

ECOLE NATIONALE DE LA SANTE PUBLIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Formation des ingénieurs du
génie sanitaire

2000 – 2001

DÉTERMINATION D'UN INDICATEUR DU RISQUE SANITAIRE LIÉ A LA CONSOMMATION D'EAU DE BOISSON DANS LES SECTEURS RURAUX PRÉCAIRES DE LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DU CHILI

Présenté par :

Mzali Lilia

Elève de 3^{ème} année de l'ENGEES

Lieu du stage :

SESMA – Santiago de Chile

Accompagnant professionnel :

Ximena Ruz

Référent pédagogique :

Michelle Legeas

« L'Ecole Nationale de la Santé Publique n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les mémoires : les opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs »

REMERCIEMENTS

Après mon accompagnante professionnelle, Ximena RUZ et ma référente pédagogique, Michelle LEGEAS, je tenais à remercier toute l'équipe de « Entorno Saludable » du SESMA et tout particulièrement : Alicia CHACANA, Luis BAHAMONDES, Francisco ORELLANA et Jorge MORALES pour leur appui et leur guidage tout au long de ce mémoire.

RESUME

La région Métropolitaine du Chili est formée de 52 communes. 34 d'entre elles sont urbaines et les 18 restantes sont situées dans des zones rurales.

La couverture en eau potable n'est pas totale: au cours d'inspections précédentes le SESMA (Service en santé environnement de la région Métropolitaine) a pu recenser de nombreux secteurs qui disposent d'un système d'approvisionnement en eau "précaire". Ces "secteurs précaires" sont des secteurs ruraux constitués par une population à faibles revenus économiques, dont le système d'adduction d'eau n'est pas régularisé par le SESMA et ne répond pas à une ou plusieurs exigences fondamentales du code sanitaire. Le système d'adduction constitue dès lors un risque potentiel pour la santé de la population.

Afin de faire face à ce problème, il fut décidé de commencer par mettre en place une méthodologie d'analyse du risque sanitaire constituée par l'élaboration d'un indicateur du risque sanitaire lié à la consommation d'eau (INRIS).

Le « RISQUE » étant fonction du « DANGER » et de l' « EXPOSITION », cet indicateur est formé à la fois de facteurs relevant du concept « DANGER » tels la qualité de l'eau, les risques de contamination de la ressource ou la fragilité de l'adduction et de ceux relevant de l' « EXPOSITION » comme la concentration des habitations et la sensibilité de la population.

Cet indicateur numérique permettra de réaliser une cartographie du risque dans la région Métropolitaine. Cette cartographie pourra, par la suite, servir de référence dans l'élaboration de projets "d'amélioration de l'approvisionnement en eau potable" afin de donner la priorité aux actions dans les secteurs à haut risque.

ABSTRACT

In Metropolitan region of Chile, many rural areas can be found without any drinking water.

In these areas, the population health is highly threatened by both low population income and water supply system not in accordance with sanitary rules.

To solve the problem, it has been decided to start with the conception of a map based on the information given by a sanitary risk indicator related with the water consumption.

This indicator is built with several items such as water quality, contamination risk of headwaters, (fragility) of water supply system, housing concentration and population's vulnerability.

Later we will be able to use this map to develop actions to improve the water supply system in these high risk areas.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	8
A. Présentation du mémoire: contexte et objectifs	10
1. Présentation.....	10
(a) Présentation succincte de la région.....	10
(b) Présentation de l'organisme d'accueil: le SESMA.....	11
2. Contexte du projet	12
(a) Historique.....	12
(b) Redéfinitions	13
3. Enjeux et objectifs du mémoire	15
B. Présentation de l' "indicateur du risque sanitaire lié a la consommation d'eau dans les secteurs ruraux précaires" (INRIS).....	17
1. Présentation et légitimation de chaque composante de l'indicateur.....	18
(a) Qualité de l'eau	18
(b) Risque de contamination de la ressource"	23
(c) Fragilité de l'adduction	26
(d) Exposition de la population	28
2. Présentation du calcul de l'indicateur.....	30
(a) Indicateur de qualité de l'eau (Icagua).....	30
(b) Indicateur de fragilité de la ressource (Ifuente).....	33
(c) Indicateur de concentration des habitations (Iagrup).....	36
(d) Indicateur de fragilité de l'adduction (Iabastecimiento).....	38
(e) Indicateur de sensibilité de la population (Isocio).....	41
(f) Compilation de tous les indicateurs pour la conception de INRIS.....	43
(g) Variantes	43
C. Application de l'indicateur.....	45
1. Démarche	45
(a) Elaboration du questionnaire	45
(b) Réunion avec les communes et réponse au questionnaire	45
(c) Visite terrain	46
(d) Calcul de l'indicateur.....	46

LISTE DES ABREVIATIONS

SESMA:	<i>Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente</i> Service en santé environnement de la région Métropolitaine
APR :	<i>Agua Potable Rural</i> Eau potable rural
EMOS:	<i>Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias</i> Entreprise de “travaux sanitaires”
MOP:	<i>Ministerio de Obras Públicas</i> Ministère des travaux publics
NCH409:	Norme Chilienne 409 (eau potable)
OMS:	Organisation Mondiale de la Santé
CONAMA:	<i>Comisión Nacional del Medio Ambiente</i> Commission nationale de l’environnement
CT:	Coliformes thermotolérants
CF:	Coliformes Fécaux
RSF:	<i>Residuos sólidos filtrables</i> Matières solides filtrables
INRIS:	<i>Índice de Riesgo Sanitario</i> Indicateur du Risque Sanitaire

TRADUCTION DES INDICATEURS:

Icagua = Iqeau:	Indicateur de la qualité de l'eau
Icfuente = Iqressource	Indicateur de la qualité de l'eau de la ressource
Icarranque = Iqrobinet	Indicateur de la qualité de l'eau au robinet
Idesin	Indicateur de la qualité de la désinfection
Ifuente = Iressource :	Indicateur du risque de contamination de la ressource
Icaptación = Icaptage:	Indicateur de l'état du captage
Iestanque = Iréservoir:	Indicateur de l'état du réservoir
Ired = Iréseau:	Indicateur de l'état du réseau
Iagrup = Iregroup:	Indicateur de concentration des habitations
Isocio:	Indicateur de vulnérabilité de la population
Iedad = Iâge	
Imenos de 5 años = Imoins de 5 ans	
Imayores de 65 años = Iplus de 65 ans	

INTRODUCTION

Si l'on s'adonne à un saut temporel en remontant l'horloge du temps et que l'on s'intéresse à la situation sanitaire du Chili vers le milieu du XX^e siècle, on s'aperçoit qu'à cette époque un tiers des décès d'enfants de moins de un an est dû à des diarrhées infantiles, phénomène à relier à la qualité de l'eau de boisson.

Si l'on considère que le Ministère des travaux publics a la charge de l'adduction de l'eau dans toute la partie urbaine du pays (63% du territoire), il reste la zone rurale (37%) qui ne bénéficie d'aucune structure. Le problème est posé et le service de santé, de concert avec le Ministère des travaux publics décide de remédier à la situation au début des années 50. Il faut néanmoins attendre 1961 pour voir naître les systèmes d'APR (eau potable rurale) qui vont permettre d'installer des systèmes d'adduction d'eau basiques dans les secteurs ruraux.

Aujourd'hui le constat est le suivant:

D'une part la couverture en eau nationale, fin 2000, est de 98,5%. D'autre part on entre dans une impasse en ce qui concerne les secteurs ruraux. On se heurte à un réel vide institutionnel qui affecte directement la gestion des organisations impliquées et il en résulte qu'on ne satisfait pas à la demande de la population rurale. On observe un manque évident de coordination entre les différents organismes décideurs, et une partie de la zone "rurale dispersée" ne dispose d'aucune structure lui permettant d'accéder à un système d'adduction d'eau potable.

Ces dernières années, un effort est en train d'être fourni à ce sujet; de la part :

- du MOP et de EMOS qui veulent développer une version actualisée des programmes APR, incluant ainsi les secteurs ruraux dispersés;
- de l'association AIDIS (association des ingénieurs du génie sanitaire) qui a mis en place un groupe de discussion chargé de dégager des alternatives de solutions;
- du SESMA qui veut appuyer les communes de la région Métropolitaine de façon urgente afin d'implanter dans chaque secteur et ce, avant 2005, un système d'eau potable.

Avant de mettre en oeuvre ces projets, le SESMA a émis le désir de disposer d'un diagnostic préliminaire consistant en une "cartographie du risque sanitaire lié à la consommation d'eau potable" dans tous ces secteurs ruraux "précaires".

L'élaboration de cette cartographie basée sur la détermination de plusieurs facteurs ou indicateurs de risques sanitaires va donc constituer le corps de ce mémoire.

A. PRÉSENTATION DU MÉMOIRE: CONTEXTE ET OBJECTIFS

1. Présentation

(a) PRÉSENTATION SUCCINCTE DE LA RÉGION

Le Chili en quelques chiffres

- ✦ Superficie : 56 900 Km²
- ✦ Population : près de 15 millions d'habitants dont :
 - 85% urbanisés
 - 95% alphabétisés
 - 29% moins de 15 ans
 - un taux de croissance annuelle de 1,5% contre 3‰ en France
 - une population active de 5,8 millions et un taux de chômage de 7.2% (fin 98) (contre 10% en France en Janvier 2000)
 - une densité de 19 hab/km² contre 107 hab/km² en France
- ✦ une répartition de la population de 75% dans la vallée centrale c'est à dire 20% du territoire
- ✦ Economie : un PIB par habitant de 5 100 USD en 1998

La région Métropolitaine :

Entre le 33e et le 37e parallèle, au-dessous de 1 500 mètres, la région Métropolitaine bénéficie d'un climat de type méditerranéen aux hivers doux et pluvieux, aux étés chauds et secs. Il tombe en moyenne 370 millimètres de pluie par an à Santiago.

Santiago du Chili, capitale de la région Métropolitaine, compte près de 4 millions d'habitants soit 25% de la population totale. La région Métropolitaine compte 5.7 millions d'habitants soit près de 40 % de la population totale, occupant seulement 2% du territoire national. (A titre indicatif, on peut signaler que Valparaiso, deuxième ville du Chili, située à 120 km de la capitale compte 800 000 habitants soit 5% de la population)

La Région Métropolitaine est constituée de 52 communes dont 34 sont urbaines et les 18 restantes rurales.



(b) PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCEUIL : LE SESMA

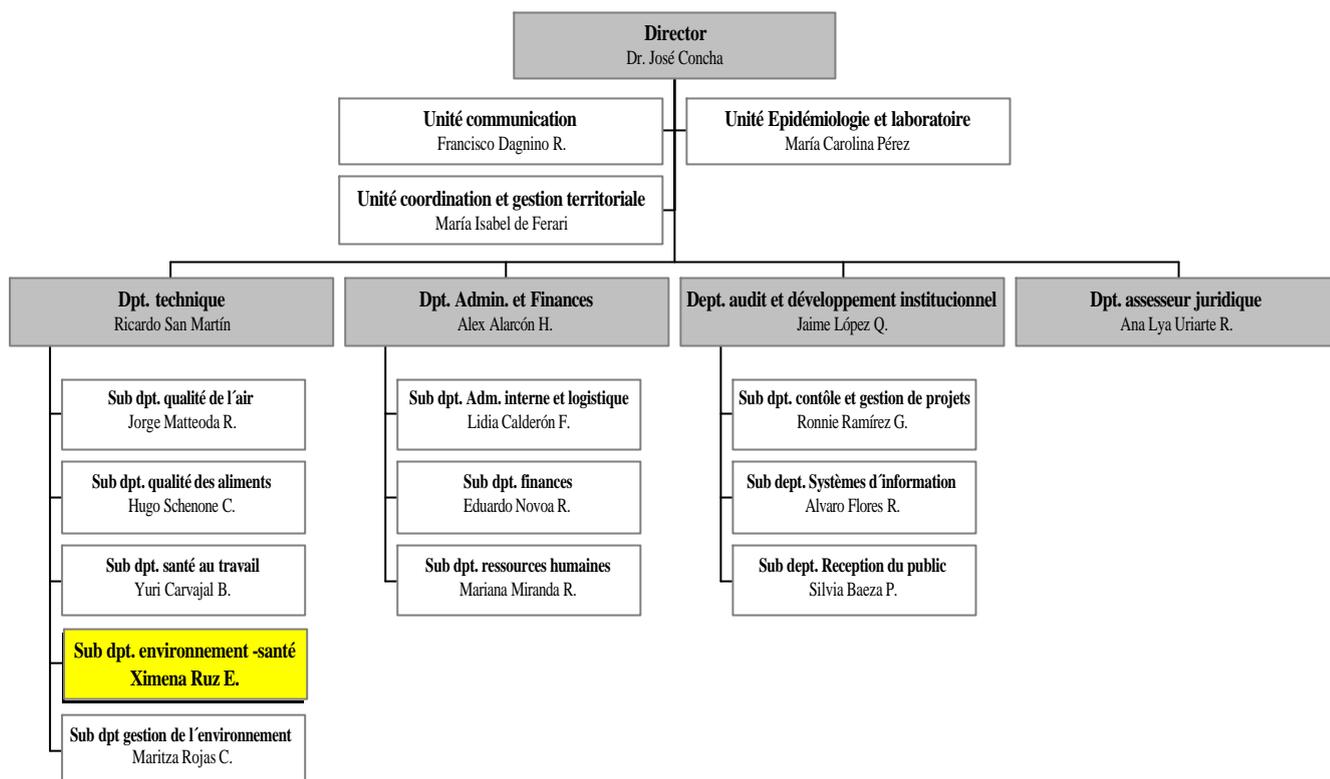
Le SESMA (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente) est un service déconcentré de l'état à gestion autonome. Avec les 29 autres services de santé, il fait partie intégrante du système national de services de santé.

Etendant son action sur toute la région Métropolitaine du Chili, sa mission est de réaliser "les actions nécessaires pour la protection des populations face aux risques liés à l'environnement et pour conserver, améliorer et recouvrer la qualité du milieu naturel".

Ses attributions lui permettent d'agir comme tribunal sanitaire de première instance, ce qui signifie que l'autorité du SESMA est dotée d'un pouvoir exécutif capable d'interdire de façon immédiate le fonctionnement d'une activité mettant en danger la santé des personnes et de sanctionner selon le Code Sanitaire.

Le SESMA se divise en quatre départements: technique, juridique, audit et administratif.

Organigramme
Service santé environnement- Région Métropolitaine



Le mémoire présenté s’est déroulé au sein du sous-département “environnement-santé”. Ce sous-département se doit d’apporter un “appui technique” aux particuliers, et pour ce faire, on distingue deux branches dans le service: “fiscalisation” et “vigilance”. La première a pour charge de régulariser et d’autoriser tous les systèmes d’eau potable et d’assainissement particuliers, de déchets, piscines, cimetières,...

La seconde doit exercer une surveillance permanente au niveau de la qualité de l’eau, des déchets, des zoonoses et du bruit. Les contrôles se font soit après plaintes, soit d’après un calendrier d’inspections intégrant les différents projets approuvés dans la branche “Fiscalisation”.

2. Contexte du projet

(a) HISTORIQUE

Ce mémoire s’inscrit dans un vaste programme ayant débuté en 2001, prévu jusqu’à fin 2005 et impulsé par les conclusions d’un programme de “surveillance des eaux de boissons” (1998/1999). Ce projet s’est fixé comme objectif de procurer un appui technique aux différentes communes rurales ou semi-concentrées de la région Métropolitaine afin de parvenir à la **“ maîtrise de la qualité des eaux de consommation via le contrôle de tous les systèmes d’approvisionnement d’eau précaires”**.

La région "Métropolitaine" a, en effet, connu d'importants problèmes environnementaux (entre autre des problèmes de sécheresse) générant ainsi des conséquences néfastes pour la santé des populations en raison du manque ou de la mauvaise qualité de l'eau potable distribuée. Face à ces problèmes les secteurs les plus sensibles sont les zones rurales de la région "Métropolitaine", compte tenu du fait qu'ils ne disposent pas de systèmes d'adductions fiables.

Au cours de l'année 1998 le SESMA a donc mis en place un programme de « surveillance de la qualité des eaux de boissons » qui visait à « cartographier » l'ensemble des communes rurales. Ont alors été qualifiés de « localités précaires » les secteurs qui ne possédaient pas de systèmes d'approvisionnement fiables d'après le jugement du SESMA. Dans les 11 communes suivantes: Alhué, Buin, Colina, Curacaví, Lampa, María Pinto, Melipilla, Paine, San José de Maipo, San Pedro et Til-Til, le service a dénombré environ 25.000 habitants se trouvant en situation précaire.

(b) REDÉFINITIONS

Afin de bien poser les bases du projet et de remettre les objectifs du mémoire dans leur contexte, il convient de procéder à quelques redéfinitions ou explicitations des différents concepts cités plus haut.

Les 25.000 habitants évoqués ci-dessus se répartissent dans les 11 communes précitées. D'autre part, ces 25.000 habitants se regroupent en différents secteurs sachant que la division administrative de la région Métropolitaine est la suivante: COMMUNE / LOCALITE / SECTEUR. On a donc compté environ une dizaine de secteurs "précaires" par commune; toutefois, cette donnée sera à préciser durant le déroulement de l'étude.

☛ La définition d'un **secteur rural** ne fait toujours pas l'unanimité au sein des différents organismes sanitaires. Nous pourrions adopter la suivante:

Une localité rurale est une localité dont la population n'est pas toujours bien définie compte tenu du fait qu'elle peut être composée de nombreux noyaux mais dont les caractéristiques socio-économiques définissent son caractère "rural".

L'activité principale de sa population réside dans l'agriculture, l'élevage ou la mine. Ses habitants disposent de faibles revenus et l'entité "famille" constitue l'unité de production et de consommation à la fois. Le secteur rural présente une dépendance marquée aux centres urbains, tant au niveau administratif, scolaire ou de l'emploi. Toutefois il conserve des valeurs qui lui sont propres et quelques unes de ses traditions. Le niveau de confort au sein du foyer est à mettre en relation directe avec le niveau du revenu. (C.C Julio Valdés P: Agua para consumo humano- sector rural)

☛ Il convient par ailleurs de redéfinir avec précision une “localité précaire”:

Un **secteur précaire** vis à vis de l’adduction d’eau sera défini comme un secteur rural ou semi-concentré, habité par une population de faible revenu économique, qui se trouve hors de la concession d’une entreprise sanitaire, et dont le système d’eau potable n’est pas régularisé par le SESMA et ne répond pas aux exigences fondamentales de la norme sanitaire, ce système constituant dès lors un risque potentiel pour la santé de la population du secteur.

☛ Enfin, nous allons présenter la procédure de mise en place d’un système d’eau potable dans les secteurs ruraux de la région Métropolitaine:

En théorie, ce sont les habitants même d’un secteur qui doivent s’organiser (niveau technique et financier) afin de monter un projet d’eau potable. Ce projet peut ensuite être présenté à EMOS (la principale entreprise sanitaire privée de la région Métropolitaine) si le secteur répond aux exigences de cette même entreprise, ou à un système de Fond National (exemple le FNDR-BID, Fondo Nacional de Desarrollo Regional) ou bien être pris en charge entièrement par l’association de voisins.

Pour qu’un secteur puisse bénéficier d’un système “APR” d’EMOS, il doit remplir au minimum les conditions suivantes (EMOS n’implantant qu’un projet rentable pour elle):

- ✦ Compter entre 150 et 3000 habitants;
- ✦ Présenter une concentration minimale de 15 habitations par kilomètre de rue;
- ✦ Etre situé hors de la zone de concession d’une entreprise sanitaire.

La majeure partie des secteurs de l’étude ne remplit pas les conditions fixées par EMOS et ne peut donc pas bénéficier d’un système APR (Agua Potable Rural), ils n’ont pas non plus les moyens financiers d’installer, à leur charge, un système d’eau potable, la solution restante est donc de présenter le projet à un organisme de Fond. Lors de cette procédure le secteur peut recevoir un appui de la mairie (service “higiene ambiental”).

Le rôle du SESMA dans ce projet est un rôle de conseiller et d’aide (non financière) dans la mise en place des projets. Il pourra par exemple impulser la conception des projets en “provoquant” des réunions de voisins, en aidant à la recherche de Fonds, en conseillant la personne qui réalisera la partie technique du projet (le SESMA, étant une entité de contrôle, il ne peut pas réaliser lui même le projet).

Le plan d’action défini par le SESMA serait le suivant:

1. Diagnostic de la situation actuelle
2. Réunion avec les différentes communes concernées et avec les partenaires “eau” comme EMOS ou le MOP (Ministère des travaux publics).
3. Alternatives de solutions avec aide technique aux communes dans la rédaction de projets (projets nécessaires pour l’obtention de Fonds)
4. Gestion

3. Enjeux et objectifs du mémoire

Au regard des conclusions établies par le “programme de vigilance de la qualité de l’eau” il apparaît que les secteurs “précaires” sont relativement nombreux (il faudra les recenser de façon précise au sein du “diagnostic”), d’où la nécessité de planifier, structurer et organiser les actions à mener. Le problème rencontré par le SESMA est un problème de choix: par quel secteur commencer ? Le SESMA étant un service de santé, il paraît naturel que le critère de hiérarchisation des secteurs soit d’ordre sanitaire.

Il semble donc nécessaire d’établir une “méthodologie d’analyse de risques” qui permette de mettre en évidence les secteurs qui, à l’heure actuelle, encourrent le risque sanitaire le plus grand.

L’application de cette méthodologie prend place entre la phase “diagnostic” et “rédaction de projets”. Le “corps” de cette méthodologie sera la conception d’un “**indicateur du risque sanitaire**” (INRIS) intégrant plusieurs facteurs. Cet indicateur permettra ainsi de réaliser une “cartographie” du risque sanitaire encourru par la population en relation avec la consommation d’eau.

Cet indicateur servira ensuite de base au SESMA pour élaborer l’ordre de priorité, de façon à commencer les projets dans les secteurs “à haut risque sanitaire”.

On peut distinguer **deux principaux enjeux**:

1. Un enjeu sanitaire

Il fut démontré à maintes reprises que la fourniture d’une eau “saine” est la mesure la plus importante qui puisse être prise pour améliorer la santé d’une collectivité en prévenant les maladies d’origine hydrique. Comme nous venons de l’exposer, élaborée dans un service de santé, cette méthodologie d’analyse du sanitaire se doit de pointer les secteurs les plus exposés, de façon à ce que l’on puisse réduire les maladies entériques en relation avec la consommation d’eau de mauvaise qualité dans les secteurs présentant le plus grand “danger”.

2. Un enjeu institutionnel

Au sein de cette méthodologie, nous considérerons différents indicateurs de la situation sanitaire de tous ces secteurs. Sans perdre de vue l’objectif futur du SESMA qui, entre autres, est la rédaction de projets d’adduction d’eau potable, la méthodologie doit apporter les éléments de justification d’ordre sanitaire qui serviront à légitimer, aux yeux des différents organismes financiers, les choix de priorités effectués par la suite.

Il faut préciser que cet indicateur ne sera qu’un indicateur de la situation sanitaire des différents secteurs. Bien évidemment, le SESMA apportera son aide aux villages classés comme “moyennement prioritaires”

mais qui entreprennent des démarches en vue de la mise en place d'un projet. L'indicateur sera utilisé comme moyen de hiérarchisation des secteurs qui, pour l'instant, n'ont rien entrepris.

Par ailleurs, l'indicateur mis en place n'est pas destiné uniquement à la rédaction de projet, il se doit de "cartographier le risque". Le SESMA et les entités engagées dans la problématique "eau potable" décideront par la suite des mesures à mettre en place: rédaction d'un projet d'eau potable communautaire, mesures moins ambitieuses comme des conseils sanitaires pour l'entretien et l'amélioration de l'état des puits, etc...

B. PRÉSENTATION DE L' "INDICATEUR DU RISQUE SANITAIRE LIÉ A LA CONSOMMATION D'EAU DANS LES SECTEURS RURAUX PRÉCAIRES" (INRIS).

Avant de présenter les différentes composantes de l'indicateur, il convient de rappeler la définition du "RISQUE" sanitaire.

Le "RISQUE" sanitaire se situe à la croisée du "DANGER" et de l' "EXPOSITION". Une eau de mauvaise qualité peut ne présenter aucun risque si elle n'est consommée par personne; au contraire une eau de qualité moyenne peut avoir un impact sanitaire non négligeable si elle approvisionne une grande métropole.

Afin de réaliser la "cartographie du risque", l'indicateur devra donc intégrer simultanément des indicateurs de "DANGER" et des indicateurs d'"EXPOSITION".

Pour les indicateurs de "DANGER", on détermine :

- ✎ Un indicateur de "**qualité de l'eau**"
- ✎ Un indicateur de "**risque de contamination de la ressource**"
- ✎ Un indicateur de "**fragilité de l'adduction**"

Pour les indicateurs d'"EXPOSITION", on détermine :

- ✎ Un indicateur quantitatif reflétant le **nombre de personnes exposées**
- ✎ Un indicateur qualitatif reflétant la **réceptivité de la population face à l'agent infectieux**.

Plan de travail:

Afin de mener à bien cette étude nous allons suivre le cheminement suivant:

- ✎ Tout d'abord il faudra réaliser un questionnaire destiné à toutes les communes concernées. Ce questionnaire devra comporter toutes les informations nécessaires à l'élaboration de l'indicateur et construira donc la banque de données.
- ✎ Dans un deuxième temps, nous présélectionnerons les secteurs dans lesquels nous allons travailler.
- ✎ Ensuite, nous appliquerons l'indicateur INRIS à tous ces secteurs

- ✎ Enfin, nous déterminerons quatre zones: verte, bleu, jaune et rouge comportant respectivement les secteurs à faible, moyennement faible, moyennement fort et fort risque sanitaire. Cette classification servira de base à l'établissement du plan de travail pour la réalisation des projets techniques d'adduction d'eau potable.

1. Présentation et légitimation de chaque composante de l'indicateur

(a) QUALITÉ DE L'EAU

Une analyse d'eau est une photo à un instant T de la qualité de l'eau, elle donne une idée exacte de l'eau qui est consommée par la population à ce moment.

Toutefois, dans les secteurs ruraux de l'étude nous allons voir qu'il est relativement difficile de réaliser un suivi précis de la qualité de l'eau par des analyses régulières. Ainsi, il sera nécessaire d'intégrer d'autres indicateurs (sources de contamination possible, qualité de l'adduction) à l'indicateur de qualité de l'eau, de façon à appréhender la qualité de l'eau dans le temps et non pas seulement au moment de l'analyse.

Les analyses d'eau nous permettront d'évaluer deux aspects : l'aspect microbiologique et l'aspect physico-chimique.

Aspects microbiologiques

Les maladies infectieuses causées par les bactéries, les virus ou les protozoaires représentent le risque le plus commun associé à la consommation d'eau de boisson.

a. Le risque microbiologique

Nous pouvons énumérer les principales pathologies :

PATHOLOGIE	AGENTS PATHOGENES
Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	Salmonella typhi et paratyphi A y B
Choléra	Vibrio cholerae
Dysenterie bacillaire	Shigella
Gastro-entérites aiguës et diarrhées	<p>E.Coli entérotoxigène Yersinia enterocolitica</p> <p>Shigella : l'homme est la seule source d'infection, shigella est responsable de graves problèmes de santé publique.</p> <p>Salmonella: d'origine fécale, elle apparaît dans le réseau lorsque il y a recontamination fécale, quand le traitement est insuffisant ou quand il n'y a pas de désinfection.</p> <p>Campylobacter: véhiculée par les oiseaux, le bétail ou les chiens, il survit très bien en eau froide sans désinfection et est responsable de gastro-entérites plus importantes que celles des salmonellas mais moins importantes que celles des shigellas.</p> <p>...</p>

b. Le risque viral

On recense plus de 150 espèces de virus pathogènes transmises par voie oro-fécale, les plus importants au niveau de la transmission des maladies par l'eau étant ceux qui se multiplient dans l'intestin de l'homme et qui peuvent survivre longtemps dans l'environnement (adénovirus, enterovirus, virus de hépatite A, virus de Norwalk, rotavirus,...). En général les virus sont plus résistants au chlore que les bactéries et présentent une dose infectieuse relativement basse, ce qui pose un réel problème de santé publique, comme nous le verrons par la suite.

c. Le risque « protozoaire »

Une prise de conscience s'est opérée ces dernières années quant au risque « protozoaire ». On s'est tout spécialement rendu compte du danger que pouvait représenter Cryptosporidium et Giardia (cf. épidémie de Milwaukee, E.U., 1993). Ces organismes résistent relativement bien au chlore et présentent, eux aussi, une dose infectieuse faible. Les épidémies à Cryptosporidium ou Giardia apparaissent généralement dans des eaux non chlorées ou durant des épisodes pluvieux, lorsque la désinfection n'est pas réalisée de façon optimale.

d. Les indicateurs microbiens de la qualité de l'eau

Etant donné le prix des analyses, le délai d'obtention des résultats et la quantité de pathogènes véhiculés dans l'eau de boisson, il est impossible de rechercher tous les pathogènes. C'est pourquoi est née l'idée de déterminer un indicateur représentatif de la contamination de l'eau.

Le principal risque pour la santé lié à l'eau de boisson est la contamination directe ou indirecte par les excréta humains ou animaux, et notamment la contamination fécale. Il a donc été décidé d'appréhender la qualité microbiologique de l'eau par l'évaluation d'un indicateur de contamination fécale.

La persistance de l'indicateur de contamination fécale dans l'eau et sa sensibilité aux différents traitements doit être semblable aux pathogènes véhiculés dans l'eau.

Le meilleur indicateur de contamination fécale est *Escherichia Coli*, la bactérie la plus abondante dans les fèces humains (elle peut atteindre des concentrations de 10^9 par gramme de matière). Toutefois, lorsque l'on dispose de ressources limitées, on peut se contenter de mesurer les coliformes thermotolérants, un autre indicateur de contamination fécale. Les coliformes thermotolérants sont un groupe de coliformes capables de provoquer la fermentation du lactose à 44-45°C, ils comprennent les *E.Coli*, *Klebsiella*, *Entérobacter* et *Citrobacter*, on remarquera que seul *E. Coli* est d'origine fécale.

Comme dans la norme chilienne NCh409, nous choisirons les coliformes thermotolérants comme indicateurs de contamination fécale (et non pas *E.Coli*) dans le calcul de l'indicateur INRIS.

D'autre part, dans le calcul de INRIS, nous intégrerons aussi les informations relatives à la teneur en coliformes totaux de l'eau, un autre indicateur mesuré dans la NCh 409. Ce sont des bactéries Gram négatives capables de provoquer la fermentation du lactose à 35-37 °C avec production d'acide, de gaz et d'aldéhyde en 24-28 heures. Contrairement aux coliformes thermotolérants, les coliformes totaux ne seront pas utilisés comme des indicateurs de contamination fécale étant donné que de nombreuses bactéries d'origine non fécale entrent dans la définition de coliformes totaux. Une présence de coliformes totaux ne signifie pas forcément qu'il y a des organismes pathogènes dans l'eau. Les coliformes totaux seront utilisés comme des indicateurs de la qualité du réseau, du traitement et de la désinfection. Si l'on détecte des coliformes totaux dans le réseau alors qu'il n'y en avait pas, ou moins, à la source, cela signifie que le réseau présente des déficiences (infiltration d'eau) ou que la désinfection ne se fait pas de manière correcte.

Evaluer le risque micro biologique c'est évaluer le risque, bactérien, « virus » et « parasite ». Si l'on détecte des coliformes thermotolérants on pourra soupçonner la présence de virus et de parasites, véhiculés par les fèces, dans l'eau.

Les indicateurs CF et CT ont été retenus pour l'indicateur pour des raisons économiques et institutionnelles : Ce sont les indicateurs qui entrent dans la composition de la NCh 409, ils sont donc plus faciles à obtenir. Par

ailleurs, ce sont ceux mesurés dans les analyses effectuées les années précédentes. Pour plus d'homogénéité il vaut mieux donc garder les mêmes indicateurs afin de pouvoir intégrer les anciennes analyses à notre étude. Toutefois, ces indicateurs présentent plusieurs imperfections. Comme nous l'avons vu, si l'on détecte des CF, on peut supposer que des virus ou des protozoaires transitent dans l'eau. Mais, vu que les entérovirus et les kystes de certains parasites sont plus résistants que les coliformes thermotolérants au chlore, une absence de coliformes thermotolérants ne sera pas synonyme d'une absence de virus.

Une eau potable du point de vue des composantes microbiologiques de la NCh 409 n'est pas à l'abri d'une contamination, elle peut comporter des pathogènes plus résistants que les coliformes thermotolérants tels les virus, les protozoaires parasites ou les helminthes.

Aspects physiques et chimiques

La norme chilienne note plusieurs composantes :

SUBSTANCE	MAXIMUM mg/l
Turbidité	5 NTU
Couleur	20 PtCo
Odeur	inodore
Saveur	insipide
Ammoniaque	0,25
Arsenic	0,05
Cadmium	0,01
Cyanures	0,2
Chlorures	250*(500)
Cuivre	1
Composés Phénols	0,02
Chrome hexavalent	0,05
Détergents	0,5
Fluor	1,5
Fer	0,3
Magnésium	125
Manganèse	0,1
Mercure	0,001
Nitrates	10
Nitrites	1
Plomb	0,05
“Résidus solides filtrables”	1000*(1200)
Sélénium	0,01
Sulfates	250* (500)
Zinc	5

* Le Ministère de la Santé pourra accepter des dérogations pour ces substances.

Dans les «Directives de qualité pour l'eau de boisson » de l'OMS on pourra trouver tous les détails sur les risques sanitaires liés à ces différentes composantes.

Cependant lors des campagnes d'analyse précédentes (1999 et 2000), les principaux composants qui ont été trouvés dans l'eau sont :

- ✦ Les RSF (résidus solides filtrables)
- ✦ Les nitrates
- ✦ Les sulfates
- ✦ Le manganèse

La présence de **RSF** dans le réseau dénote un traitement physico-chimique insuffisant ou une infiltration d'eau dans le réseau, ils peuvent contenir des polluants.

Les **nitrates**, naturellement présents à faible dose, peuvent atteindre des concentrations importantes dues à l'intensification des pratiques agricoles. La valeur guide a été établie de façon à prévenir la méthémoglobinémie, liée au processus de transformation des nitrates en nitrites. Quoique le groupe le plus vulnérable soit celui des nouveaux nés de moins de trois mois nourris au biberon, on a recensé quelques cas chez les adultes.

Les **sulfates**, présents sous forme naturelle dans le sous-sol de la région Métropolitaine, se retrouvent aussi dans les rejets industriels. Leur présence de façon anormalement importante peut laisser supposer qu'il y a interaction entre l'eau de boisson et les eaux usées. Bien que l'on puisse observer des déshydratations et des irritations intestinales lorsqu'ils sont présents en grandes concentrations, la norme se base sur des considérations organoleptiques (aucun goût).

Le **manganèse** est un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre, en général il s'accompagne de fer. A forte dose, le manganèse peut être un neurotoxique et présenter d'autres effets toxiques.

Il convient de bien distinguer le «risque microbiologique» du «risque physico-chimique». Le risque microbiologique est un risque à court terme : une épidémie due à une ingestion d'eau contaminée survient généralement au maximum quelques jours après l'ingestion. Au contraire, le risque chimique est un risque à long terme, après avoir consommé toute sa vie une eau contaminée chimiquement à faible dose, un individu pourra développer un cancer, par exemple, 20 à 30 ans plus tard.

Pour la détermination de l'indicateur, nous allons réaliser des analyses d'eau **à la source et au robinet**

Avec l'analyse **à la source**, il sera possible d'évaluer la qualité initiale de l'eau consommée. Il a été démontré à maintes reprises que, si le choix est possible, il vaut mieux sélectionner une source de bonne qualité plutôt que d'opérer un traitement lourd sur une source contaminée. Outre l'aspect économique, une source de mauvaise qualité peut poser problème et être la cause de maladies dès lors que l'on observe des dysfonctionnements dans le système de traitement (pluies abondantes, arrêt de la désinfection,...), ce qui est fréquent dans les secteurs de l'étude. De plus, afin de réaliser une désinfection efficace, il faut disposer d'une

eau la moins chargée possible en matière organique. Si l'on réalise une désinfection sur une eau chargée en matière organique (bactéries,...), il faut appliquer une dose de chlore importante, on augmente ainsi la possibilité de former des sous produits dangereux du chlore (THM...). Selon les recommandations de l'OMS, il faudrait avoir une turbidité inférieure à 0,5 NTU avant toute désinfection au chlore. Si ce n'est pas le cas, il est capital que le traitement précédant la désinfection finale produise une eau dont la turbidité médiane n'excède pas 1 NTU et qu'en aucun cas un échantillon ne présente une turbidité dépassant 5 NTU. La NCh409 est à 5 NTU ce qui est juste au niveau des conditions de désinfection; de plus, nous risquons d'être confrontés à des difficultés en zone cordillère en période de dégel, lorsque l'eau devient excessivement turbide.

L'analyse au **robinet** permet d'avoir une idée directe et précise de l'eau qui est en train d'être consommée. On peut alors soulever des problèmes de dysfonctionnement du traitement ou de recontamination dans le réseau.

Parallèlement aux analyses d'eau, nous réaliserons des mesures de chlore résiduel au robinet pour les systèmes qui possèdent une désinfection. Pour qu'une eau soit conforme à la norme chilienne NCh409, elle doit répondre aux exigences physico-chimiques, microbiologiques et doit, par ailleurs, présenter un résiduel de chlore supérieur à 0,2 mg/l au robinet. Même si l'eau est de bonne qualité, la désinfection est exigée, on peut citer les arguments suivants pour le justifier:

- ✦ On ne peut pas exclure le risque de recroissance bactérienne dans le réseau, surtout lorsque l'on est en présence d'eau superficielle riche en nutriments.
- ✦ On ne peut pas exclure le risque de recontamination dans le réservoir ou le réseau par infiltration d'eau contaminée (pluie, eaux usées, etc...)
- ✦ On ne peut pas exclure le risque de pollution accidentelle de la ressource (décharge de polluants, pluie...)
- ✦ Comme nous l'avons vu, une eau « conforme », peut comporter un risque microbiologique (protozoaire,...). On a pu observer des cas d'épidémies à protozoaires dans des eaux de sources qui répondaient à la norme mais qui ne comptaient pas de désinfection.

En mesurant un résiduel de chlore supérieur à 0,2 mg/l au robinet, on s'assure que toute contamination a été endiguée. Si l'on ne retrouve aucun résiduel de chlore au robinet on peut soupçonner l'existence d'une contamination microbiologique quelque part dans le système d'adduction.

(b) RISQUE DE CONTAMINATION DE LA RESSOURCE

Cette composante de l'indicateur (comme la suivante) va venir compléter l'information fournie par les analyses d'eau. En effet lors des campagnes d'analyses d'eau nous ne pouvons pas réaliser le nombre d'analyses qui nous permettrait d'avoir une idée objective de la qualité de l'eau dans le temps.

En général les secteurs "précaires" n'ont aucun système de traitement (la désinfection est très rarement présente ou le traitement physico-chimique quasiment inexistant), la qualité de la ressource est à relier

presque directement à la qualité de l'eau au robinet. En analysant les risques de contaminations de la ressource on peut anticiper et avoir une idée de la qualité de l'eau dans le futur ou des risques d' "accidents". Dans cette composante de l'indicateur, nous allons donc évaluer si la ressource qui approvisionne le secteur est sujette à un risque de contamination. Dans cette optique, il faut considérer non seulement la nature mais aussi l'environnement de la ressource.

Nature de la ressource

On peut distinguer deux types de sources d'approvisionnement : la ressource souterraine, la ressource superficielle et un cas un peu hybride qu'est la source de montagne. La nature même de la ressource joue sur sa vulnérabilité face à une possible contamination. En effet, une eau superficielle est bien plus sujette à un risque de contamination par rejet d'eaux usées, d'eaux industrielles,...qu'une eau souterraine.

Dans la région Métropolitaine on trouve deux sortes de ressources classées comme **superficielles** : les cours d'eau (rivière, canal, ruisseau, ...) et les sources.

Une source provient d'un cours d'eau souterrain qui affleure naturellement à la surface grâce à une cassure ou à une faille dans une couche imperméable. Pour cette raison, une source est beaucoup moins vulnérable qu'un cours d'eau. Toutefois, il faudra conclure avec prudence vu que la source, avant d'affleurer, évolue très près de la surface et peut être contaminée par des eaux de pluies ou des eaux usées qui n'ont pas été soumises à un temps de filtration suffisant.

Une eau souterraine dispose d'une protection « naturelle » face aux risques de pollutions. En effet, l'eau doit filtrer à travers une certaine épaisseur de sol avant de regagner la nappe souterraine, lors de son trajet il y a auto épuration et c'est une eau relativement décontaminée qui parvient à la nappe.

Dans les secteurs étudiés, nous rencontrons deux types de captages : le puits et la noria. Contrairement au « puits sanitaire », la noria est un « puit excavé sans machine conventionnelle, de diamètre permettant le passage d'un homme qui réalise l'excavation ». (Définition de la norme chilienne 444 of. 71 du INN. « Agua potable. Fuentes de abastecimiento y obras de captación. Terminología. Clasificación y requisitos generales »). Habituellement, une noria n'excède pas 7 m. de profondeur: une pompe d'aspiration peut pomper jusqu'à cette profondeur, plus bas il faut mettre en place une pompe immergée.

Pour les raisons exposées ci-dessus, outre l'état sanitaire de l'oeuvre, un puits présente moins de risques qu'une noria vu qu'il capte des nappes plus profondes. L'eau a bénéficié d'un temps de percolation plus important.

Environnement de la ressource

Pour appréhender la fragilité d'une ressource en eau, on doit réaliser un diagnostic des risques de contamination de la nappe considérée. Pour cela, il faut combiner deux concepts :

- ✎ La vulnérabilité de l'acuífère
- ✎ La charge contaminante que reçoit le terrain.

La vulnérabilité de l'acuífère peut s'appréhender grâce à l'étude de la CONAMA, « Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la región Metropolitana, por aguas servidas). Cette étude distingue trois composantes pour réaliser l'indicateur de vulnérabilité de l'acuífère :

La nature de l'acuífère, ou plus précisément son caractère confiné ou libre.

Une charge contaminante a, en effet, un impact sanitaire plus important sur un acuífère libre que sur un acuífère confiné, car pour qu'il y ait confinement il doit y avoir une couche imperméable qui empêche le contact direct des éléments contaminants avec la nappe souterraine. De cette façon, on retarde et on diminue l'effet des polluants sur l'eau souterraine.

Le type de lithologie du sous-sol au dessus de la nappe.

Le niveau non saturé joue un rôle capital dans la détermination de la capacité épuratoire du sol. Selon le type de sédiment (argile, graves, sable) qui constitue le sol, la vulnérabilité varie. Dans l'indicateur, cette caractéristique du sol se déterminera par la perméabilité.

La profondeur de la nappe: Toujours pour des raisons de temps de filtration, une nappe profonde sera moins vulnérable qu'une nappe superficielle.

L'indice de vulnérabilité de l'acuífère est présenté en annexe 2.

Charge contaminante

Bien qu'un sol soit très vulnérable il ne peut y avoir aucun risque de contamination si on ne recense aucune pollution sur le terrain.

Dans une deuxième étape, il faut donc lister toutes les sources de contamination possibles. On peut classer ces sources de contamination selon un critère faisant référence à l'utilisation du terrain ou aux activités qui s'y déroulent :

A. Urbanisation

- ◆ Assainissement sans réseau (puits noirs, fosses sceptiques...)
- ◆ Fuite du réseau d'assainissement
- ◆ Décharges clandestines

B. Développement industriel

- ◆ Rejets d'industries ou de mines

C. Développement agricole

- ◆ Produits phytosanitaires
- ◆ Excreta animaux dans les zones d'élevage
- ◆ Irrigation avec des eaux usées

L'interaction « eaux usées »-« eaux de consommation » est une source fréquente d'épidémies entériques vu que les maladies infectieuses se transmettent principalement via les excreta humains et animaux, principalement les fèces.

Ressource superficielle

Afin d'appréhender la fragilité d'un **cours d'eau superficiel**, il faudra réaliser un diagnostic et lister toutes activités polluantes qui se déroulent en amont de la prise d'eau et qui sont, ainsi, susceptibles de contaminer la ressource. On se concentrera principalement sur les rejets d'eau usées ou industrielles, les excreta animaux qui se déversent directement dans le cours d'eau. On regardera aussi si le captage ne se situe pas en zone agricole.

(c) FRAGILITÉ DE L'ADDUCTION

Selon les « Directives de qualité pour l'eau de boisson » de l'OMS, pour des petites collectivités, il est préférable de réaliser des inspections sanitaires fréquentes plutôt que des campagnes de mesures trop peu suivies. Si, lors du traitement de l'eau, on peut résoudre tous les problèmes de qualité de l'eau, durant la distribution il est fréquent d'être confronté à des altérations de la qualité physico-chimique ou microbiologique de l'eau.

Lors des inspections sanitaires il est possible de relever des problèmes de recontamination après traitement. Dans la chaîne d'adduction, on doit inspecter principalement trois entités : le captage, le réservoir et le réseau (d'adduction et de distribution, la distribution étant plus importante vu qu'il n'y a plus de barrière avant la consommation).

L'inspection de l'état des ouvrages vient compléter l'information fournie par les analyses d'eau (comme nous l'avons dit en (a), avec des analyses peu fréquentes on ne peut pas détecter les pollutions occasionnelles). L'indicateur de fragilité de l'adduction nous renseigne sur le niveau de vulnérabilité des ouvrages face à des situations d'urgence.

Le captage

Dans le cas d'une eau souterraine, puits, noria et même source, l'eau est souvent de bonne qualité dans les secteurs étudiés. Toutefois il se peut que cette ressource se dégrade en raison d'une œuvre de captage mal conçue.

Dans la région Métropolitaine, on rencontre des systèmes d'extraction de l'eau au moyen de seaux. Pour puiser l'eau il faut alors enlever le couvercle (si il y en a un), les risques de contamination étant alors élevés. Pour un bon captage on se doit de vérifier plusieurs aspects (cf.annexe 4):

- ✎ Présence d'une protection hermétique et d'un système de pompage (automatique ou manuel)
- ✎ Présence d'une "impermeabilisation" latérale de la partie supérieure du puit de façon à empêcher la filtration des nappes superficielles dans le puits.
- ✎ Présence d'une margelle qui empêche l'entrée intempestive d'eaux de ruissellement.

Pour les captages d'eau superficiels, on doit prévoir une grille destinée à empêcher la pénétration de corps étrangers.

Le réservoir

Le réservoir est un maillon essentiel de la chaîne d'adduction, situé entre le traitement et la distribution. Il constitue un point extrêmement sensible vu que c'est un lieu d'accumulation de l'eau. Toute présence de polluants dans le réservoir contamine toute l'eau fournie à la population.

Après le traitement, l'eau doit être protégée, n'avoir aucun contact avec la lumière du jour. Une protection efficace du réservoir empêche toute chute d'objets, entrée d'oiseaux etc...L'exposition à la lumière doit être évitée car elle peut favoriser la croissance d'algues, surtout pour des eaux superficielles, riches en nutriments. Au niveau du corps du réservoir il faut s'assurer qu'il n'y a aucune fissure.

Dans le réservoir, l'eau est au repos, ce qui favorise la sédimentation des matières en suspension, celles-ci forment des boues au fond du réservoir. L'origine de ces boues peut être l'insuffisance du traitement, notamment en zone précordillère en période du dégel, lorsque l'eau se charge de limon; lequel passe au travers de tout système de décantation et se retrouve dans le réservoir. Généralement ces boues contiennent une flore microbienne importante composée d'E.Coli, clostridium perfringens, protozoaires, et pour cela il est souhaitable que ces boues ne se remettent pas en suspension. Normalement il faut nettoyer le réservoir de temps en temps en le vidant et en procédant à une désinfection. Ainsi, sur le terrain, il faudra vérifier si le réservoir est nettoyé et surtout s'il possède un système de vidange.

Le réseau

Le réseau est composé de deux parties: l'adduction et la distribution. En zone rurale de la région Métropolitaine le réseau est un point sensible du système d'approvisionnement en eau. En effet, les canalisations, de petits diamètres, sont souvent constituées de matériaux non autorisés comme la "plansa"(ancêtre du PEHD, tuyau très souple et fragile), très vulnérables à la lumière du jour et fragiles au niveau des connections. De plus, il est fréquent que ces canalisations ne soient pas enterrées et soient ainsi soumises aux agressions de l'environnement (pluie, soleil, variations de températures,...)

De plus, vu le prix des tuyaux, les canalisations sont rarement remplacées. On se retrouve ainsi avec des systèmes usés qui peuvent comporter des fuites ou des infiltrations d'eau. Les canalisations enterrées à des profondeurs insuffisantes peuvent aussi souffrir d'agressions mécaniques lorsqu'il y a des travaux à la surface (passage d'engins).

Il nous faudra donc évaluer l'état des canalisations de façon à s'assurer qu'il n'y ait pas de filtrations d'eau, surtout au niveau des connexions, infiltrations d'eaux usées, de pluie qui pourraient venir recontaminer l'eau, très proche du point de consommation, sans barrière à l'aval, l'impact sanitaire étant alors important.

(d) EXPOSITION DE LA POPULATION

Dans tous les renseignements donnés pour caractériser la population il nous faut analyser deux aspects:

- ✦ La concentration des habitations
- ✦ La vulnérabilité de cette même population

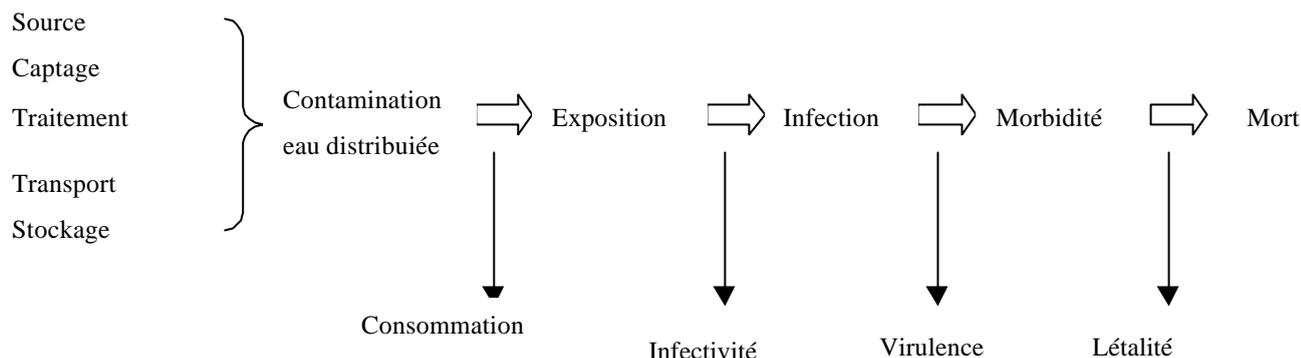
Concentration des habitations

Selon une classification Nord-Américaine, une adduction communautaire est un système qui approvisionne plus de 25 personnes. Selon cette définition, les systèmes communautaires sont plus souvent responsables des épidémies (43%) que les systèmes non communautaires (35%) et individuels (22%). Ainsi nous porterons une attention toute particulière aux systèmes "groupés" qui approvisionnent plusieurs personnes, l'enjeu sanitaire étant plus important.

En introduction nous avons vu que le RISQUE était fonction du DANGER et de l'EXPOSITION. Dans cette partie nous évaluerons l'exposition en mesurant le nombre de personnes qui s'approvisionne à une même source et à un même système.

Vulnérabilité de la population

Lors de la transmission d'une maladie interviennent un agent pathogène, un individu réceptif et une voie d'exposition. "Contamination de l'eau" n'implique pas "infection" et "infection" n'implique pas "maladie". Entre tous ces concepts s'intègre la notion d'immunité de l'individu. Cette protection naturelle rassemble tous les moyens que possède l'organisme pour reconnaître l'agent pathogène et y répondre.



Lors de l'élaboration des normes relatives à la qualité microbiologique de l'eau, on se retrouve face à de nombreuses difficultés. La définition d'une norme doit être basée sur la détermination d'une "dose infectieuse" pour chaque pathogène. Mais, en ce qui concerne un agent microbiologique, l'établissement de cette dose infectieuse n'est pas des plus simple. Afin de la déterminer il faudrait réaliser une évaluation du risque avec expérimentations humaines (ingestion de pathogènes par des individus d'âges différents, de différents états de santé et analyses des réponses), ce qui pose d'évidents problèmes éthiques. De plus, cette "dose infectieuse" varie entre les individus. Pour ces raisons, l'OMS recommande une "absence de coliformes totaux et fécaux" comme norme, de façon à prévenir tout risque.

Etant donné que l'infectivité dépend de l'état de santé de la population, nous allons essayer d'appréhender de façon grossière l'état de santé de la population de chaque secteur de l'étude afin de voir où l'impact d'une contamination de l'eau est la plus importante.

On a montré que l'infectivité dépend de :

- ✦ **L'âge:** les nouveaux-nés, les jeunes enfants et les personnes âgées sont les plus sensibles et constituent des groupes à risques.
- ✦ **Les conditions de santé :** Les personnes malades, immunodéprimées sont beaucoup plus réceptives aux différents pathogènes présents dans l'eau.
- ✦ **Les conditions d'hygiène:** Les personnes qui vivent dans une ambiance ne satisfaisant pas aux mesures d'hygiène basiques favorisent la propagation des agents pathogènes et augmentent ainsi les risques de contracter la maladie.

Ainsi, dans l'indicateur créé, nous évaluerons le nombre d'enfants de moins de cinq ans. On a démontré que pour les personnes vivant dans de mauvaises conditions d'hygiène, cet âge est un âge charnière. Si un enfant résiste jusqu'à ces cinq années, il développe une immunité qui le protégera toute sa vie.

Afin d'appréhender la notion de "conditions d'hygiène", nous analyserons des données socio-économiques comme le revenu moyen ou le système de santé d'une famille que nous relierons au niveau d'hygiène dans les maisons (approximation qui n'est pas parfaite mais possible à mettre en oeuvre).

2. Présentation du calcul de l'indicateur

L'indicateur final se doit d'intégrer tous les critères présentés ci-dessus.

$$\text{INRIS} = 2 \cdot I_{\text{cagua}} + 2 \cdot I_{\text{agrup}} + 2 \cdot I_{\text{abastecimiento}} + I_{\text{fuente}} + I_{\text{socio}}$$

Avec

- ✎ I_{cagua} Indicateur de qualité de l'eau
- ✎ I_{agrup} Indicateur de concentration des habitations
- ✎ I_{fuente} Indicateur de fragilité de la ressource
- ✎ $I_{\text{abastecimiento}}$ Indicateur de fragilité de l'adduction
- ✎ I_{socio} Indicateur de sensibilité de la population

(a) INDICATEUR DE QUALITÉ DE L'EAU (ICAGUA)

$$I_{\text{cagua}} = (I_{\text{fuente}} + I_{\text{carranque}} + I_{\text{desin}}) / 3$$

- ✎ I_{fuente} : Indicateur de la qualité de la ressource
- ✎ $I_{\text{carranque}}$: Indicateur de qualité de l'eau au robinet
- ✎ I_{desin} : Indicateur de qualité de la désinfection

Plan d'analyses d'eau

Afin d'évaluer la qualité de l'eau nous réaliserons les analyses suivantes:

- ✎ Une analyse microbiologique (coliformes thermotolérants et totaux) à la source
- ✎ Une analyse microbiologique (coliformes thermotolérants et totaux) au robinet
- ✎ Une analyse physico-chimique à la source
- ✎ Une analyse physico-chimique au robinet

Si le système d'adduction ne comporte aucun traitement physico-chimique, nous ne réaliserons qu'une seule analyse physico-chimique au robinet.

Pour les raisons exposées en B.1., nous intégrerons à l'indice de qualité de l'eau un terme de qualité de la ressource, un terme de qualité de l'eau au robinet et un terme qualifiant le système de désinfection.

A la source (Icfuente)

Quelle que soit la qualité microbiologique de la source il est nécessaire d'installer une désinfection pour que l'eau soit déclarée "potable" selon la norme chilienne. La qualité microbiologique de l'eau intervient seulement sur la dose de chlore qu'il est nécessaire d'ajouter.

La qualité physico-chimique de cette même ressource détermine si, oui ou non, il faudra mettre en place un traitement du type filtration- décantation. Ce point est relativement important vu les moyens financiers de ces communes et le prix d'un tel traitement (installation, entretien, fonctionnement).

Toutefois dans le calcul de l'indice, nous ne nous préoccupons que du "risque sanitaire" et non pas de considérations économiques. La qualité de la ressource interviendra en cas de problèmes lors du traitement ou lorsque ce dernier est inexistant. Même si la qualité de l'eau au robinet est bonne, un "accident" peut survenir (pluie...) lors duquel l'eau arrivera quasiment brute au robinet.

Dans le calcul de l'indice, on donnera plus de points à une eau qui ne répond pas aux exigences microbiologiques que physico-chimiques (le risque microbiologique étant un risque immédiat).

Analyse de la ressource	Points (Icfuente)
Conforme à la NCh 409	0
Conforme aux paramètres micro-biologiques mais pas aux physico-chimiques	30
Conforme aux paramètres physico-chimiques mais pas aux micro biologiques	60
Non conforme aux deux paramètres	100

Dans le réseau (Iarranque)

$$\boxed{I_{\text{carranque}} = 1/2 (I_{\text{fq}} + I_{\text{cf}})}$$

- ✘ Ifq indicateur de la qualité physico-chimique de l'eau:
- ✘ Icf indicateur lié à la concentration de coliformes thermotolérants.

Dans l'indice on distinguera les caractéristiques physico-chimiques en différenciant les paramètres "importants pour la santé", des paramètres qui peuvent "juste engendrer des plaintes du consommateur".(voir annexe 1 pour le détail des paramètres). Nous rencontrons, en effet, des paramètres comme les sulfates qui excèdent très souvent dans la région Métropolitaine (présents dans le sous-sol) mais qui, dans les concentrations rencontrées n'engendrent qu'une gêne organoleptique. Ils n'ont pas le même impact sanitaire qu'un excès d'arsenic, par exemple.

Paramètres physicochimiques	Points (Ifq)
Conforme	0
Non conforme avec un paramètre "qui peut provoquer des plaintes des consommateurs"*	50
Non conforme avec un "paramètre chimique important pour la santé présent dans l'eau potable" *	100

- Selon la classification OMS "Directives qualité pour l'eau de boisson" (voir annexe 1)

Afin d'évaluer les caractéristiques microbiologiques de l'eau, nous considérerons seulement la concentration de coliformes thermotolérants, témoins d'une contamination fécale(Icf) et d'une possible contamination par des microorganismes pathogènes. Les différents niveaux ont été déterminés au regard des concentrations rencontrées lors des campagnes d'analyses de 1999 et 2000. (exceptée une analyse très contaminée, la majeure partie des analyses se situent entre 0 et 100CF/ml).

Coliformes thermotolérants	Points (Icf)
0	0
0 – 10	40
10 – 50	60
50 – 100	80
>100	100

Qualité de la désinfection (Idesin)

$$I_{desin} = \frac{1}{2} (I_{cloro} + I_{ct})$$

- ✎ Icloro Indicateur de la concentration en chlore
- ✎ Ict Indicateur de la concentration en coliformes totaux.

Pour le traitement, nous allons qualifier le système de désinfection (Icloro), nous nous baserons sur la limite de 0,2mg/l de chlore résiduel, qui est le minimum exigé par la norme.

Concentration de chlore	Points (Icloro)
>0,2 mg/l	0
0 – 0,2 mg/l	50
Pas de désinfection	100

La présence de coliformes totaux dans le réseau, comme nous l'avons vu, est un indicateur de l'état du réseau ou de l'efficacité de la désinfection. Dans le cas d'une eau non désinfectée il nous importe de voir si la concentration en CT est supérieure dans le réseau par rapport à la source, ce qui signifierait qu'il y a recontamination dans le réseau. Dans le cas d'une eau désinfectée on s'attardera, de plus, au taux d'abattement de CT, afin de voir quelle est l'efficacité de la désinfection.

➤ **S'il y a un système de désinfection**

Présence de CT	Points (Ict)
$CT_{réseau} / CT_{source} > 1$	100
$CT_{réseau} / CT_{source} = 1$	75
$0.5 < CT_{réseau} / CT_{source} < 1$	50
$0 < CT_{réseau} / CT_{source} < 0.5$	25
CT indétectable	0

➤ **S'il n'y a pas de système de désinfection**

Présence de CT dans le réseau	Points (Ict)
$CT_{réseau} > CT_{source}$	100
$CT_{réseau} \leq CT_{source}$	50

Remarque

Dans les cas où il n'y a pas de désinfection, si l'on ne dispose pas de l'analyse de la source (source inaccessible puits scellé), nous réaliserons l'hypothèse simplificatrice que l'analyse de la source est identique à celle du réseau et nous calculerons quand même les trois indices Ifuente, Iarranque et Idesin. (Avec Ict = 50).

(b) INDICATEUR DE FRAGILITÉ DE LA RESSOURCE (IFUENTE)

Cet indicateur doit nous permettre d'évaluer la possibilité de contamination de la ressource.

Nous calculerons deux indices différents selon le type de ressource: superficielle ou souterraine.

☛ Pour une ressource souterraine, il nous faut coupler deux termes: “vulnérabilité de l’acuífère” et “source de contamination”.

$$I_{\text{fuente}} = (I \text{ vulnerabilidad} \cdot I \text{ focos de contaminación}) + I \text{ variabilidad}$$

- ☛ **I vulnerabilidad**: Indicateur de vulnérabilité de l’acuífère (selon: *análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la región metropolitana, por aguas servidas, voir annexe 2*):
- ☛ **I focos de contaminación**: Indicateur “sources de contamination”
- ☛ **I variabilidad**: Indicateur de variabilité de la ressource

Vulnérabilité de l’acuífère (Ivulnerabilidad)

La vulnérabilité du terrain s’évalue grâce à la méthodologie de la CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente, cf. en annexe 2 pour le calcul). On attribue par la suite un coefficient de 0,1 à 1 selon la vulnérabilité de cet acuífère, le 0 n’existe pas vu qu’il persiste toujours un risque de contamination de la nappe par filtration. Pour un captage de source, on attribuera toujours un coefficient de 1 pour la vulnérabilité.

Vulnerabilidad	Points (Ivulnerabilidad)
Faible	0.1
Moyennement faible	0.4
Moyennement forte	0.7
Forte	1

Sources de contamination (Ifocos de contaminación)

Il est bien plus délicat d’évaluer le terme “source de contamination”. En effet, cela suppose que l’on doive quantifier la contamination du terrain. Pour que cette analyse soit complète il faudrait caractériser toutes les contaminations, non seulement le type de polluant avec son importance respective (qualitatif) mais aussi son niveau de concentration (quantitatif). Dans le cadre de cette étude il nous est impossible de réaliser de telles analyses; toutefois il nous faut une donnée quantitative à intégrer à l’indice. Il a donc été décidé de lister tous les polluants possibles (eaux usées, agriculture, décharges, élevage, canal) qui peuvent être responsables d’une contamination fécale ou chimique (cf. Schéma en annexe 3).

Dans cette liste, nous allons différencier deux sortes de polluants:

- ☛ Les polluants de nature microbiologique:
 - Eaux Usées
 - Elevages d’animaux

- Canal (reçoivent les rejets d'eau usées ou excréta d'animaux)
- ✎ Les polluants de nature physicochimique:
 - Industries
 - Décharges
 - Zones agricoles
 - Canal (reçoivent les rejets d'industries)

Le risque microbiologique, comme nous l'avons vu en B.1. est un risque immédiat, l'épidémie survient quasiment en même temps que l'ingestion d'une eau contaminée. Parallèlement, le risque physico-chimique est un risque à long terme, la contamination physico-chimique est une contamination diffuse (pesticides, décharges) et la maladie peut survenir de longues années après ingestion d'une eau faiblement contaminée sur toute une durée.

Pour cela, la notation dépendra à la fois de la nature du polluant (le polluant de nature microbiologique recevant une note supérieure au polluant physico-chimique) et de sa distance à la source.

On détermine plusieurs niveaux de proximité:

- <35 m.
- de 35 à 300 m.
- > 300m.

35 mètres est la distance minimale à respecter entre captage et eaux usées, généralement choisie pour tous les projets. Cette distance correspond au temps de survie des bactéries.

Le niveau suivant, entre 35 et 300m. inclut tout ce qui pourrait se trouver dans un hypothétique périmètre de protection. Après avoir listé tous les contaminants, on somme tous les scores (ex si on trouve un canal à moins de 35m. et une décharge à moins de 300m. on attribue $70 + 20 = 90$ points pour Ifocos de contaminación).

Distance captage – source de contamination	<35 mts	Entre 35 y 300 m en amont du captage
Rejets d'eau usées	70	20
Zones d'élevages	70	20
Canal	70	20
Rejets d'effluents industriels	50	20
Décharges	50	20
Zones agricoles (pesticides)	50	20

☛ **Pour une ressource superficielle**, la vulnérabilité est beaucoup plus importante. On n'affecte donc pas de coefficient de vulnérabilité vu que les polluants déversés dans le cours d'eau arrivent directement au point de captage. On déterminera donc simplement Ifocos de contamination en additionnant tous les polluants et en affectant les scores suivants:

$$I_{\text{fuente}} = I_{\text{focos de contaminación}} + I_{\text{variabilidad}}$$

Distance captage – source de contamination	<1 km en amont du captage
Rejets d'eaux usées	70
Zones d'élevages	70
Canal	70
Rejets d'effluents industriels	50
Décharges	50
Zones agricoles (pesticides)	50

Variabilité de la ressource (Ivariabilidad)

Que cela soit une ressource superficielle ou souterraine on ajoutera, pour finir, un indicateur de “variabilité de la ressource” (Ivariabilidad). Si jamais la ressource souffre de modifications de ces caractéristiques de façon périodique (sécheresse des puits en été, eau qui devient boueuse lors de la fonte des neiges en zone cordillère etc...), on ajoutera un coefficient de 50 points. Ce terme correctif permet de prendre en compte une éventuelle pollution (amenée par la boue par exemple) que l'on n'aurait pas pu mettre en évidence lors de cette étude.

(c) INDICATEUR DE CONCENTRATION DES HABITATIONS (IAGRUP)

$$I_{\text{agrup}} = (I_{\text{hab}} + \text{corrección}) \cdot I_{\text{concentración}}$$

- ✎ **I_{concentración}** indicateur de concentration des habitations
- ✎ **I_{hab}** indicateur du nombre d'habitants
- ✎ **Corrección** Correction de l'indicateur Ihab (voir ci-dessous)

Nous travaillerons dans les secteurs de plus de dix habitations.

Cet indicateur nous permet d'évaluer l'"exposition" de la population à la contamination de l'eau.

Nombre d'habitants (Ihab)

On détermine quatre niveaux pour la population **approvisionnée** par le système considéré.

- ✎ Moins de 60 hab.
- ✎ Entre 60 et 90 hab.
- ✎ Entre 90 et 150 hab
- ✎ Plus de 150 hab.

150 habitants est la limite imposée par le MOP pour pouvoir postuler à un système d'APR. Si l'on ne dispose pas des données de population, on prendra le nombre d'habitations que l'on multipliera par six (moyenne généralement admise dans tous les projets d'adduction d'eau de la région Métropolitaine).

Habitants approvisionnés par la ressource en eau considérée	Points (I_{hab})
>150 hab.	100
Entre 90 et 150 hab.	70
Entre 60 et 90 hab.	40
<60 hab.	0

Correction de Ihab

- ✎ Si, lorsque l'on considère la **population totale** du secteur (population approvisionnée par le système étudié plus population ayant un système propre), on atteint le niveau de population supérieur, on ajoutera **20 points à Ihab**. Cette mesure nous permet d'approcher la population totale du secteur susceptible d'être approvisionnée par un projet d'eau potable futur. (cf. C.2. pour un exemple)
- ✎ Si, en période de **tourisme**, on atteint encore le niveau supérieur, on ajoute **10 points** à Ihab.

Pour les secteurs qui comprennent plus de 15 habitations, on multiplie Ihab par un coefficient de "concentration des habitations".

Concentration des habitations (Iconcentración)

- ✎ Si l'on a plus de 15 maisons au km, ce coefficient est de 1
- ✎ Si l'on a moins de 15 maisons au km, ce coefficient est de 0,8.

Le MOP, exige, pour pouvoir implanter un système d'APR, un minimum de 15 maisons au km. Ainsi, si un secteur obtient 100 points, il doit normalement pouvoir postuler au programme du MOP. Dans les secteurs très dispersés on pourra difficilement implanter un système communautaire, on choisira plutôt un système d'approvisionnement individuel (puits...), on a donc un risque d'épidémie moins important (voir B.1.).

(Rq. Le coefficient de 0,8 fut déterminé de telle sorte qu'un secteur ayant entre 15 et 25 maisons mais moins de 15 au km reçoive significativement plus de points qu'un secteur avec moins de 15 maisons : $70 * \text{coef.} > 40$)

Concentration	Coefficient ($I_{\text{concentración}}$)
> 15 viv./km	1
< 15 viv./km	0.8

(d) INDICATEUR DE FRAGILITÉ DE L'ADDUCTION (IABASTECIMIENTO)

C'est la composante technique de l'indicateur.

Nous allons réaliser des inspections des différentes composantes de l'adduction: le captage ($I_{\text{captación}}$), le réseau (I_{red}) et le réservoir (I_{estanque}). Pour chaque élément on définira des ITEMS et on attribuera un note de 0, 50 ou 100 selon l'état de chaque ITEM. Par la suite, on additionnera et on affectera un coefficient pour revenir à une note sur 100.

Il faut différencier chaque système d'adduction:

☛ Pour un **captage souterrain**,

$$I_{\text{abastecimiento}} = 1/9 (I_{\text{captación}} + I_{\text{estanque}} + I_{\text{red}})$$

- ☛ $I_{\text{captación}}$ le captage
- ☛ I_{estanque} le réservoir
- ☛ I_{red} le réseau

Icaptación : le captage

Icaptación = S points

Point / ITEM	0	50	100
PROTECTION COUVERCLE	COUVERCLE "HERMÉTIQUE"	COUVERCLE AVEC FILTRATIONS	SANS COUVERCLE
<ul style="list-style-type: none">MARGELLE"IMPERMEABILISATION" DE LA PARTIE SUP.	LES DEUX SONT PRESENTS	UN SEUL PRESENT	IL N'Y EN A AUCUN
EXTRACTION DE L'EAU	POMPAGE	EXTRACTION AVEC SEAU	
PERIMETRE DE PROTECTION	IL EXISTE UN PERIMETRE	PAS DE PERIMETRE	

Iestanque : Le réservoir

Iestanque = S points

Point / ITEM	0	50	100
PROTECTION (COUVERCLE)	PROTECTION HERMÉTIQUE	PROTECTION AVEC FILTRATIONS	PAS DE PROTECTION
RESERVOIR	BON ETAT PAS DE FILTRATIONS	ETAT MOYEN PAS DE FILTRATIONS	FILTRATIONS
TROP-PLEIN VIDANGE	PRESENCE DES DEUX	1 ELEMENT MANQUE	IL N'Y EN A AUCUN

I_{red} : la red

$I_{red} = S$ points

Points / ITEM	0	50	100
MATERIAUX	PVC/ CUIVRE	UNA PARTIE EN PLANSA	PLANSA
ETAT	BON ETAT	MOYEN (canalisation ancienne)	FILTRATIONS
PROTECTION	CANALISATIONS ENTERREES	PART. ENTERREES	A L' AIR LIBRE

☛ **Pour un captage de source**, il faut distinguer plusieurs situations. Une source bien protégée (vertiente sanitaria) se construit quasiment comme un réservoir. (voir schéma en annexe 4)

- On peut donc être en présence d'un système *source-réseau*. Dans ce cas là, on évalue

$$I_{abastecimiento} = 1/6 (I_{captación} + I_{red})$$

Avec $I_{captación}$ qui s'évalue par les mêmes ITEM que pour un réservoir et I_{red} de la même façon que précédemment.

- On peut aussi rencontrer un système *source-réseau d'adduction-réservoir de régulation-réseau de distribution*. Dans ce cas, on évalue:

$$I_{abastecimiento} = 1/9 (I_{captación} + I_{estanque} + I_{red})$$

$I_{captación}$, comme précédemment s'évalue grâce aux ITEM d'un réservoir. $I_{estanque}$ et I_{red} s'évaluent comme pour un captage souterrain.

Dans de nombreux secteurs les sources se captent de façon "artisanale", en créant une rétention d'eau au moyen de pierres et en installant des tuyaux du "capatage à la maison". Dans ce cas là on attribuera 300 points à $I_{captación}$.

☛ Pour une **ressource superficielle**, (canal, ruisseau...), on a :

$$I_{abastecimiento} = 1/6,5 (I_{estanque} + I_{red})$$

I_{red} : même notation que pour un captage souterrain

Iestanque:

Points \ ITEM	0	50	100
CAPTAGE	AVEC GRILLE	SANS GRILLE	
PROTECTION (COUVERCLE)	COUVERCLE HERMÉTIQUE	COUVERCLE AVEC FILTRATIONS	PAS DE COUVERCLE
RESERVOIR	BON ETAT SANS FILTRATIONS	ETAT MOYEN SANS FILTRATIONS	FILTRATIONS
• TROP-PLEIN • VIDANGE	PRESENCE DES DEUX	IL MANQUE UN ELEMENT	ABSCENCE DES DEUX

Dans de nombreux secteurs les cours d'eau se captent de façon "artisanale" en installant des tuyaux du "capatage" à la maison. Dans ce cas là on attribuera **350 points à Icapatción**.

(e) INDICATEUR DE SENSIBILITÉ DE LA POPULATION (ISOCIO)

Comme nous l'avons vu, cet indicateur doit nous permettre d'appréhender un aspect relativement délicat. On définit:

$$I_{\text{socio}} = \frac{1}{2}(I_{\text{edad}} + I_{\text{eco}})$$

- ✎ **Iedad** Indicateur relatif à l'âge de la population
- ✎ **Ieco** Indicateur relatif à la situation économique de la population

Nous allons intégrer deux aspects:

Un aspect "Âge" (Iedad), qui intégrera le pourcentage d'enfants de moins de 5 ans et le pourcentage de personnes de plus de 65 ans.

Le choix des rangs s'est fait au regard des données fournies par le recensement de 92.

$$I_{\text{edad}} = (I_{\text{moins de 5 años}} + I_{\text{plus de 65 años}})/2$$

- Pour les moins de 5 ans (I menos de 5 años):

Pourcentage de plus jeunes que 5 ans	Points (I menos de 5 años)
> 22%	100
18 % - 22%	75
14% - 18%	50
10 % - 14%	25
<10%	0

- Pour les plus de 65 ans (Imas de 65 años)

Pourcentage de plus de 65 ans	Points (Imayores de 65 años)
>10 %	100
6% - 10%	70
2 % - 6%	40
<2%	0

Un aspect “niveau socio économique”(Ieco).

On a déterminé trois catégories de revenus mensuels par foyer. Une famille gagnant moins de Ch\$100.000 par mois (en août 2001 US\$1= Ch\$680) gagne le minimum social ou moins. Par ailleurs cette donnée a été précisée par la caractérisation du système de santé (la population ne dispose d’aucun système de santé, ou dispose d’un des deux systèmes privée FONASA ou ISAPRE). En effet, avec un même revenu, le niveau de vie peut varier considérablement selon la situation de la famille (propriétaire, locataire, etc...). En regardant le système de santé de la famille on peut savoir quelles sont les priorités du foyer quant aux investissements qu’ils réalisent. Ainsi, si dans un secteur la majorité de la population n’a pas de système de santé **on multipliera Ieco par un coefficient de 1,5.**

Revenu moyen	Points (Ieco)
< Ch\$100.000	100
Ch\$100.000 - Ch\$200.000	50
>Ch\$200.000	0

(f) COMPILATION DE TOUS LES INDICATEURS POUR LA CONCEPTION DE INRIS

Finalement, les indices I_{cagua} , I_{agrup} et $I_{abastecimiento}$ sont notés sur 100 points, I_{socio} sur 150, et en théorie I_{fuente} peut monter jusqu'à 360 points mais dépasse rarement les 200 points.

Pour calculer l'indicateur final, nous allons multiplier I_{cagua} , I_{agrup} et $I_{abastecimiento}$ par 2, en effet les deux indicateurs I_{cagua} et I_{agrup} sont les deux termes les plus représentatifs des deux variables "EXPOSITION" * "DANGER" et, comme nous l'avons vu, pour les systèmes ruraux I_{cagua} doit être secondé par l'évaluation de $I_{abastecimiento}$.

(g) VARIANTES

Lors des visites de terrain, il est apparu que dans certains secteurs, l'indicateur INRIS était inapplicable. En effet, on trouve des secteurs "précaires" qui disposent d'un système d'approvisionnement qui ne rentre pas dans les paramètres définis dans l'indicateur. Certains indicateurs sont donc indéterminables. On calculera quand même l'indicateur INRIS à l'aide des indicateurs restants.

☛ On trouve par exemple des secteurs qui disposent de systèmes de puits individuels. Dans ce cas on ne peut pas calculer $I_{abastecimiento}$ car on n'a pas de système d'adduction communautaire, on va donc calculer l'indicateur de la façon suivante:

$$\text{INRIS}_2 = 2 \cdot I_{cagua} + 2 \cdot I_{agrup} + I_{fuente} + I_{socio}$$

I_{cagua} se définit grâce à des analyses (microbiologiques et physico-chimiques) dans un puits. On supposera que tous les puits ont à peu près la même qualité d'eau (même nappe) et que la qualité de l'eau à la source est la même qu'au robinet (courte longueur de canalisation).

On calculera ensuite I_{fuente} , $I_{carranque}$ et I_{desin} avec les hypothèses précédentes.

Afin d'établir la hiérarchie, on doit être capable de comparer ces secteurs aux secteurs auxquels on a appliqué INRIS.

INRIS est noté sur 925 points (en considérant que I_{fuente} est noté sur 200) et INRIS_2 est noté sur 725. Ainsi, pour comparer les deux il faut appliquer à INRIS_2 un coefficient rectificatif de $(925/725) = 1,27$.

$$\text{INRIS} = 1,27 \text{ INRIS}_2$$

☛ On rencontre aussi des secteurs approvisionnés par camion citerne. Dans ces cas là, on ne peut pas calculer l'indicateur Ifuente vu que l'eau provient d'ailleurs (l'eau est fournie par l'entreprise sanitaire la plus proche en général).

L'indicateur Iabastecimiento se calculera même si on a un système d'adduction composé de plusieurs petits réservoirs (qui approvisionnent une ou deux maisons) et non pas un système communautaire. Si c'est la cas, on l'évalue de la façon suivante: **Iabastecimiento = 1/3Iestanque**, **Iestanque évaluant l'état de ces réservoirs**. Cette généralisation se justifie car en général tous ces réservoirs particuliers sont identiques.

On peut alors définir un indicateur INRIS3 pour un approvisionnement de **camion citerne**.

$$\boxed{\text{INRIS3} = 2 \cdot \text{I}_{\text{cagua}} + 2 \cdot \text{I}_{\text{agrup}} + 2 \cdot \text{I}_{\text{abastecimiento}} + \text{I}_{\text{socio}}}$$

Avec $\text{I}_{\text{cagua}} = 1/3 (\text{I}_{\text{fuente}} + \text{I}_{\text{carranque}} + \text{I}_{\text{trat.}})$

L'analyse de la ressource (Ifuente) se fait dans le réservoir.

Afin de comparer INRIS3 avec INRIS on applique de la même façon un coefficient rectificatif. INRIS est noté sur 725, ainsi

$$\boxed{\text{INRIS} = 1,27 \text{ INRIS3}}$$

C. APPLICATION DE L'INDICATEUR

1. Démarche

Afin de mener à bien notre projet, la démarche adoptée fut la suivante:

(a) ELABORATION DU QUESTIONNAIRE

En premier lieu, un questionnaire fut réalisé (cf.annexe 5) après avoir déterminé les grandes lignes de l'indicateur INRIS. Ces questionnaires, un par secteur, devaient servir par la suite de banques de données à utiliser directement pour le calcul de l'indicateur.

Afin de le valider, nous en avons appliqué quelques uns en nous rendant sur le terrain. Il ressort de cette étude que toutes les informations demandées sont accessibles. Au sein de ces secteurs, la population vit quasiment en "collectivité", ce qui rend possible l'accès à toutes les données socio-économiques. Les détails techniques sont aisément renseignés par le président de l'association de voisins, ou le responsable technique dans le village, s'il existe.

(b) REUNION AVEC LES COMMUNES ET REPOSE AU QUESTIONNAIRE

Ce projet ne peut fonctionner que si le SESMA avance de pair avec les communes concernées.

Il fut donc nécessaire d'organiser une réunion avec les 11 communes de l'étude. Lors de cette réunion furent présentés les objectifs du projet: à court et long terme et les enjeux qu'ils pouvaient représenter pour ces communes, c'est à dire donner un poids supplémentaire (argument "risque sanitaire") aux projets d'adduction d'eau, ce qui ne ferait qu'augmenter les chances d'obtenir les fonds tant attendus.

Après avoir "sondé" les motivations, les compétences et les moyens techniques de chacun, une date butoir fut fixée pour la remise de ces questionnaires.-

Après analyse des réponses il apparaît que ces questionnaires ont été réalisés, pour la majeure partie, par les "associations de voisins" secondés par les services "hygiène ambiental" des mairies, ou par le responsable service "hygiène ambiental" directement.

Les réponses aux questionnaires n'ont pas été complètes, en effet on a observé que certaines communes, motivées par le projet, ont répondu dans le laps de temps imparti, alors que d'autres n'ont pas fait suite à la réunion. Des visites sur le terrain ont donc été réalisées en priorité dans les communes qui ont répondu. En effet les projets futurs ont bien plus de chances de voir le jour dans les secteurs où il existe une réelle volonté d'améliorer la qualité de l'eau.

Mais, parallèlement, les communes qui ne répondaient pas ont été recontactées plusieurs fois par téléphone afin d'initier la rédaction des questionnaires et notre aide fut proposée au cas où les services de la mairie rencontreraient quelques difficultés à mener à bien cette partie de l'étude.

(c) VISITE TERRAIN

Suite à la réception des questionnaires dûment renseignés, nous avons sélectionné les secteurs de plus de 10 habitations. Des visites sur le terrain furent ensuite organisées dans ces secteurs, elles avaient trois objectifs:

- ✦ Réaliser les analyses d'eau selon le "plan d'échantillonnage"
- ✦ Conforter l'information donnée par le questionnaire, en particulier les informations techniques sur l'adduction et vérifier sur un "échantillon" de questionnaires que ceux-ci ont été correctement appliqués.
- ✦ Localiser le secteur à l'aide d'un GPS

Il se trouve que les analyses réalisées lors des campagnes précédentes ont difficilement pu être intégrées à cette étude pour différentes raisons. Tout d'abord, dans la majorité des cas on ne sait pas où a été réalisée la mesure dans le secteur, il est donc difficile de relier la mesure à la source analysée. D'autre part, la campagne s'est élaborée de façon quelque peu désordonnée; même si celle-ci se déroulait dans le programme de "surveillance de la qualité de boisson", se devant pour cela de faire des analyses complètes de chaque secteur, son objectif premier était la détection du choléra dans les établissements scolaires (désignés comme les secteurs les plus sensibles). Ainsi, on se retrouve avec des secteurs qui n'ont pas été visités et d'autres, très peu peuplés, qui ont bénéficié de plusieurs analyses.

Etant donné que l'on ne pouvait pas se fier à ces analyses il a été décidé de réaliser une nouvelle campagne.

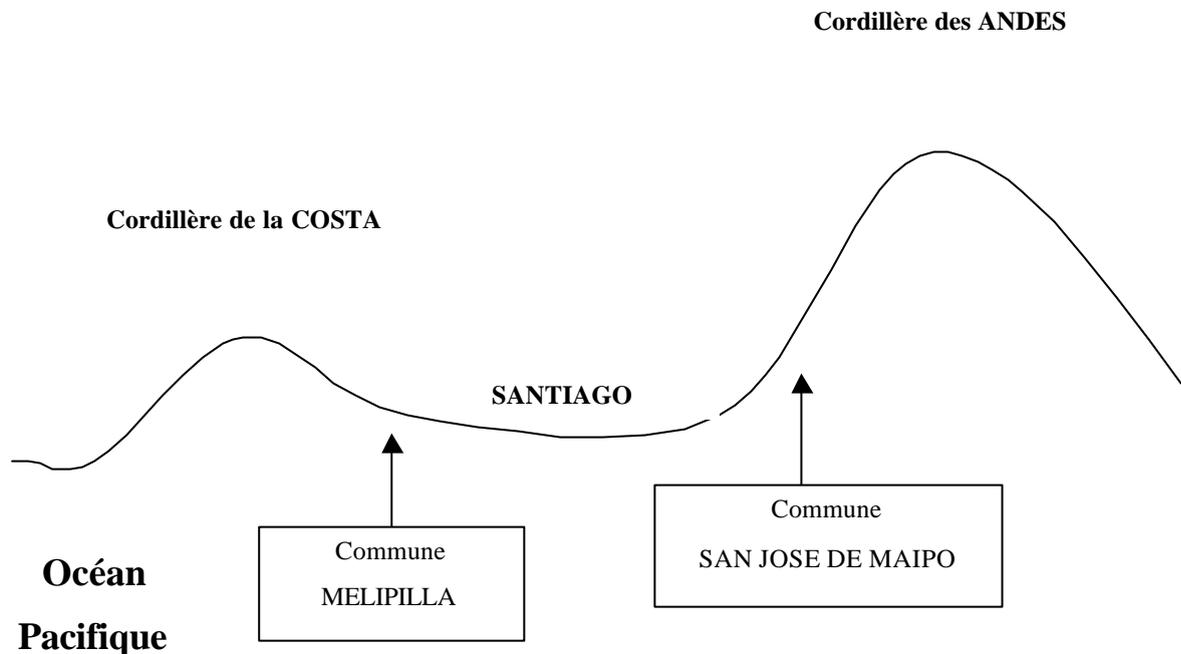
(d) CALCUL DE L'INDICATEUR

Enfin en possession de tous les renseignements nécessaires, l'indicateur INRIS a pu être calculé pour tous les secteurs, afin de rendre le calcul plus rapide, un programme informatique fut réalisé sous Visual Basic.

Rq. Dans le temps imparti, tous les secteurs n'ont pas pu être visités. Il a donc été décidé de valider l'indicateur INRIS en l'appliquant à plusieurs secteurs représentatifs de la variété qui peut exister dans la région Métropolitaine, tant quant au climat, qu'à la nature de la ressource, qu'à la nature de l'adduction.

2. Présentation de quelques secteurs étudiés

Coupe Est –Ouest de la région Métropolitaine:



(a) LA COMMUNE DE SAN JOSE DE MAIPO

A l'est de la région Métropolitaine, la commune de San Jose de Maipo se situe dans une vallée étroite en zone précordillère. La commune est divisée en localités, elles mêmes divisées en secteurs, la ville principale est SAN JOSE DE MAIPO.

La commune bénéficie d'un climat montagneux avec une végétation semi-aride. La majeure partie des secteurs ruraux de l'étude s'approvisionnent de sources qui naissent dans les flancs de la cordillère. L'eau arrive en quantité largement suffisante, mais lors du dégel elle se charge de limon difficile à éliminer et l'eau de boisson devient turbide.

Sur le plan socioéconomique, la commune de San Jose de Maipo est classée 17ème sur une échelle de 52 communes par rapport à leur niveau de priorité, la commune est classée en "media alta prioridad" (priorité moyennement forte). Cet indicateur intègre plusieurs facteurs comme le revenu moyen d'une famille, les grossesses juvéniles, le système d'éducation ou le système de santé.

EL VOLCAN

(Voir les photos du secteur en annexe 7)

Ce secteur est quasiment le plus haut du “Cajón del Maipo”. Comme les autres cette zone, il est approvisionné par une source de montagne. Cette source est captée de façon “artisanale” puis conduite par un réseau d’adduction jusqu’au réservoir avant d’être distribuée. Nous allons détailler le calcul des différents indicateurs constituant INRIS afin de déterminer quel est le niveau de priorité du secteur “El Volcan”

Qualité de l’eau (Icagua)

Les analyses d’eaux réalisées dans le réservoir et au robinet révèlent, qu’au moment de l’analyse, la qualité de l’eau répond aux exigences de la norme chilienne (Nch409) tant au niveau bactériologique qu’au niveau physico-chimique. On peut toutefois remarquer que l’on a 430 ppm de sulfates, la recommandation OMS étant de 250 ppm mais la région Métropolitaine bénéficie d’une dérogation allant jusqu’à 500ppm.

On n’observe pas de recontamination dans le réseau vu que les CT sont indétectables au robinet.

Toutefois, le système d’adduction ne comprend pas de désinfection.

L’indicateur donne donc:

$$\text{Icfuente} = 0$$

$$\text{Icarranque} = 0$$

$$\Rightarrow \text{Icf} = 0$$

$$\Rightarrow \text{Ifq} = 0$$

$$\text{Idesin} = 75$$

$$\Rightarrow \text{Icloro} = 100$$

$$\Rightarrow \text{Ict} = 50$$

$$\boxed{\text{Icagua} = 25}$$

Concentration des habitations (Iagrup)

Dans ce secteur composé de 100 personnes au total, 80 personnes utilisent l’eau du réservoir. En période de tourisme on compte 130 habitants. Avec 80 personnes on se situe dans le niveau “60-90 hab”, on doit donc attribuer 40 points à l’indice Ihab., avec 100 habitants on atteint le niveau supérieur “90-150 hab.”, on doit donc rajouter 20 points à cet indicateur; avec les 130 personnes en période de tourisme on ne parvient pas au niveau supérieur (>150habitants), on ne rajoute donc pas les 10 points.

Ce secteur est composé de plus de 15 habitations, il faut donc appliquer le coefficient “concentration” qui est de 1 dans notre cas car on a plus de 15 maisons au kilomètre.

Finalement:

$$\text{Ihab} + \text{corrección} = 40 + 20$$

$$\text{Iconcentración} = 1$$

$$\boxed{\text{Iagrup} = 60}$$

Qualité de l'adduction (Iabastecimiento)

Comme nous l'avons vu en introduction, "el volcan" possède un système "captage de source/réservoir de régulation/réseau de distribution".

Le captage ne dispose d'aucune protection, c'est un captage réalisé au moyen de pierres qui forment une retenue d'eau dans laquelle on a disposé un tuyau en "plansa". Cette adduction achemine l'eau jusqu'à un réservoir en béton. Ce réservoir n'est pas couvert de façon hermétique, il dispose d'un couvercle de planches en bois laissant passer l'eau de pluie. La corps de l'ouvrage comporte de nombreuses fissures qui laissent s'échapper l'eau, à ce niveau on observe des développements de mousses. La canalisation de distribution est en plansa et est partiellement découverte, dans la partie découverte on peut observer que le tuyau est relativement abîmé avec des fuites dans le matériau.

On a donc la notation suivante pour l'état de l'adduction:

☛ Pour le captage, on attribue **300 points**

☛ Pour le réservoir

<i>ITEM</i>	<i>Points</i>
PROTECTION	50
RESERVOIR	100
"TROP PLEIN-VIDANGE"	0

☛ Pour le réseau

<i>ITEM</i>	<i>Points</i>
MATERIAU	100
ETAT	100
PROTECTION	50

Finalement, pour l'adduction on a:

☛ **Icaptación = 300**

☛ **Iestanque = 150**

☛ **Ired = 250**

Iabastecimiento = 77,8

Vulnérabilité de la ressource (Ifuente)

Nous sommes en présence d'une adduction de source, d'après les hypothèses réalisées dans la méthodologie, on a donc une vulnérabilité de 1.

Dans l'environnement du captage on trouve des mines, et des élevages extensifs de chèvres, ces deux activités se déroulent à moins de 35 mètres du point de captage. On a donc 70 points (élevage) plus 50 points (mines) pour les "sources de contaminations".

De plus, comme nous l'avons vu en introduction, dans cette zone, l'eau devient habituellement boueuse en période de dégel.

Finalement:

☞ **Vulnérabilité = 1**

☞ **Ifocos de contaminación = 120**

☞ **Ivariabilidad = 50**

Ifuente = 170

Sensibilité de la population (Isocio)

Afin de caractériser la population, il nous faut d'une part évaluer le nombre d'enfants de moins de cinq ans et les personnes de plus de 65 ans. Dans le secteur on a 15% d'enfants de moins de 5 ans et 16 % de plus de 65 ans.

D'autre part, il nous faut évaluer notre indicateur socio économique en étudiant le revenu moyen et le système de santé d'une famille. Dans ce secteur relativement pauvre, la population vit du travail dans les mines et de l'élevage de chèvres. Une famille gagne en général moins de Ch\$100.000 par mois et la majeure partie de la population ne souscrit à aucun système de santé (population "indigente").

Finalement on a :

☞ **Iedad = 75**

⇒ Imenos de 5 años = 50

⇒ Imayores de 65 años = 100

☞ **Ieco = 100 * 1,5**

Isocio = 112,5

En résumé:

INRIS(EL VOLCAN) = 608

EL BOYENAR

Ce secteur, en aval du secteur El Volcan, est approvisionné par un cours d'eau superficiel. Le système d'adduction en place est relativement précaire: les habitants réalisent tout au long du cours d'eau des retenues à l'aide de pierres et disposent des tuyaux de "plansa" jusqu'à la maison.

Qualité de l'eau (Icagua)

Les résultats sont les suivants:

Analyse	Résultats
Physico-chimique	OK
Micro biologique à la source	CT = 75 CF = 15
Micro biologique dans le réseau	CT = 150 CF = 43

Le système ne possède aucun système de désinfection. Le calcul de l'indicateur donne les résultats suivants:

$$\text{Icfuente} = 60$$

$$\text{Icarranque} = 30$$

$$\Rightarrow \text{Icf} = 80$$

$$\Rightarrow \text{Ifq} = 0$$

$$\text{Idesin} = 100$$

$$\Rightarrow \text{Icloro} = 100$$

$$\Rightarrow \text{Ict} = 100$$

$$\boxed{\text{Icagua} = 63}$$

Vulnérabilité de la ressource (Ifuente)

On a une aduction de cours d'eau superficiel, donc de grande vulnérabilité. De plus le long du cours d'eau, en amont du captage, à une distance de moins de 35m., on rencontre des élevages de chèvres. Et comme à l'habitude en zone cordillère, l'eau se charge de limon en période de dégel. Finalement,

$$\text{Vulnérabilité} = 1$$

$$\text{Ifocos de contaminación} = 70$$

$$\text{Ivariabilidad} = 50$$

$$\boxed{\text{Ifuente} = 120}$$

Qualité de l'adduction (Iabastecimiento)

Le système d'adduction est en très mauvais état. Le système de captation ne dispose d'aucune protection. Les canalisations sont en "plansa" et ne sont pas enterrées. On peut observer qu'elles sont bien endommagées avec de nombreuses fuites et entourées de glace par endroit. Finalement l'indicateur "adduction" donne:

$$\text{Iestanque} = 350$$

$$\text{Ired} = 300$$

$$\boxed{\text{labastecimiento} = 100}$$

Concentration des habitations (Iagrup)

Tous les habitants du secteur s'approvisionnent dans ce cours d'eau, c'est un secteur relativement peuplé avec plus de 150 habitants sur une distance de moins de un kilomètre. On a donc:

$$\text{Ihab} = 100$$

$$\text{Iconcentración} = 1$$

$$\boxed{\text{Iagrup} = 100}$$

Sensibilité de la population (Isocio)

En ce que concerne la répartition en fonction des classes d'âge, on a 13% d'enfants de moins de 5 ans et 4,6% de personnes de plus de 65 ans. Le secteur est relativement pauvre avec une population qui gagne en moyenne moins de Ch\$100.000 par mois et par foyer, la majorité ne disposant pas de système de santé. On a donc:

$$\text{Iedad} = 32,5$$

$$\Rightarrow \text{Imenos de 5 años} = 25$$

$$\Rightarrow \text{Imayores de 65 años} = 40$$

$$\text{Ieco} = 100 * 1,5$$

$$\boxed{\text{Isocio} = 91}$$

En résumé, nous avons:

$$\boxed{\text{INRIS (EL BOYENAR)} = 737}$$

(b) LA COMMUNE DE MELIPILLA

A l'ouest de la région Métropolitaine, la commune de Melipilla est une zone agricole rassemblant presque tous les élevages de porcs et poulets de la région. La commune est traversée par la rivière Mapocho qui reçoit les rejets des communes urbaines en amont, donc relativement contaminée.

La majeure partie des secteurs étudiés s'approvisionnent de puits plus ou moins profonds. La crainte principale dans la zone est le risque de contamination des nappes souterraines en raison de la pression agricole et du passage de la rivière Mapocho.

Au niveau socioéconomique, Melipilla est classée 12, sur la même échelle, elle est classée en "media alta prioridad".

LOS GUINDOS

Comme c'est le cas dans la région, los Guindos s'approvisionne d'un puit profond.

Qualité de l'eau (Icagua)

Les résultats des analyses sont les suivants:

Analyses	Résultats
Physico-chimique	OK
Micro biologique à la source	CT = 3,6 CF < 1,8
Micro biologique dans le réseau	CT > 1 100 CF < 1,8

Le résultat de l'analyse au robinet n'est pas très fiable. Le taux important de CT est sûrement dû à une contamination du robinet et n'est pas représentatif de la qualité de l'eau dans le réseau. (Toutefois, on considèrera, pour le calcul de l'indicateur, que le taux de CT dans le réseau est supérieur au taux de CT à la source).

On peut donc calculer les différents indicateurs, Icfuente, Icarranque. Le secteur ne bénéficie pas de désinfection.

✍ **Icfuente = 60**

✍ **Icarranque = 0**

⇒ Icf = 0

⇒ Ifq = 0

✍ **Idesin = 100**

⇒ Icloro = 100

⇒ Ict = 100

Icagua=53

Vulnérabilité de la ressource (Ifuente)

Le puits de "Los Guindos" se trouve en pleine zone agricole. Afin d'évaluer le degré de risque de contamination il faut commencer par évaluer la fragilité de l'acuífère. Vu que le rapport de la CONAMA ne donne pas d'information sur ce secteur nous commençons par calculer cette vulnérabilité (voir annexe pour le détail des règles de calcul de cet indice):

☛ Nous sommes en présence d'une acuífère libre (donnée de la CONAMA), l'indice de vulnérabilité est donc de 0,6.

☛ La profondeur de la nappe est de 80 m, la vulnérabilité relative est donc de 0,5

☛ Nous n'avons pas de donnée de perméabilité, mais nous réalisons une approximation "grossière" en affectant un indice relatif de 0,4 pour un sol "mixte".

En reprenant toutes ces données, nous calculons l'indice de vulnérabilité de l'acuífère, on obtient 0,1 et donc une vulnérabilité "**Moyennement Forte**".

En ce qui concerne les sources de contamination, on observe des champs cultivés à moins de 300m et des zones d'élevages (chevaux, vaches) à moins de 35 m.

Finalement,

☛ **Vulnérabilité = 0,4**

☛ **Ífocos de contaminación = 90**

☛ **Ivariabilidad = 0**

Ífuerite = 36

Qualité de l'adduction (Íabastecimiento)

Nous avons un système traditionnel, un pompage d'un puits au réservoir puis un réseau de distribution. Le puits est profond, d'environ 115m, mais la nappe est à 80 m. Le puits n'est pas protégé par un couvercle. Le réservoir est relativement en bon état, en béton avec une protection étanche. Le réseau est enterré mais il est en "plansa" et relativement ancien (20 ans).

☛ Pour le captage

<i>ITEM</i>	<i>Points</i>
PROTECTION	100
MARGELLE-"TUBAGE"	50
EXTRACTION DE L'EAU	0
PERIMETRE DE PROTECTION	0

☛ Pour le réservoir

<i>ITEM</i>	<i>Points</i>
PROTECTION	0
RESERVOIR	0
"TROP PLEIN-VIDANGE"	0

☛ Pour le réseau

<i>ITEM</i>	<i>Points</i>
MATERIAU	100
ETAT	50
PROTECTION	0

Finalement,

☛ **Icaptación = 150**

☛ **Iestaque = 0**

☛ **Ired = 150**

labastecimiento = 33

Concentration des habitations (Iagrup)

Le secteur est relativement peuplé, il compte plus de 150 habitants et ce en moins de 1Km de distance, donc:

☛ **Ihab = 100**

☛ **Iconcentración = 1**

Iagrup = 100

Sensibilité de la population (Isocio)

Nous avons dans le secteur 10 % d'enfants de moins de cinq ans et 9% de personnes de plus de 65 ans.

En général, la population de Los Guindos est propriétaire du terrain et travaille de façon indépendante dans l'agriculture ou l'élevage. Le revenu moyen d'une famille se situe entre Ch\$100.000 et Ch\$200.000. On a donc,

☛ **Iedad = 47,5**

⇒ Imenos de 5 años = 25

⇒ Imayores de 65 años = 70

☛ **Ieco = 50**

Isocio = 49

Finalement,

INRIS (LOS GUINDOS) = 458

Voir annexe 6 pour le calcul de INRIS dans les autres secteurs (résultats du programme informatique)

3. Dessin de la cartographie du risque sanitaire lié à la consommation de l'eau de boisson

Lors de l'étude, nous avons pu inspecter 11 secteurs dans les communes de Melipilla, San Jose de Maipo, Til-Til et Lampa. Nous pouvons résumer les résultats dans le tableau ci-dessous:

Commune	Secteur	Nature de l'adduction	Indicateur calculé	INRIS
SAN JOSE DE MAIPO	EL VOLCAN	Source	INRIS	608
SAN JOSE DE MAIPO	EL BOYENAR	Cours d'eau superficiel	INRIS	737
MELIPILLA	LOS GUINDOS	Puits	INRIS	458
MELIPILLA	TANTEHUE ALTO	Puits	INRIS	347
MELIPILLA	TANTEHUE BAJO	Source	INRIS	596
MELIPILLA	LAS LOMAS DE CULIPRÁN	Puits	INRIS2	589
TIL-TIL	LO MARÍN DE CALEU	Puits	INRIS	397
LAMPA	CHORILLOS	Camion citerne	INRIS3	372
LAMPA	EL TACO	Camion citerne	INRIS3	398
LAMPA	LOS ESPINOS	Puits	INRIS2	510
LAMPA	SAN JOSE DEL MOLINO	Puits	INRIS	615

L'interprétation de ces résultats dépendra de l'utilisation que l'on veut en faire.

On peut néanmoins réaliser une cartographie du risque en distinguant quatre zones:

- ☞ Une zone rouge, zone à haut risque sanitaire (pour les secteurs qui ont plus de 600 points)
- ☞ Une zone jaune, zone à risque moyennement élevé (pour les secteurs notés entre 500 et 600 points)
- ☞ Une zone bleu, zone à risque moyennement faible (pour les secteurs notés entre 400 et 500 points)
- ☞ Une zone verte, zone à faible risque (pour les secteurs qui ont moins de 400 points)

Dans cette cartographie on a intégré tous les secteurs sans se soucier du type d'adduction ou de l'implication de ces secteurs dans des projets "eau potable".

Les organismes décideurs pourront, par la suite, adapter cette classification en extrayant certains secteurs et en travaillant uniquement sur ceux-ci.

Cette deuxième sélection peut se faire sur des considérations techniques (sélectionner les secteurs possédant un réservoir "communautaire", par exemple), économiques, politiques, etc...

CONCLUSION

Cette “méthodologie d’analyse du risque” nous a permis d’amorcer la réalisation d’un diagnostic structuré de la situation sanitaire en relation avec l’approvisionnement en eau potable dans la région Métropolitaine du Chili.

Dans la majeure partie des cas nous avons été confrontés à des systèmes d’adductions basiques qui ne comportaient aucune désinfection et qui distribuaient une eau rarement contaminée par des agents physico-chimiques mais dont la qualité bactériologique présentait souvent des déficiences.

Après avoir analysé et mesuré les risques de défaillance du système d’adduction, les risques de détérioration de la ressource, et après avoir dressé un tableau des caractéristiques principales de la population dans chacun des secteurs de l’étude, nous avons pu réaliser une classification de ces secteurs. Cette hiérarchisation, fonction du risque sanitaire encourru, servira de référence afin d’établir un ordre de priorité et de signaler ainsi les secteurs qui doivent, de façon urgente, bénéficier d’une aide pour solutionner le problème de l’eau potable.

Reste ensuite à définir la structure qui permettra de mettre en œuvre les différents projets. Nous avons parlé du système des “Fonds” en première partie, mais il est bien évident que c’est une solution d’urgence qui n’est pas viable sur le long terme. Il faut savoir que dans cette optique et dans une vision plus large, le MOP ainsi que EMOS ont débuté une réflexion qui vise à actualiser les programmes d’APR afin de prendre en considération ces secteurs ruraux “précaires”. Un plan pilote a été mis en place au sein duquel on a essayé de mettre en œuvre des “nouvelles” technologies, simples (systèmes de forages manuels par exemple), qui permettraient que les investissements soient rentables.

Dans les secteurs de la Région Métropolitaine étudiés on ne rencontre pas de difficultés techniques majeures dans l’élaboration des projets “eau potable”. Le schéma à adopter dans la plupart des cas est le suivant: mise en place d’un ouvrage de captage, d’un réservoir de régulation dans lequel on réalise une désinfection et d’un réseau de distribution.

Enfin dans une réflexion plus large, il faudra sûrement soulever d’autres problèmes, tels que la nécessité de redéfinir des normes techniques adaptables aux systèmes ruraux ou la nécessité de définir un organisme fédérateur qui servirait d’unique référence dans la détermination des projets et qui permettrait ainsi de structurer l’intervention des différents organismes dans la sphère “Eau Potable”.

ANNEXE 1

CLASSEMENT DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

SELON L'OMS

CLASSEMENT DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

SELON L'OMS

☛ Substances chimiques importantes pour la santé et présentes dans l'eau de consommation humaine

- ✎ Arsenic
- ✎ Cadmium
- ✎ Cyanure
- ✎ Cuivre
- ✎ Chrome hexavalent
- ✎ Fluor
- ✎ Manganèse a 0,5 ppm
- ✎ Mercure
- ✎ Nitrates
- ✎ Nitrites
- ✎ Plomb

☛ Substances et paramètres dans l'eau de boisson qui peuvent provoquer des plaintes des consommateurs

- ✎ Ammoniac
- ✎ Chlorures
- ✎ Composés Phénols
- ✎ Détergents
- ✎ Fer
- ✎ Manganèse a 0,1ppm
- ✎ RSF
- ✎ Sulfates
- ✎ Zinc

ANNEXE 2

METHODE DE CALCUL DE LA VULNERABILITE DE L'ACUIFÈRE

MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'ACUIFÈRE

Afin de déterminer la vulnérabilité du terrain, nous nous baserons sur la méthodologie développée par la CONAMA.

L'indice de vulnérabilité du terrain intègre trois paramètres:

- Le type d'acuífère (libre ou confiné)
- La profondeur de la nappe souterraine
- Le type de substrat (argileux, sableux, mixte)

Lors du calcul de l'indice de la CONAMA pour un secteur déterminé, on attribue une note (vulnérabilité relative) pour chacun des trois critères. Une fois ces notes attribuées, on les multiplie afin d'obtenir l'indice de vulnérabilité de l'acuífère.

1. Type d'acuífère

Pour un acuífère **libre** on donne **0,6 points**.

Pour un acuífère **confiné** on donne **0,2 points**.

2. Profondeur de la nappe

On attribue la notation suivante:

Niveau de profondeur de la nappe	Vulnérabilité relative
< 5m	0.9
5-20 m	0.7
20-100 m	0.5
>100 m	0.3

3. Type de substrat

On l'évalue grâce à la perméabilité du terrain.

Niveau de perméabilité (m/s)	Vulnérabilité relative
0.01-0.005	0.9
0.005-0.001	0.7
0.001-0.0001	0.5
0.0001-0.00005	0.3
0.00005-0.00001	0.1

4. Vulnérabilité de l'acuífère

En multipliant les trois facteurs précédents, on obtient la vulnérabilité de l'acuífère:

(c) VULNÉRABILITÉ	
0-0.07	Faible
0.07-0.16	Moyen faible
0.16-0.27	Moyen forte
0.27-0.38	Forte

Dans le calcul de l'indicateur de risques sanitaires (INRIS), on prendra directement les données de vulnérabilités fournies par la CONAMA.

(i) Variante

Si l'on ne dispose pas de la donnée CONAMA dans un secteur, il faut procéder au calcul de l'indice de vulnérabilité. Vu que l'on ne dispose pas des moyens nécessaires à la détermination de la perméabilité du terrain, nous réaliserons une approximation.

Nous considérerons les données suivantes (données fournies par le questionnaire):

Type de sol	Vulnérabilité relative
Sableux	0.7
Mixte	0.4
Argileux	0.2

La profondeur de la nappe est fournie par le questionnaire.

Le type d'acuífère est fourni par

ANNEXE 5

QUESTIONNAIRE

**Diagnóstico de las comunidades rurales dispersas o semi concentradas
que no cuentan con sistema de agua potable seguro**

Nombre de quién realizó la encuesta:

Cargo:

Firma:

Fecha:

COMUNA : _____

LOCALIDAD : _____

SECTOR : _____

Población

Número de viviendas : De 1 a 5 / de 5 a 10 / de 10 a 25 / más
de 25

Número de habitantes (residentes) : _____

Población global en periodo de turismo : _____

Las viviendas son agrupadas
(más de 15 viviendas /km) : Si No

Nº de viviendas/km aprox. : _____

Número de niños (<5 años) : _____

Número de personas mayores de 65 años : _____

Datos socioeconómicos

1) ¿Situación laboral principal de la población?

- a) independiente : Si No
- b) empleado : Si No
- c) cesante : Si No
- d) tipo de trabajo : _____

2) Ingreso promedio mensual por familia (\$/mes) : <\$100.000 / mes / de \$100.000 a \$200.000/ mes / más de \$200.000/mes

3) Existe un establecimiento educacional : Si No

4) Número de personas según sistema de salud

- a) Isapre : _____
- b) Fonasa : _____
- c) ninguno : _____

5) ¿Existe una junta de vecinos o otra agrupación?: Si No

¿Quién es el líder (nombre, fono)? : _____

¿Agrupación con personalidad jurídica? : Si No

Datos de salud

1) ¿Existe una posta? : Si No

Ubicación , fono : _____

2) Informaciones que nos puede entregar la posta :

a) Antecedentes de epidemias entéricas : Si No

n° de casos : _____

n° de casos mortales : _____

antecedentes de las causales : _____

antecedentes de las zonas afectadas: _____

b) Mortalidad infantil (<5 años) : _____

Condiciones sanitarias

AGUA PARA CONSUMO HUMANO

- 1) ¿De dónde obtiene el agua para consumo? :
- a) ¿De una captación subterránea? : Si No
- pozo o noria individual : Si No
- pozo o noria comunitario : Si No
- b) ¿De una captación superficial? : Si No
- Canal, estero, río, lago... : Si No
- Vertiente : Si No
- c) ¿De un camión aljibe? : Si No
- 2) ¿Se está regularizando el sistema de agua potable? : Si No
- 3) Existen antecedentes sobre la calidad del agua : Si No
- a) cumple con la norma chilena : Si No
- b) cumple con los requisitos bacteriológicos: Si No
- c) cumple con los requisitos fisicoquímicos : Si No
- ¿Cuál es el parámetro que excede?: _____
- 4) ¿Para qué sirve el agua en el sector? :
- a) Uso doméstico (beber, cocinar, lavar...) : Si No
- d) Otro uso, indicar : _____
- 5) Variabilidad de la fuente de agua para consumo humano
- a) los pozos se secan en verano : Si No
- b) el agua cambia de aspecto según la estación

precisar: barro etc.... : _____

AGUAS SERVIDAS

1) ¿Dónde van las aguas servidas?

- a) Descarga a un curso de agua superficial : Si No
- b) A un pozo negro o letrina : Si No
- c) A una fosa séptica : Si No
- d) A una red de alcantarillado : Si No
- e) Otro : _____

FOCOS DE CONTAMINACIÓN

1) Existe cerca de la fuente de agua para consumo humano:

- a) Descarga de aguas servidas : Si No A cuantos metros: _____
- b) Zonas de cultivos intensivos con utilización de pesticidas : Si No A cuantos metros: _____
- c) Crianzas de animales : Si No A cuantos metros: _____
- d) Basurales : Si No A cuantos metros: _____
- e) Industrias : Si No A cuantos metros: _____
- f) Minas : Si No A cuantos metros: _____
- f) Canal (curso de agua superficial) : Si No A cuantos metros: _____
- g) otro : _____

2) Tipo de suelo (arcilla/arena/mixto/otro) : _____

3) Profundidad de la napa (aprox.) : _____

Detalles técnicos sobre el abastecimiento

CAPTACIÓN

1) Si es un abastecimiento por pozo (o noria) comunitario

a) ¿Cuál es la profundidad de la captación? : _____

b) El pozo (o la noria) está tapado : Si No

c) Hay un cierre perimetral alrededor del pozo : Si No

¿de cuantos metros desde la captación? : _____

d) Sistema manual de extracción
de agua (balde) : Si No

e) Hay un estanque y una red : Si No

f) Número de viviendas que se abastecen del pozo (o de la noria): _____

2) Si es un abastecimiento de un curso superficial o vertiente:

a) Sistema manual de extracción
de agua (balde) : Si No

b) Hay un estanque y una red : Si No

c) Número de viviendas que se abastecen del curso superficial: _____

2) Si es un abastecimiento por camión aljibe:

a) Volumen del camión : _____

b) Frecuencia de descarga
(cuantas veces a la semana) : _____

c) Se entrega el agua :
a un estanque : Si No

a cada casa : Si No

d) Número de viviendas que se abastecen del camión: _____

ABASTECIMIENTO

- 1) ¿Existe un estanque? : Si No
- a) Volumen del estanque : _____
- b) Material del estanque : _____
- c) Tipo de estanque :
- Enterrado : Si No
- Superficial : Si No
- Elevado : Si No
- d) Cuenta con una tapa hermética : Si No
- e) Cuenta con una ventilación con rejilla : Si No
- f) Presenta filtración de agua : Si No
- g) Cuántas personas se abastecen del estanque: _____
- h) Cuenta con desinfección el agua : Si No
- Corresponda a cloro : Si No
- Corresponda a yodo : Si No
- Otro : _____
- k) Se trata el agua : Si No
- decantación : Si No
- Filtración : Si No
- Otro : _____
- 2) ¿Existe una red comunitaria? : Si No
- a) Tipo de cañería (PVC, cobre, plansa, otro) : _____
- b) Hay escape o infiltración de agua en la cañería : Si No
- c) La cañería está enterrada : Si No
- d) ¿Hay una presión de agua suficiente en las casas? : Si No