bolivien. Ce bassin versant est plus vaste que le bassin versant topographique examiné plus haut, et il est utile pour estimer le bilan hydrique ou les sources du Silala et pour évaluer les origines possibles des écoulements.

En amont du bassin versant topographique des sources du Silala, une superficie de 175,1 km² le long de la route reliant Tayka del Desierto à Laguna Colorada dirige par la topographie les eaux vers des dépressions mineures situées tout près de la limite amont du bassin versant topographique du Silala.

La cartographie géologique (SERGEOMIN, 2017) révèle une importante zone de fracture traversant la ligne topographique de partage du bassin versant topographique du Silala. D’après l’étude de terrain hydrogéologique réalisée par le DIREMAR en 2017, cette zone de fracture et les couches d’ignimbrites se trouvant dans la région présentent des conductivités hydrauliques élevées et de forts gradients hydrauliques vers les sources du Silala (voir annexe F). Les fractures et les ignimbrites draineront la zone du «bassin versant routier» par écoulement hypodermique jusqu’au Silala pour former un bassin versant hydrologique combiné, comme il apparaît sur la figure 8, d’une superficie totale de 234,2 km² (231,5 km² en excluant le champ proche).

Le bassin versant hydrologique délimité à la figure 8 est considéré comme étant représentatif, d’un point de vue hydrologique, des précipitations, de l’évaporation, des types de sol et des taux d’infiltration concernant le champ proche et il a servi aux évaluations du bilan hydrique (annexe E). S’il ne représente peut-être pas la superficie exacte du champ proche, il est capable de générer un écoulement du même ordre de grandeur que les écoulements transfrontières observés et modélisés.

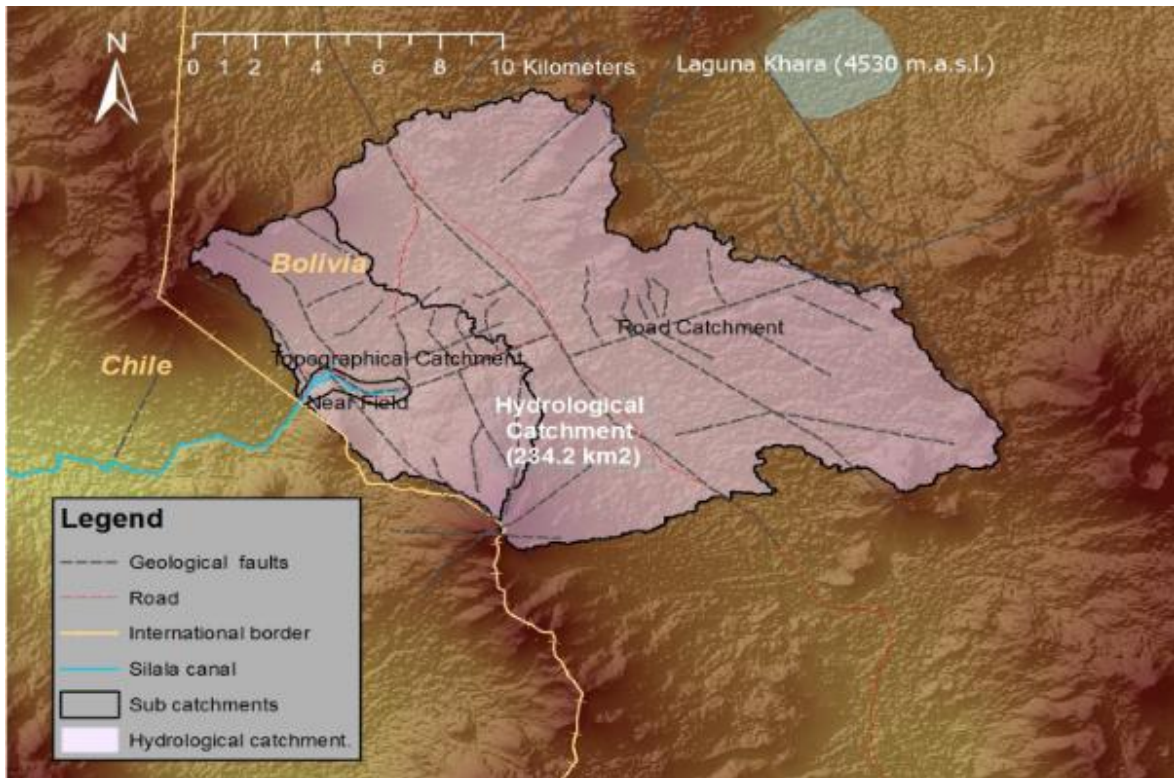


Figure 8

Le bassin versant hydrologique des sources du Silala

Légende :

Topographical Catchment	=	Bassin versant topographique
Road Catchment	=	Bassin versant routier
Near Field	=	Champ proche
Hydrological Catchment	=	Bassin versant hydrologique
Geological faults	=	Failles géologiques
Road	=	Route
International border	=	Frontière internationale
Silala canal	=	Canal du Silala
Sub catchments	=	Sous-bassins versants
Hydrological catchment	=	Bassin versant hydrologique

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alcayaga H. S., *Characterization of the drainage patterns and river network of the Silala river and preliminary assessment* [rapport]. - [s.l.]: Universidad Diego Portales, 2017.

E. M. Wilson, *Engineering Hydrology* [ouvrage]. - Stanford: The Macmillan Press LTD., 1978.

G. Skrzypek Z. Engel, T. Chuman, L. Šefrna, 2011, *Distichia peat — A new stable isotope paleoclimate proxy for the Andes* [ouvrage]. - [s.l.]: Earth and Planetary Science Letters, vol 307, 298-308, 2011.

IGM, Technical Report Georeferenced Topographic Survey — Silala water sources [rapport]. - [s.l.]: IGM, 2016.

Mulligan B. M. and Eckstein G. E., The Silala/Siloli Watershed: Dispute over the Vulnerable Basin in South America [revue] II Water Resources Development, Vol 27, no 3. - [s.l.]: Water Resources Development Vol 27, no 3., 2011.- no.3: Vol. 27.

NASA, NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Version 3.0 Global 1 arc second [ouvrage]. - [s.l.]: <https://earthdata.nasa.gov/nasa-shuttle-radar-topography-mission-srtm-version-3-0-global-1-arc-second-data-released-over-asia-and-australia>, 2017.

SERGEOMIN, Study of the Geology, Hydrology, Hydrogeology and Environment of the Silala Water-Springs Area, June 2000 — 2001, Final edition June 2003 [rapport]. - [s.l.]: Department of Potosi, 2003.

Wilson E. M., *Engineering Hydrology* [ouvrage]. - Stanford: The Macmillan Press LTD., 1978.

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE D ANALYSES PÉDOLOGIQUES

[Traduction]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. Introduction.....	2
2. Etude pédologiques et résultats clés	
2.1 Echantillonnage et profondeur des sols dans les zones humides	
2.2 Echantillonnage des sols dans les zones humides et le champ lointain du Silala (<i>campo lejano</i>)	
3. Résumé	2

FIGURES

Figure 1	Méthodes utilisées pour l'échantillonnage du sol et la mesure des profondeurs du sol dans les zones humides : <i>a</i>) forage à la tarière et <i>b</i>) tranchées
Figure 2	Sites des tranchées et des forages à la tarière dans la zone humide nord
Figure 3	Sites des tranchées et des forages à la tarière dans la zone humide sud
Figure 4	Emplacement des forages à la tarière et au diamant dans la zone humide nord
Figure 5	Emplacement des forages à la tarière et au diamant dans la zone humide sud
Figure 6	Profondeur jusqu'aux eaux souterraines (ligne bleue) et au substrat rocheux ou fragments (ligne noire), zone humide nord
Figure 7	Profondeur jusqu'aux eaux souterraines (ligne bleue) et au substrat rocheux ou fragments (ligne noire), zone humide sud
Figure 8	Profil géologique le long du canal nord jusqu'à la confluence
Figure 9	Profil géologique le long du canal sud jusqu'à la confluence
Figure 10	Profil géologique de la confluence à la frontière
Figure 11	Emplacement des échantillons de sol. PL1 à PL6 sont dans le champ proche.

TABLEAUX

Tableau 1	Echantillons de sols pour les zones humides nord et sud (I)
Tableau 2	Echantillons de sols pour les zones humides nord et sud (I)
Tableau 3	Echantillons de sols dans la zone en champ lointain
Tableau 4	Fourchette d'estimations des paramètres pédologiques dans le champ lointain, incluant les paramètres de Van Genuchten (Rawls <i>et al.</i> , 1982), (Gupta <i>et al.</i> , 1979) et (Rawls <i>et al.</i> , 1983).

1. INTRODUCTION

Le DIREMAR a mené une étude des sols et de la zone humide ainsi qu'un programme d'analyse entre septembre et décembre 2017. La présente annexe du rapport final sur l'étude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala résume les résultats des analyses pédologiques qui ont été utilisés dans notre étude. Le rapport préliminaire en espagnol (DIREMAR, 2017 a)) sur l'étude des sols et de la zone humide ainsi que le rapport final (DIREMAR, 2017 b)) sont tous deux joints à l'annexe A du présent rapport.

Combinées aux informations hydrogéologiques recueillies grâce au programme de levé d'eau souterraine décrit à l'annexe F relative à l'hydrogéologie, les données sur les sols et les zones humides ont été utilisées pour élaborer une représentation conceptuelle des zones humides et des sols dans les bassins versants en altitude. Il a ensuite été possible d'établir des estimations plausibles de la recharge dans le bassin versant hydrologique du Silala, comme il est exposé à l'annexe E, et d'élaborer une représentation conceptuelle de l'hydrologie et de l'hydrogéologie du sous-sol dans la région des sources du Silala, des sources supérieures, situées dans la zone humide sud, jusqu'à la frontière avec le Chili, nommé le «champ proche» (annexe A).

Les résultats des analyses pédologiques des zones humides ont servi à établir le modèle intégré des eaux de surface et des eaux souterraines des zones humides du Silala, lequel a ensuite été utilisé pour prédire les conditions d'écoulement si les canaux étaient enlevés et les zones humides restaurées.

.....

3. RÉSUMÉ

En résumé, les analyses pédologiques suivantes ont été effectuées et utilisées dans le cadre de l'élaboration d'une représentation conceptuelle des zones humides et de la zone des sources du Silala et pour développer plus avant un modèle numérique intégré pour les eaux de surface et les eaux souterraines des zones humides du Silala :

- Des forages ont été réalisés à la tarière et des tranchées ont été creusées dans les zones humides afin d'établir le niveau de la surface libre des nappes, et, dans une moindre mesure, d'obtenir des échantillons de sols pour l'évaluation des propriétés pédologiques.
- Des trous ont été forés au diamant dans la surface des zones humides et la lithologie des forages a permis de construire des profils géologiques sous le lit du canal.
- Les propriétés pédologiques ont été évaluées par analyse des fonctions de pédotransfert, à partir d'échantillons de sols provenant à la fois de la zone en champ lointain et des zones humides.

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE F HYDROGÉOLOGIE

[Traduction]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
RÉSUMÉANALYTIQUE.....	5
1. INTRODUCTION	7
2. PRÉCÉDENTES ÉTUDES	
2.1. Etudes géologiques	
2.2. Etudes géophysiques	
2.3. Etude hydrogéologique chilienne	
3. PROGRAMME DE CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE	
3.1. Portée et objectifs du programme d'échantillonnage	
3.2. Forage et construction de piézomètres et de puits d'exploration	
3.2.1. Construction des piézomètres	
3.3. Contrôle du niveau d'eau	
3.4. Essai hydraulique	
3.4.1. Essai de puits	
3.4.2. Essai avec obturateur	
3.4.3. Essai de pompage d'aquifère	
3.4.4. Méthodes d'analyse des essais d'aquifère	
3.5. Echantillonnage de la qualité de l'eau	
4. MODÈLE CONCEPTUEL HYDROGÉOLOGIQUE	
4.1. Géologie du champ proche du Silala	
4.2. Unités hydrogéologiques	
4.2.1. Unités hydrostructurelles (par ex., zones de failles et de fractures)	
4.3. Modèle-cadre hydrogéologique	
4.3.1. Sources des données	
4.3.2. Construction du modèle	
4.4. Propriétés hydrauliques	
4.4.1. Conductivité hydraulique	
4.4.2. Stockage de l'aquifère	

4.4.3. Anisotropie	
4.4.4. Limites hydrogéologiques	
4.5. Recharge des eaux souterraines	
4.5.1. Débit des eaux souterraines	
4.6. Hydrochimie	
4.6.1. Résultats relatifs à l'hydrochimie	
4.7. Ecoulement souterrain	
4.7.1. Gradients hydrauliques horizontaux	
4.7.2. Gradients hydrauliques verticaux	
4.7.3. Interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines	
4.7.4. Impacts anthropogéniques sur les gradients hydrauliques	
4.8. Hypothèses et limites	
5. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.....	7

FIGURES

Figure 1	Carte géologique de la zone d'étude du Silala (SERGEOMIN, 2003)
Figure 2	Emplacement des 28 tomographies géophysiques, Silala
Figure 3	Comparaison de la délimitation du bassin versant du Silala par (Alcayaga, 2017) et le DHI (annexe A)
Figure 4	Emplacement des forages et piézomètres construits dans le champ proche du Silala
Figure 5	Engin de forage utilisé pour le forage de puits d'exploration et échantillons de pierres concassées provenant de DS-4P
Figure 6	Construction d'un piézomètre
Figure 7	Niveaux de l'eau souterraine dans des piézomètres superficiels près de la frontière chilienne
Figure 8	Emplacement des puits intégrés dans le programme d'essai hydraulique
Figure 9	Tubage solide utilisé pour les essais de puits
Figure 10	Unités hydrogéologiques — Moyenne géométrique pour la conductivité hydraulique (K) d'essais hydraulique à petite échelle. HU3 — Coulées de lave érodées par les éléments, HGU5 — Dépôts ignimbrétiques présentant un faible degré de soudage, HGU6, partie inférieure — Dépôts ignimbrétiques présentant un degré élevé de soudage, HG6, partie supérieure — Dépôts ignimbrétiques présentant un degré élevé de soudage, et HU7 — Zones de failles
Figure 11	Temps-rabatement et débits de pompage lors de l'essai par paliers à DS-4P
Figure 12	Variabilité du taux d'écoulement lors de l'essai de pompage à débit constant
Figure 13	Données de temps-rabatement lors de l'essai à débit constant dans les puits et piézomètres principaux
Figure 14	Données de temps-rabatement lors de l'essai à débit constant dans les piézomètres d'observation
Figure 15	Rabatement résiduel dans DS-4P après l'essai par paliers
Figure 16	Analyse rabattement-distance (DS-3, 5S, 5P-1, 5P-II, 6 et 9)
Figure 17	Rabatement résiduel et analyse de la remontée à DS-4P après l'essai de pompage à débit constant
Figure 18	Valeurs rapportées par le ministère de l'énergie pour un échantillon d'eau souterraine recueilli dans le champ proche du Silala (Ministère de l'énergie, 2017)

- Figure 19 Exemple des valeurs de la conductivité hydraulique du tuf du Nevada et du Nouveau-Mexique (Smyth, 2006)
- Figure 20 A) Délimitation des unités hydrogéologiques (HGU) dans la zone du Silala - B) Images satellite du site du Silala, avec les HGU apparaissant en superposition
- Figure 21 Corrélation entre les ignimbrites de SERGEOMIN, 2017 et le regroupement des unités hydrogéologiques du DHI
- Figure 22 Schéma conceptuel de l'écoulement des fluides lié à une faille (Caine *et al.*, 1996)
- Figure 23 Source émergeant d'un conduit localisé du type d'une fracture
- Figure 24 Comparaison des forages entre des rapports géologiques importés et des rapports produits par le modèle géologique
- Figure 25 Tomographies 15 et 16 de la résistivité électrique sur les 28 tomographies prises pour la construction du modèle du champ proche du Silala (en bas). Tomographie de la résistivité superposée à la géologie modélisée du champ proche du Silala dans GeoModeller (en haut)
- Figure 26 Emplacement des sections 15 et 16 représentées dans la figure 27
- Figure 27 Modèle-cadre hydrogéologique restitué en 3D. La faille de Silala (HGU7) est surlignée en rouge. Les unités restantes sont affichées en transparence pour faciliter la visualisation du sous-sol modélisé.
- Figure 28 Vue du sous-sol du modèle-cadre hydrogéologique orientée NO. Le neck du Silala Chico (HGU8) et la zone de failles (HGU7) s'étendent tous deux de la surface modélisée au fond du domaine modélisé.
- Figure 29 Emplacement des profils géologiques générés à partir du modèle-cadre hydrologique
- Figure 30 Profil géologique A
- Figure 31 Profil géologique B
- Figure 32 Profil géologique C
- Figure 33 Rosace directionnelle des failles normales et inversées dans l'ignimbrite du Silala (SERGEOMIN, 2017)
- Figure 34 Exemple de la conductivité hydraulique selon la profondeur pour du tuf dans un système d'écoulement profond (voir *Tertiary Volcanics*, Belcher, 2001)
- Figure 35 Rabattement versus temps lors de l'essai de pompage à débit constant PW-UQN à 20 l/s. Source : mémoire du Chili, 2017
- Figure 36 Coupe conceptuelle de l'écoulement à travers la «fenêtre» d'ignimbrite à la frontière chilienne
- Figure 37 Diagrammes de Stiff pour les sources, le canal et l'eau souterraine du champ proche du Silala
- Figure 38 ^{14}C en pourcentage de carbone contemporain et diagrammes de Stiff — emplacement des échantillons d'eau du Silala
- Figure 39 Diagramme conceptuel illustrant le potentiel d'écoulement souterrain amélioré à travers les zones de failles relativement à l'aquifère d'ignimbrite environnant — Bassin versant du Silala
- Figure 40 Carte illustrant la nappe libre du Silala
- Figure 41 Représentations conceptuelles d'une rivière drainante (USGS, 1998)
- Figure 42 Cartographie des écoulements et apports nets, établie à partir de mesures simultanées du débit moyen du canal (en l/s) (annexe C : Eaux de surface)
- Figure 43 Représentation conceptuelle d'un cours d'eau déconnecté (USGS, 1998)
- Figure 44 Pierres cassées à l'explosif (dépôt sur la roche) pour abaisser les sources et augmenter leur écoulement

TABLEAUX

- Tableau 1 Résumé des documents et de leur utilisation pour la présente étude
- Tableau 2 Puits existants et récemment installés (novembre 2016) au Chili associés au système de sources du Silala
- Tableau 3 Résumé des informations relatives à la réalisation des piézomètres
- Tableau 4 Résumé des résultats des essais de puits

Tableau 5	Résumé des résultats des essais Lefranc
Tableau 6	Résultats des essais Lugeon
Tableau 7	Résumé des estimations des paramètres hydrauliques tirées de l'essai à débit constant au forage DS-4P
Tableau 8	Comparaison des résultats entre l'essai de pompage et l'essai de puits
Tableau 9	Unités hydrogéologiques
Tableau 10	Classification de l'ignimbrite
Tableau 11	Unités hydrogéologiques — Conductivité hydraulique mesurée et estimée
Tableau 12	Unités hydrogéologiques — Propriétés de stockage mesurées et estimées
Tableau 13	Paramètres pour une estimation prudente de l'écoulement souterrain transfrontière selon l'équation de Darcy
Tableau 14	Concentration en tritium et ^{14}C (SERGEOTECMIN, 2005 (Bolivie) et Arcadis, 2017 (Chili))
Tableau 15	Gradients verticaux calculés au faisceau de piézomètres

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

La présente annexe du rapport final sur l'étude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala documente les études géologiques et hydrogéologiques menées dans le bassin versant du Silala, ainsi que l'élaboration d'un modèle conceptuel hydrogéologique (MCH) des zones humides et du système de sources du Silala.

Un vaste programme d'échantillonnage a été effectué pour établir les caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques du champ proche du Silala (défini dans l'annexe A comme étant la zone comprenant les zones humides et le système de sources du Silala). L'objectif des études était d'apporter des éclairages sur l'hydrogéologie du site, notamment sur : les propriétés hydrauliques, les régimes d'écoulement souterrain horizontaux et verticaux, le débit des eaux souterraines et les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces données, combinées aux données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques, ont été utilisées pour élaborer un MCH pour le champ proche du Silala. Le MCH offre une représentation détaillée des processus hydrogéologiques qui sont à l'œuvre dans la zone du champ proche du Silala et sert de base pour développer un modèle numérique intégré des eaux de surface et des eaux souterraines qui permettra d'évaluer les effets sur les zones humides des modifications apportées par l'homme (annexes G et H).

Les conclusions relatives au régime conceptuel d'écoulement souterrain du champ proche du Silala sont notamment les suivantes :

- Les émergences d'eaux souterraines constituent la principale source d'eau du système de sources du Silala. Les apports souterrains qui alimentent les sources proviennent de :
 - structures géologiques alignées en direction nord-est, qui incluent plusieurs grandes failles ; ces zones de failles ont une structure bréchique et présentent une conductivité hydraulique relativement élevée par rapport aux matériaux environnants. Elles sont interprétées comme étant des formations transportant l'eau souterraine sur de grandes distances (champ lointain du Silala (le bassin versant hydrologique en amont), voire au-delà) ;
 - un réseau de petites ouvertures, des fractures alignées en direction nord-ouest agissant comme des conduits qui transmettent l'eau souterraine le long du plan de faille ;
 - des aquifères d'ignimbrites fracturées à de nombreux endroits et géographiquement étendus.
- Les propriétés hydrauliques (les valeurs de stockage et l'efficacité barométrique) des ignimbrites et les charges hydrauliques souterraines suggèrent qu'il existe des conditions semi-captives en profondeur et des conditions libres dans les piézomètres superficiels.
- Les essais de pompage menés dans la zone humide sud révèlent la présence d'un aquifère ignimbritique transmissif, dont la conductivité hydraulique à grande échelle est estimée à environ 18 m/jour et atteint localement des valeurs plus élevées dans la zone de failles du Silala (jusqu'à 54 m/jour). Ces valeurs sont largement supérieures aux 6,5 m/jour estimés à partir des essais de pompage conduits au Chili, à proximité de la frontière.
- Les données des essais hydrauliques indiquent que la conductivité hydraulique augmente avec l'échelle de l'essai, les données des essais de pompage à grande échelle présentant en général un ordre de grandeur supérieur aux essais de puits et Lefranc à petite échelle. Cela indique que les fractures transmissives sont bien connectées sur une grande échelle et que cette plus grande échelle (le volume élémentaire représentatif (VER)) contrôle le comportement hydraulique à long terme qui s'apparente à un milieu poreux.
- Le comportement hydraulique de l'aquifère ignimbritique durant l'essai de pompage ne suivait pas la courbe de Theis pour l'écoulement dans la fracture près du puits de pompage,

mais à plus grand échelle, il s'apparentait à celui d'un milieu poreux équivalent. Ainsi, à l'échelle du problème traité par le modèle numérique, l'écoulement souterrain et le débit des sources devraient être correctement représentés en utilisant une approximation en milieu poreux équivalent.

- Les mesures des charges hydrauliques indiquent que des eaux souterraines sont émises dans les zones humides sud et nord (cours d'eau drainant), mais elles pourraient, au plan hydraulique, être déconnectées du canal du Silala à la frontière chilo-bolivienne (cours d'eau infiltrant déconnecté).
- L'hydrochimie des eaux souterraines émises dans la zone humide nord diffère considérablement de celle observée dans la zone humide sud.
 - Les échantillons d'eau provenant de la zone humide nord montrent que l'eau est plus jeune et qu'elle présente de plus faibles concentrations en matières dissoutes et en bicarbonate ; elle serait issue d'un régime d'écoulement plus localisé.
 - L'eau de la zone humide sud est plus âgée (moins de ^{14}C) et présente des concentrations en matières dissoutes et en bicarbonate plus élevées ; elle serait issue d'un écoulement qui circule dans la zone de failles du Silala qui se recharge selon un régime d'écoulement sous-régional à régional (le champ lointain du Silala), dont les limites sont incertaines.
- Les analyses des mesures de l'écoulement de surface (annexe C) et des rapports hydrochimiques suggèrent que la plus grande partie (60 à 70 %) des eaux souterraines émises dans le système provient de sources associées à un régime d'écoulement souterrain régional plus profond. Les 30 à 40 % restants seraient issus de régimes d'écoulement plus localisés se trouvant plus près des sources du champ proche du Silala.
- Les données hydrochimiques semblent indiquer que Laguna Khara ne fournit pas d'apports majeurs aux eaux souterraines émises dans le système de sources du Silala. Cela n'exclut toutefois pas la possibilité d'une autre source d'écoulement souterrain interbassin.
- Les origines et l'âge des eaux alimentant les sources associées à la zone de failles du Silala restent mal définis. Pour mieux comprendre ces aspects, il faudrait les examiner plus avant en utilisant un modèle à l'échelle du bassin fondé sur des activités supplémentaires de caractérisation dans le champ lointain. Cela n'entre toutefois pas dans le cadre du présent projet.
- Le rapport entre recharge et débit d'eaux souterraines semble indiquer la présence d'un écoulement interbassin dans le bassin versant du Silala, qui pourrait représenter une composante importante des émissions dans le système de sources du Silala.
- La conductivité hydraulique mesurée et la représentation de l'aquifère ignimbritique suggèrent un écoulement souterrain transfrontière important, qui est actuellement estimé à 230 l/s environ. Les valeurs de la conductivité hydraulique représentatives de l'essai de pompage près de la frontière chilienne produiraient des écoulements transfrontières dépassant les 600 l/s. Toutefois, les estimations d'eaux souterraines transfrontières sont très incertaines et d'autres études de terrain seraient nécessaires pour disposer de davantage d'informations sur les écoulements hypodermiques provenant du bassin versant du Silala.

1. INTRODUCTION

La présente annexe du rapport final sur l'étude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala (le système de sources du Silala) documente les études géologiques et hydrogéologiques menées dans le bassin versant du Silala, et explique l'élaboration d'un modèle conceptuel hydrogéologique (MCH) des zones humides et du système de sources du Silala.

L'hydrologie des eaux de surface du système de sources du Silala est décrite à l'annexe C et le bilan hydrique du bassin ainsi que le taux de recharge évalué des aquifères sont exposés à l'annexe E.

Les évaluations et les conclusions figurant dans cette annexe s'appuient sur des informations issues de la cartographie géologique établie par le DIREMAR et de son programme de collecte de données hydrogéologiques et hydrologiques mené de septembre à décembre 2017.

Le MCH détaillé a été élaboré en utilisant les données tirées du programme de caractérisation hydrogéologique du champ proche du Silala, de l'analyse des données hydrogéologiques et de l'intégration des données géologiques, géophysiques et hydrogéologiques disponibles. Le MCH constitue la pierre angulaire du modèle numérique d'écoulement des eaux de surface et des eaux souterraines qui a servi pour les évaluations intégrées des écoulements dans le système de sources du Silala et les zones humides, avec et sans les canaux construits par l'homme.

La structure de cette annexe est la suivante :

- la section 1 (la présente section) constitue une introduction à l'étude globale et expose le contexte de l'hydrologie souterraine dans le cadre de l'étude globale et des précédents rapports du DHI ;
- la section 2 contient un résumé de travaux antérieurs utiles pour comprendre l'hydrogéologie de la région du Silala ;
- la section 3 contient les données hydrogéologiques recueillies par le DIREMAR et leurs contractants afin de définir plus avant le système d'écoulement souterrain ;
- la section 4 présente le MCH ;
- la section 5 contient un résumé des conclusions.

Les appendices contiennent des informations issues du programme de caractérisation hydrogéologiques et des analyses connexes.

.....

5. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les conclusions relatives à l'hydrogéologie du système de sources du Silala ont été rassemblées et présentées dans cette annexe. Un vaste programme de caractérisation hydrogéologique a été mené dans le champ proche du Silala afin d'apporter des éclairages clés sur l'hydrologie souterraine du site, y compris sur les propriétés hydrauliques, les régimes d'écoulement souterrain horizontaux et verticaux, le débit des eaux souterraines et les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les conclusions relatives au régime conceptuel hydrogéologique d'écoulement souterrain du champ proche du Silala sont notamment les suivantes :

- Les émergences d'eaux souterraines constituent la principale source d'eau du système de sources du Silala. Les apports souterrains qui alimentent les sources proviennent de :
 - structures géologiques alignées en direction nord-est, qui incluent plusieurs grandes failles ; ces zones de failles ont une structure bréchique et présentent une conductivité hydraulique relativement élevée par rapport aux matériaux environnants. Elles sont interprétées comme étant des formations transportant l'eau souterraine sur de grandes distances (champ lointain du Silala (le bassin versant hydrologique en amont), voire au-delà) ;
 - un réseau de petites ouvertures, des fractures alignées en direction nord-ouest agissant comme des conduits qui transmettent l'eau souterraine le long du plan de faille ;
 - des aquifères d'ignimbrites fracturées à de nombreux endroits et géographiquement étendus.
- Les propriétés hydrauliques (les valeurs de stockage et l'efficacité barométrique) des ignimbrites et les charges hydrauliques souterraines suggèrent qu'il existe des conditions semi-captives en profondeur et des conditions libres dans des portions superficielles de l'aquifère ignimbritique.
- Les essais de pompage menés dans la zone humide sud révèlent la présence d'un aquifère ignimbritique transmissif, dont la conductivité hydraulique à grande échelle est estimée à environ 18 m/jour et atteint localement des valeurs plus élevées dans la zone de failles du Silala (jusqu'à 54 m/jour). Ces valeurs sont supérieures aux 6,5 m/jour estimés à partir des essais de pompage conduits au Chili, à proximité de la frontière.
- La conductivité hydraulique à l'échelle tend généralement à converger à grande échelle vers une plus grande conductivité mesurée à petite échelle (tableau 7). Cela indique que les fractures transmissives sont bien connectées sur une grande échelle et qu'à l'échelle du VER, elles semblent contrôler le comportement hydraulique à long terme qui s'apparente à un milieu poreux.
- Le comportement hydraulique de l'aquifère ignimbritique durant l'essai de pompage ne suivait pas la courbe de Theis pour l'écoulement dans la fracture près du puits de pompage, mais à plus grande échelle, il s'apparentait à celui d'un milieu poreux équivalent.
 - Ainsi, à l'échelle du problème traité par le modèle numérique, l'écoulement souterrain et le débit des sources devraient être correctement représentés en utilisant une approximation en milieu poreux équivalent.
- Les mesures des charges hydrauliques indiquent que des eaux souterraines sont émises dans les zones humides sud et nord (cours d'eau drainant), mais elles pourraient, au plan hydraulique, être déconnectées du canal du Silala à la frontière chilo-bolivienne (cours d'eau infiltrant déconnecté).
- L'hydrochimie des eaux souterraines émises dans la zone humide nord diffère considérablement de celle observée dans la zone humide sud.
 - Les échantillons d'eau provenant de la zone humide nord montrent que l'eau est plus jeune et qu'elle présente de plus faibles concentrations en matières dissoutes et en bicarbonate ; elle serait issue d'un régime d'écoulement plus localisé.
 - L'eau de la zone humide sud est plus âgée (moins de ^{14}C) et présente des concentrations en matières dissoutes et en bicarbonate plus élevées ; elle serait issue d'un écoulement qui circule dans la zone de failles du Silala qui se recharge selon un régime d'écoulement sous-régional à régional (le champ lointain du Silala), dont les limites sont incertaines.

- Les mesures de l'écoulement de surface (annexe C) et des rapports hydrochimiques suggèrent que la plus grande partie (60 à 70 %) des eaux souterraines émises dans le système provient de sources associées à un régime d'écoulement souterrain régional plus profond. Les 30 à 40 % restants seraient issus de régimes d'écoulement plus localisés se trouvant plus près des sources du champ proche du Silala.
- Les données hydrochimiques semblent indiquer que Laguna Khara ne fournit pas d'apports majeurs aux eaux souterraines émergeant dans le système de sources du Silala. Cela n'exclut pas la possibilité d'une autre source d'écoulement souterrain interbassin.
- La datation au radiocarbone effectuée au moment de la rédaction du présent rapport indique que l'eau de la zone humide sud est relativement âgée (elle pourrait avoir jusqu'à 11 000 ans) et que celle de la zone humide nord est beaucoup plus jeune (elle pourrait avoir jusqu'à 1000 ans).
- Les origines et l'âge des eaux alimentant les sources associées à la zone de failles du Silala restent mal définis. Pour mieux comprendre ces aspects, il faudrait les examiner plus avant en utilisant un modèle à l'échelle du bassin fondé sur des activités supplémentaires de caractérisation dans le champ lointain. Cela n'entre toutefois pas dans le cadre du présent projet.
 - Le rapport entre recharge et débit d'eaux souterraines semble indiquer la présence d'un écoulement interbassin dans le bassin versant du Silala, qui pourrait représenter une composante importante des émissions dans le système de sources du Silala.
- La conductivité hydraulique mesurée et la représentation de l'aquifère ignimbritique suggèrent un écoulement souterrain transfrontière important, qui est actuellement estimé à 230 l/s environ. Les valeurs plus représentatives de l'essai de pompage près de la frontière chilienne produiraient des écoulements transfrontières dépassant les 600 l/s.
- Le modèle hydrogéologique tridimensionnel a servi de base pour la composante souterraine du modèle intégré des eaux de surfaces et des eaux souterraines utilisé pour évaluer l'incidence des canaux sur les écoulements de surface et souterrain (annexe G et annexe H).

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE G

MODÉLISATION INTÉGRÉE DES EAUX DE SURFACE ET DES EAUX SOUTERRAINES

[Traduction]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. Introduction	4
2. Objectifs	
3. Modèle intégré	
4. Modèle conceptuel	
4.1. Approche du modèle numérique	
5. Modèle de code numérique	
6. Zone et résolution du modèle	
7. Composantes du modèle hydrologique	
7.1. Eaux souterraines	
7.1.1. Modèle hydrogéologique	
7.1.2. Conditions aux limites	
7.1.3. Paramétrisation	
7.2. Zone non saturée	
7.2.1. Résumé de l'étude pédologique	
7.2.2. Paramétrisation	
7.2.3. Evapotranspiration	
7.3. Ecoulement de surface et écoulement en chenal	
7.3.1. Alignement du chenal artificiel	
7.3.2. Secteurs du canal	
7.3.3. Modifications structurelles	
7.3.4. Composante de l'écoulement de surface	
7.4. Calage du modèle	
7.5. Paramètres de calage du modèle	
8. Résultats	
8.1. Ecoulements de surface	
8.2. Surface libre	
8.3. Bilan hydrique	

8.4. Résultats par zones

- 8.4.1. Zone 1 : zone humide nord
- 8.4.2. Zone 2 : zone humide sud
- 8.4.3. Zone 3 : secteur médian du canal sud
- 8.4.4. Zone 4 : secteur de la gorge du canal sud
- 8.4.5. Zone 5 : de la confluence à la frontière

9. Résumé et conclusions 4

FIGURES

- Figure 1 Composantes et structure du modèle de code intégré MIKE SHE – MIKE11
- Figure 2 Zone modélisée du champ proche du Silala
- Figure 3 Représentations du niveau de la nappe utilisées pour définir les conditions aux limites des eaux souterraines
- Figure 4 Illustration de la condition aux limites des eaux souterraines
- Figure 5 Sites d'échantillonnage des sols dans la zone humide nord et sud
- Figure 6 Epaisseur du sol et niveau de la nappe, zone humide nord (en m. sous la surface du sol)
- Figure 7 Tourbière dans la zone humide nord
- Figure 8 Répartition du profil pédologique (les code 1-6 renvoient aux descriptions ci-dessus), zone humide nord
- Figure 9 Courbes de rétention de sols (teneur en matière sèche de tourbe allant de 60 % (1) à 0 % (7)), (Source : Londra P., 2010)
- Figure 10 Végétation herbacée et en coussinet de la zone humide sud du Silala. Gros plan de *Distichia* (photo : Fonkén 2014)
- Figure 11 Tracé de l'alignement du chenal artificiel dans le modèle hydraulique représenté par-dessus l'orthophoto de la zone
- Figure 12 Alignement du chenal artificiel à l'extrémité amont du bassin versant sud. Les lignes rouges représentent le modèle hydraulique, le polygone bleu est le fichier de formes de DIREMAR illustrant l'emplacement des canaux et convoyeurs
- Figure 13 Carte du tracé du canal incluant la largeur et la profondeur de certains canaux (Source : DIREMAR et SENAMHI)
- Figure 14 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal de l'extrémité amont à environ 300 mètres en aval (zone humide sud)
- Figure 15 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal du chaînage à 300 mètres au chaînage à 600 mètres (zone humide sud)
- Figure 16 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal (sud) du chaînage à 600 mètres au chaînage à 900 mètres
- Figure 17 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal (sud) du chaînage à 900 mètres au chaînage à 1200 mètres
- Figure 18 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal (sud) du chaînage à 1200 mètres au chaînage à 1500 mètres
- Figure 19 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal (sud) du chaînage à 1500 mètres au chaînage à 2000 mètres
- Figure 20 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal (sud) du chaînage à 2450 mètres au chaînage à 2650 mètres (il n'y a pas de mesures du chaînage à 2000 au chaînage à 2450)
- Figure 21 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le canal principal du chaînage à 2800 mètres au chaînage à 3100 mètres (il n'y a pas de mesures du chaînage à 2450 au chaînage à 2800)

- Figure 22 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le canal principal du chaînage à 3100 mètres au chaînage à 3300 mètres
- Figure 23 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le système du canal principal du chaînage à 3300 mètres environ à la frontière
- Figure 24 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le canal nord
- Figure 25 Gros plan des informations sur la largeur et la profondeur des canaux dans le canal nord
- Figure 26 Exemple de la façon de définir l'étendue de chaque canal grâce aux lignes d'alignement (en rouge). Les lignes bleues représentent les canaux et les lignes vertes les secteurs dans les canaux.
- Figure 27 Variation au niveau inférieur pour le canal principal et le canal nord de la confluence et en amont
- Figure 28 Secteurs du canal organisés dans la base de données des secteurs de MIKE11
- Figure 29 Exemple d'obstructions de l'écoulement. Ces obstructions devraient être traitées individuellement dans le modèle hydraulique en tant que pertes d'énergie additionnelles.
- Figure 30 Profil longitudinal de la simulation du débit du canal
- Figure 31 Simulation du niveau et du débit d'eau dans la zone humide sud
- Figure 32 Photo de déversements du canal du Silala (1-D) et détournement vers la zone de surface adjacente (2-D)
- Figure 33 Exemple de zonation, conductivité hydraulique horizontale de l'ignimbrite Silala supérieure ($5e^{-6} - 5e^{-5}$ m/s)
- Figure 34 Cartographie des écoulements et apports nets, établie à partir de mesures simultanées du débit moyen du canal (en l/s), annexe C
- Figure 35 Courbes isopièzes, établies à partir des mesures prises et des résultats du modèle, respectivement
- Figure 36 Simulation de l'écoulement souterrain jusqu'au canal et réseau de drainage dans la zone humide nord
- Figure 37 Simulation du niveau d'eau de surface (0-15 cm) et vecteurs d'écoulement dans la zone humide sud
- Figure 38 Simulation du niveau de la nappe et vecteurs d'écoulement dans la zone 3
- Figure 39 Emergence d'eau souterraine dans le canal le long de la zone 4, secteur de la gorge
- Figure 40 Coupe à la frontière représentant les couches aquifères et la surface libre simulée

TABLEAUX

- Tableau 1 Aperçu des zones du champ proche du Silala et des principaux processus influant sur les écoulements de surface
- Tableau 2 Unités hydrogéologiques dans le modèle hydrogéologique et le modèle numérique d'eaux souterraines
- Tableau 3 Valeurs initiales des paramètres hydrogéologiques considérés pour le modèle intégré
- Tableau 4 Aperçu des propriétés de la zone non saturée
- Tableau 5 Paramètres de l'évapotranspiration estimée (LAI)
- Tableau 6 Résumé des paramètres clés du modèle calé
- Tableau 7 Comparaison des écoulements mesurés et simulés
- Tableau 8 Résumé du bilan hydrique dans les conditions actuelles (avec canaux)

1. INTRODUCTION

La présente annexe du rapport final sur l'étude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala documente la configuration et le calage d'un modèle intégré des eaux de surface et des eaux souterraines du champ proche du Silala. Le modèle est utilisé dans l'analyse des scénarios (annexe H).

Les modèles numériques sont couramment utilisés pour simuler des systèmes hydrologiques et pour prédire les impacts des scénarios de gestion de l'eau. Un modèle intégré des eaux de surface et des eaux souterraines a été mis au point pour le champ proche du Silala à la fois pour décrire le système d'écoulement actuel et pour servir d'outil de gestion afin d'évaluer les effets de modifications précises.

.....

9. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Un modèle intégré des eaux de surface et des eaux souterraines a été mis au point afin de servir d'outil dans l'analyse des scénarios, par exemple pour évaluer les effets du retrait des canaux (annexe H). Avant d'appliquer le modèle dans l'analyse des scénarios, le modèle conceptuel a été exécuté dans le modèle numérique, puis testé et calé par rapport aux mesures sur le terrain, et ce, afin de démontrer que le modèle décrit, au plan qualitatif, l'hydrologie du champ proche du Silala, suivant la représentation conceptuelle établie, et que les résultats du modèle correspondent, au plan quantitatif, aux valeurs mesurées.

Les résultats globaux du modèle intégré concordent avec le modèle conceptuel et les observations de terrain :

- D'importants apports d'eaux souterraines alimentent la zone du champ proche du Silala, par le biais de la zone de failles hautement perméable et de l'ignimbrite Silala supérieure.
- Dans l'ensemble, les eaux souterraines s'écoulent vers les zones humides basses, les canaux et les sections profondes de la gorge.
- Les eaux souterraines alimentent les eaux de surface par le biais d'émergences de sources et d'émissions dans le réseau de chenalisation et de drainage.
- Les secteurs du canal sont drainants en amont, tandis que le secteur aval est neutre ou émissif de la confluence à la frontière.
- Le flux sortant du champ proche du Silala englobe l'eau circulant dans le canal et l'écoulement souterrain à la frontière.

Le calage du modèle au regard des données de terrain montre que :

- Le modèle simule assez bien les émissions d'eaux souterraines dans le système du canal, telles qu'exprimées par l'écoulement moyen mesuré du canal (C1-C7). L'écart se situe entre 0 et 18 %.
- L'écart relatif le plus important est constaté dans le canal sud en amont (C1-C3). Entre le secteur C4 et la confluence en aval, puis la zone frontalière, qui comprend le secteur nord (C6), le modèle est performant, les écarts entre les valeurs simulées et les observations se situant dans la fourchette d'incertitude des mesures de l'écoulement du canal.

- Le bilan hydrique du modèle calé indique que l'écoulement souterrain à la limite aval du modèle est de l'ordre de 106 l/s, contre 150 l/s pour l'écoulement de surface. Il n'y a pas de mesures de l'écoulement souterrain dans le secteur pour vérifier l'écoulement simulé du modèle.
- L'évapotranspiration se concentre dans les zones humides et le long du corridor riverain du canal. La surface totale étant restreinte, les pertes totales par évapotranspiration ne s'élèvent qu'à 10 l/s dans les conditions actuelles.

Le modèle numérique est élaboré à partir de la représentation conceptuelle et des données recueillies sur le terrain. Le modèle calé est capable de simuler les écoulements circulant dans le canal (C1-C7), dont le débit atteint environ 150 l/s à la frontière. Les résultats du modèle semblent indiquer que l'écoulement souterrain constitue une composante importante, mais celle-ci ne peut toutefois pas être comparée aux mesures et est donc plus incertaine que les écoulements de surface. Les résultats du modèle confirment néanmoins l'existence d'un système couplé d'eaux souterraines et d'eaux de surface dans la zone de champ proche du Silala, s'étendant au-delà de la frontière.

Le modèle calé convient pour l'analyse des scénarios (voir annexe H).

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE H SCÉNARIOS DE SIMULATION DES ÉCOULEMENTS NATURELS

[Traduction]

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1. Introduction	3
2. Scénarios	
2.1. Résultats associés aux scénarios	
2.2. Détails sur les scénarios	
2.2.1. Modèle de référence	
2.2.2. Scénario sans canal	
2.2.3. Scénario avec zones humides restaurées	
3. Modèle localisé de la confluence à la frontière	
3.1. Hydrogéologie de la zone allant de la confluence à la frontière	
3.2. Configuration et paramètres du modèle	
3.3. Capacité d'infiltration modélisée	
4. Résumé et conclusion.....	3

FIGURES

Figure 1	Emergence des eaux souterraines en eaux de surface et effets du retrait des canaux (USGS, 1998)
Figure 2	Modification dans la profondeur du ruissellement entre le scénario de référence et celui sans canal
Figure 3	Modification dans la surface libre de l'ignimbrite du Silala entre le scénario de référence et celui sans canal
Figure 4	Illustration d'un système aquifère libre/confiné et d'un puits artésien jaillissant
Figure 5	Modification dans la profondeur du ruissellement entre le scénario de référence et celui avec restauration des zones humides
Figure 6	Modification dans la surface libre de l'ignimbrite du Silala entre le scénario de référence et celui avec restauration des zones humides
Figure 7	Profil géologique C le long du canal de la confluence à la frontière d'après les coupes de sondage (en haut) et profil illustrant des écoulements ponctuels et les niveaux de la nappe (en bas)
Figure 8	Maille du modèle et conditions aux limites

TABLEAUX

- Tableau 1 Résumé des résultats clés associés aux scénarios
Tableau 2 Intervalles de paramètres utilisés pour le ruissellement de surface, l'écoulement dans le canal et les zones non saturée et saturée (Note : certains paramètres n'ont pas été modifiés pour l'analyse de sensibilité)

1. INTRODUCTION

Un modèle intégré a été mis au point pour les conditions actuelles du champ proche du Silala et il a été étalonné par rapport aux mesures prises récemment (annexe G). L'objectif de cet outil est d'exécuter une analyse des scénarios pour étudier l'incidence des modifications apportées au système hydrologique actuel et, en particulier, quantifier les effets des interventions visant à restaurer le système de sources du Silala pour le remettre dans un état plus naturel.

.....

4. RÉSUMÉ ET CONCLUSION

D'après les résultats de l'analyse des scénarios du modèle intégré, le fait de supprimer les canaux et de restaurer les zones humides influera aussi bien sur les eaux souterraines que sur les eaux de surface et aussi bien sur les flux entrants que sur les flux sortants du champ proche du Silala.

- L'écoulement de surface simulé à la limite aval du modèle (située à la frontière bolivo-chilienne) est réduit de 31-40 % par rapport à la situation actuelle.
- L'écoulement souterrain simulé à la limite aval du modèle (située à la frontière bolivo-chilienne) augmente de 7-11 % par rapport à la situation actuelle.
- Le flux entrant total à la limite amont du modèle décroît de 10-15 %.
- L'évapotranspiration est plus élevée de 20 à 30 % lorsque l'on supprime les canaux et que l'on restaure les zones humides, ce qui équivaut à une hausse de seulement 2 et 3 l/s respectivement.
- Une étude de sensibilité du modèle localisé indique qu'en l'absence de canaux jusqu'à 25 % des eaux s'infiltreront en sous-sol entre la confluence et la frontière, mais une estimation de 8 à 12 % est plus réaliste. Les pertes sont incluses dans les scénarios du modèle du champ proche du Silala.
- Tous les résultats associés aux scénarios évalués ici, de même que l'analyse du modèle localisé, semblent indiquer qu'il faut s'attendre à la fois à un écoulement de surface et à un écoulement souterrain à la frontière.

Les pourcentages de modification des écoulements décrivent les fourchettes de résultats générées par le modèle, mais ne nous renseignent pas explicitement sur l'incertitude des résultats de la modélisation. Malgré l'efficacité des modèles intégrés pour combiner un éventail de données propres à un site, les résultats obtenus par ces modèles numériques sont par nature incertains. Les incertitudes de prédiction du modèle sont fonction d'un certain nombre de facteurs et de sources d'incertitude, telles que les limites inhérentes aux données d'entrée, la structure du modèle, la paramétrisation et les erreurs de mesure. Au sens strict, une analyse quantitative de l'incertitude n'est pas réalisable et aucune tentative n'a été faite en ce sens, mais l'incertitude du modèle ne saurait être ignorée au moment de l'interprétation des résultats.

ANNEXE 17

DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI), ETUDE DES ÉCOULEMENTS DANS LES ZONES HUMIDES ET LE SYSTÈME DE SOURCES DU SILALA, 2018

ANNEXE I QUESTIONNAIRE SOUMIS AU DHI PAR L'ÉTAT PLURINATIONAL DE BOLIVIE

[Traduction]

1. INTRODUCTION

Comme suite au rapport final du DHI intitulé Etude des écoulements dans les zones humides et le système de sources du Silala, le bureau stratégique de reconnaissance des prétentions maritimes de la Bolivie, du Silala et des ressources hydriques internationales (DIREMAR) a soumis sept questions au DHI pour obtenir des éclaircissements sur certains points. Ces questions ainsi que les réponses du DHI sont présentées ci-dessous.

2. QUESTIONS ET RÉPONSES

1) Le DHI a établi que les eaux du Silala étaient un système de sources avec un «écoulement modifié», comment expliquez-vous le concept d'«écoulement modifié» ?

Réponse :

Un système avec des écoulements modifiés est un système dans lequel les écoulements ont changé en raison d'interventions de l'homme, par opposition généralement à un système d'écoulement «naturel», non modifié par l'homme.

2) Quel est l'incidence des modifications introduites dans le système de sources du Silala sur l'écoulement de surface ?

Réponse :

La chenalisation et les excavations connexes ont réduit les niveaux hydriques et le stockage de l'eau dans les zones humides, si l'on compare avec un système naturel. Les gradients hydrauliques ont donc augmenté, la résistance hydraulique a diminué aux sources et le débit de celles-ci s'est accru. La réduction des niveaux hydriques dans les zones humides a également fait baisser l'évaporation par rapport à une zone humide naturelle.

Ainsi, la chenalisation augmente les débits de drainage, abaisse le niveau des nappes libres, réduit l'évapotranspiration et modifie les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

3) L'écoulement de surface actuel du Silala de la Bolivie au Chili peut-il être considéré, d'un point de vue hydrologique, comme un écoulement naturel ?

Réponse :

Non, les canaux ont augmenté l'écoulement de surface à la frontière par rapport à une situation naturelle.

Alors que l'émergence d'eaux souterraines par les sources et par suintement dans les zones humides est naturelle, les canaux ont augmenté artificiellement l'écoulement de surface. Les canaux et le système de drainage ont eu une incidence sur l'écoulement, le stockage de l'eau et les niveaux hydriques sur le site du Silala en comparaison d'un système naturel, c'est-à-dire non modifié par

l'homme. Les analyses du modèle montrent une diminution de l'écoulement de surface en l'absence de canaux.

4) Quel est le comportement des eaux souterraines du Silala ?

Réponse :

Bien que les gradients des eaux souterraines et les propriétés hydrogéologiques indiquent clairement qu'il y a un écoulement souterrain de la Bolivie au Chili, l'écoulement souterrain total sur toute la profondeur et la largeur de la zone frontalière reste inconnu. D'après les données disponibles et la modélisation, il semble toutefois que l'écoulement souterrain à travers la frontière est au moins du même ordre de grandeur que l'écoulement de surface à la frontière.

5) Dans quelles unités hydrogéologiques, en territoire bolivien, des aquifères ont-ils été recensés sur le site du Silala ? Est-ce que l'un de ces aquifères traverse la frontière ?

Réponse :

Les eaux de surface du Silala se composent principalement d'émergences des aquifères par les sources et d'apports diffus le long des canaux.

Le système d'eaux souterraines du Silala est complexe et comprend un aquifère dans une ignimbrite fracturée présentant des degrés variables d'interconnectivité entre les différentes couches interstratifiées. Nous avons établi que les couches d'ignimbrites (HGU5 et HGU6) et la zone de failles dans la gorge du Silala (HGU7) constituaient les aquifères dominants du système. Tous ces aquifères traversent la frontière.

6) En tenant compte de la datation des eaux du Silala, peut-on affirmer qu'une partie des eaux souterraines n'est pas renouvelable ?

Réponse :

Les analyses des échantillons d'eaux souterraines prélevés aux sources et dans les piézomètres superficiels dans la zone humide nord et la zone humide sud, respectivement, montrent d'importantes différences dans l'hydrochimie, ce qui indique l'existence de sources ayant deux origines. La datation au radiocarbone semble également indiquer que l'eau souterraine de la zone humide sud est beaucoup plus âgée (elle pourrait avoir plusieurs milliers d'années) que celle de la zone humide nord, qui aurait moins de 1000 ans. L'eau dans la zone humide nord pourrait provenir d'une combinaison de diverses sources : par exemple, une eau bien plus jeune mélangée à une eau plus âgée provenant de la même source que celle de la zone humide sud, ou simplement une source plus localisée d'eaux de recharge.

Etant donné que les temps de résidence de l'eau dans les aquifères du Silala peuvent être très longs, l'âge élevé des eaux souterraines ne signifie pas en soi que l'eau n'est pas renouvelable. Nos analyses indiquent qu'une part importante du débit du Silala peut être rechargée dans la partie amont du bassin versant souterrain. Cependant, cela n'empêche pas qu'une certaine proportion des eaux souterraines émergeant dans les zones humides du Silala provienne de sources non renouvelables. Il n'a pas été possible de déterminer cette proportion.

7) Le retrait des canaux installés dans les *bofedales* et dans la gorge du Silala en Bolivie contribuera-t-il à la restauration naturelle de l'écosystème des zones humides ?

Réponse :

La restauration des conditions hydrologiques est un prérequis pour obtenir un écosystème des zones humides comparable à celui existant avant l'installation des canaux. Partant, le retrait des canaux, correctement effectué, contribuera à la restauration naturelle.

La restauration des zones humides par suppression du système de drainage et de canaux aura un effet immédiat sur les écoulements et les processus hydrologiques. Le rétablissement de la

végétation des zones humides et la formation de tourbe selon les processus biologiques auront une incidence sur les conditions éco-hydrologiques, mais sur une échelle de temps bien plus grande, probablement des décennies.