



HAL
open science

L'hydrométrie en Nouvelle-Zélande : l'esprit “ Number 8 wire ”

Jérôme Le Coz

► **To cite this version:**

Jérôme Le Coz. L'hydrométrie en Nouvelle-Zélande : l'esprit “ Number 8 wire ”. La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau, 2018, 2, pp.107-115. 10.1051/lhb/2018025 . hal-02068195

HAL Id: hal-02068195

<https://hal.science/hal-02068195>

Submitted on 14 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'hydrométrie en Nouvelle-Zélande : l'esprit « Number 8 wire »

Jérôme LE COZ

*Irstea, UR HHLY, Hydrologie-Hydraulique, centre de Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France
(jerome.lecoz@irstea.fr)*

RÉSUMÉ. – L'hydrométrie en Nouvelle-Zélande présente des enjeux, problèmes et solutions évidemment très semblables à ceux qui font le quotidien des hydromètres de tous les pays. Cependant, comme dans bien d'autres domaines, les Kiwis font face à un environnement resté très sauvage avec un esprit positif et pragmatique d'une efficacité remarquable. Les sujets abordés ici recouvrent les procédures de jaugeage, les stations hydrométriques, les courbes de tarage, l'étalonnage des courantomètres, le réseau national d'observation, la sécurité des opérateurs, la normalisation et l'animation technique nationale et internationale.

Mots-clés : Hydrométrie ; Nouvelle-Zélande ; kiwi ; antipodes

Hydrometry in New Zealand: the “Number 8 wire” mentality

ABSTRACT. – Hydrometry in New Zealand comes with issues, problems and solutions that are of course very similar to those that make the lives of field hydrologists in all countries. However, as in many other areas, the Kiwis face a still very wild environment with a positive and resourceful attitude of remarkable efficiency. The topics covered in this article include streamgauging procedures, hydrometric stations, rating curves, currentmeter calibration, the national observation network, operator safety, standardisation and national/international technical coordination.

Key words: Hydrometry, New Zealand, kiwi, antipodes

I. INTRODUCTION

Un séjour scientifique d'un an en Nouvelle-Zélande en 2015-2016 m'a permis de découvrir les pratiques et les spécificités de la communauté hydrométrique locale. Les enjeux, problèmes et solutions « de base » sont évidemment très semblables à ceux qui font le quotidien des hydromètres de tous les pays. Cependant, comme dans bien d'autres domaines, les Kiwis font face à un environnement resté très sauvage avec un esprit positif, pragmatique et débrouillard d'une efficacité remarquable, souvent appelé « Number 8 wire mentality » (d'après le calibre de fil de fer traditionnellement employé pour les clôtures des parcs à moutons, et qui peut servir à la réparation imprévue de n'importe quelle machine ou outil).

Par comparaison, un retour d'expérience sur un certain nombre de spécificités locales, de succès et d'imperfections, paraît donc intéressant pour apporter un éclairage différent sur les problèmes de l'hydrométrie en France et dans d'autres pays. On aborde notamment : les procédures de jaugeage, les stations hydrométriques, les courbes de tarage, l'étalonnage des courantomètres, le réseau national d'observation, la sécurité des opérateurs, la normalisation et l'animation technique nationale et internationale.

II. LES PROCÉDURES MÉTIER

II.1. Les jaugeages

Classiquement, le courantomètre (mécanique ou acoustique Doppler) sur perche et le profileur acoustique à effet

Doppler (ADCP) sont les instruments les plus employés en Nouvelle-Zélande pour effectuer les jaugeages. Le jaugeage par dilution de traceur ne semble pas répandu mais cela pourrait changer avec le développement des traceurs fluorescents, récemment employés avec satisfaction par le NIWA¹ dans le Southland. Comme en Amérique du Nord, les jaugeages par exploration du champ des vitesses présentent en général un grand nombre de verticales (plus de 20) et peu de points par verticale (formules algébriques à 1 ou 2 points), ce qui semble bien adapté aux sections naturelles les plus plates, mais moins aux sections étroites.

La position du jaugeur dans l'eau est nord-américaine (de profil à côté de la perche), contrairement à la position française (jambes écartées à l'aval de la perche), qui surprend souvent à l'étranger. C'est le seul pays que je connaisse où l'incertitude est traditionnellement calculée en routine pour chaque jaugeage selon la méthode de la norme ISO 748. Des échanges ont naturellement eu lieu sur les méthodes alternatives pour calculer l'incertitude des jaugeages (Interpolation Variance Estimator, Q+, Flaure, cf. Despax *et al.* 2016) et des jaugeages néo-zélandais à grand nombre de verticales ont été fournis pour le développement de la méthode Flaure par Despax (2016).

Comme en France, l'ADCP est déployé soit depuis un bateau à moteur, soit tenu à la main sur son flotteur, avec quelques points originaux. Les jaugeurs utilisent souvent un jet-boat (propulsion turbine), plus maniable en rivière mais aussi plus consommateur de carburant qu'un moteur à hélice.

1. National Institute of Water and Atmospheric Research, institut de recherche public néo-zélandais spécialisé en sciences environnementales.

Tout simple, le maintien du support de l'ADCP à l'aide d'une gaffe (Figure 1a) présente une excellente stabilité et maîtrise de la trajectoire, tout en éloignant l'opérateur à l'aval du capteur de manière à minimiser la perturbation de l'écoulement. C'est une technique de déploiement de l'ADCP à pied qui est à promouvoir en France, au lieu de tenir le support directement à la main. L'insertion de l'ADCP dans un kayak est relativement courante, car cela offre une excellente stabilité de l'instrument, même sur un écoulement chahuté. Il peut s'agir d'un kayak avec opérateur : sur l'exemple de la

Figure 1b, la kayakiste était capable de réaliser des traversées et des points fixes extrêmement stables, même avec des vitesses de plus de 1,5 m/s. Il peut aussi s'agir d'un kayak court sans opérateur, maintenu en crue depuis un pont (Doyle, 2015, communication personnelle) ou même déployé depuis un hélicoptère (Figure 1c) sur les grands cours d'eau de la région Otago comme la Clutha, ce qui constitue une première mondiale (Hannah, 2014). Là encore, un excellent pilote est requis pour assurer la sécurité de l'opération et la qualité des mesures. L'hydromètre pilote l'ADCP à distance



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figure 1 : Différentes procédures de jaugeage originales employées en Nouvelle-Zélande: (a) déploiement d'un ADCP à pied au bout d'une gaffe (NIWA Dunedin), (b) jaugeage par ADCP intégré dans un kayak (Tasman Regional Council), (c) jaugeages ADCP hélicoptérés (photos Otago Regional Council, Hannah 2014), (d) tube Pitot électronique POEM breveté par le NIWA (Smart 1991, Magirl et al., 2009), (e) courantomètre à bulle ascendante sur perche (Hawkes Bay Regional Council / NIWA), (f) perche à charge dynamique (Drost 1963) dans les locaux du NIWA à Alexandra.

depuis l'hélicoptère en coordination avec le pilote. La technique est évidemment onéreuse, mais elle permet de réaliser de précieux jaugeages en crue sur des stations éloignées les unes des autres, et rendues difficilement accessibles par les inondations (le réseau routier étant peu développé). De telles mesures ADCP héliportées pourraient sans doute être associées à des prises de vue pour cartographie des inondations et vélocimétrie par analyse de séquences d'images.

L'esprit Number 8 wire se traduit aussi par des innovations sur les instruments de mesure. Modernisant une technique de jaugeage développée en France au 19^{ème} siècle, Graeme Smart (NIWA Christchurch) a développé et breveté² un ingénieux tube Pitot électronique appelé POEM (Figure 1d, Smart 1991, Magirl *et al.*, 2009), toujours employé pour certains jaugeages à forte vitesse et/ou nécessitant une haute résolution spatio-temporelle (la cadence d'acquisition est de 18 Hz). L'instrument est déployé en mode intégration (cycles de descente et remontée) mais il fournit un profil vertical des vitesses instantanées. L'instrument est plus adapté aux vitesses élevées et à des écoulements pas trop chargés en particules et débris. La profondeur de mesure est donnée par la mesure de la pression hydro-statique, après calibration de la pression atmosphérique en surface. Le premier prototype du NIWA incorporait une sonde Pitot de Boeing 737 récupérée à l'aéroport de Christchurch ! Rappelons que dès 1865, Darcy et Bazin généralisaient l'utilisation d'une version améliorée du tube de Pitot au sein des services hydrométriques français de l'époque. Parmi d'autres techniques, de grandes crues de référence comme la crue de la Seine à Paris en 1910 ont aussi été jaugées avec des tubes Pitot comme l'« hydro-tachymètre » de Ritter (1892).

Ces dernières années, les techniciens du Hawkes Bay Regional Council et du NIWA Christchurch ont mis au point un dispositif original de jaugeage par bulle ascendante. Plusieurs auteurs se sont intéressés à cette technique, qui pourrait bien être la meilleure méthode pour mesurer les écoulements très lents, voire encombrés de végétation aquatique. L'apport des Kiwis a d'abord consisté à mettre au point un dispositif d'émission de bulle calibrée à la bonne taille pour que la vitesse ascensionnelle reste

constante. Un système permettant le jaugeage sur perche graduée a été développé, la mise en pression se faisant à l'aide d'un simple pulvérisateur de jardinier (Figure 1e). La distance de dérive des bulles est lue sur un régle horizontal. La vitesse ascensionnelle des bulles est mesurée au préalable dans une colonne contenant de l'eau prélevée sur site. Un dispositif fixe de mesure en continu est en cours de développement.

Enfin, plus anecdotique, signalons la perche à pression dynamique améliorée par Drost (1963, Figure 1f) à partir du modèle développé par Wilm et Storey (1944). Cet instrument est peu voire plus du tout utilisé mais il pourrait connaître un regain d'intérêt avec le développement (hors Nouvelle-Zélande) de la version transparente, plus simple d'utilisation et extrêmement peu coûteuse (Fonstad *et al.*, 2005, Pike *et al.*, 2016). Placée face au courant, la plaque permet de mesurer la hauteur de charge totale, tandis qu'alignée sur le courant, elle permet de mesurer la hauteur de charge hydrostatique ; la différence entre les deux cotes (surélévation) est théoriquement égale à $V^2/(2g)$ où V est la vitesse d'approche (et g l'accélération de la gravité). La version transparente permet de lire les deux niveaux d'un seul coup, face au courant, et depuis l'aval, ce qui rend la mesure plus rapide et plus fidèle. Mais dans tous les cas, la relation théorique n'est pas juste et nécessite une calibration par des mesures de référence.

II.2. Les stations hydrométriques

Sauf les plus récentes ou les provisoires, les stations hydrométriques néo-zélandaises sont en général de conception traditionnelle nord-américaine : puits de mesure (cf. Figure 2a), tringles avec treuil manuel ou motorisé en berge, ou souvent cabine téléphérique à déplacement manuel (cf. Figure 2b). Ces cabines, inusitées en France, sont plus impressionnantes que réellement dangereuses, et un contrôle rigoureux des ancrages et du système téléphérique est réalisé périodiquement. Cependant, la tendance est plutôt à la réduction de ce type d'aménagements, du fait de leur important coût d'entretien. Les camions-jaugeurs, qui semblent plutôt une spécialité française, sont inconnus, et ne seraient de toute façon pas d'une grande aide pour les nombreux sites dépourvus de pont.



(a)



(b)

Figure 2 : Equipement traditionnel des stations hydrométriques en Nouvelle-Zélande : (a) station télétransmise avec puits de tranquillisation et échelles graduées interne et externe (Lac Wanaka à Roys Bay, NIWA) et (b) cabine téléphérique de jaugeage deux places (Kawarau à Chards Road, NIWA).

II.3. Les courbes de tarage

A quelques notables exceptions près, comme l'exutoire du Lac Wanaka jaugé depuis les années 1930 et qui ne présente que quelques détarages mineurs, ou des sites en amont d'une chute sur roche-mère, la plupart des cours d'eau néo-zélandais se distinguent par des lits très mobiles et larges, souvent divagants. On pense évidemment aux spectaculaires rivières en tresse de l'Ile-du-Sud, comme la Rakaia, la Waitaki ou encore la Waimakariri, mais les stations hydrométriques y sont situées autant que possible dans des gorges, en évitant les tronçons en tresses. Ceci étant, certaines stations sont situées sur des secteurs en tresses ou divagants (la Wairau à Barnetts Bank par exemple), voire sujets à avulsion (la Pohangina à Mais Reach par exemple).

Cet intense transport solide et cette morphodynamique active, encore peu contrainte par des digues ou des aménagements, se traduisent par de fréquents détarages (cf. Figure 3). Il y a aussi beaucoup de sites dont les contrôles à basses eaux sont affectés par la végétation aquatique (la Waikoropupu à Christies Bridge par exemple, station située à l'aval des plus abondantes résurgences d'eau douce de l'hémisphère sud). Pendant des décennies, la solution choisie a été de jauger très fréquemment (il n'est pas rare de disposer de 15 jaugeages par an sur certains sites) et d'ajuster fréquemment une nouvelle courbe de tarage (plusieurs fois par an), même avec un seul ou quelques jaugeages après détarage, en conservant la forme générale de la courbe de tarage. La fréquence de jaugeage requise en fonction de la fréquence des détarages sur différentes stations néo-zélandaises a fait l'objet d'une analyse statistique intéressante par Ibbitt et Pearson (1987). Certaines stations ont servi au développement de la méthode BaRatin-SPD pour les détarages par Mansanarez (2016).

La gestion des courbes de tarage fait l'objet d'une récente norme nationale NEMS, très complète et appliquée (NEMS, 2016a). Les ajustements sont le plus souvent manuels, avec des extrapolations en hautes eaux guidées par l'expertise et les relations hydrauliques, hauteur-vitesse en particulier. Les logiciels utilisés varient d'un service à l'autre, de Hydstra à Hilltop, le NIWA étant lui-même passé du logiciel interne Tideda au logiciel commercial Aquarius. L'intérêt pour des extrapolations hautes-eaux appuyées sur une modélisation hydraulique, ou au moins une expertise des contrôles hydrauliques, est croissant, aussi parce que les restrictions

budgétaires rendent difficile de maintenir une fréquence de jaugeage aussi élevée que dans le passé. L'analyse hydraulique des sites bénéficie de la grande connaissance des contrôles et des processus bio-géomorphologiques qu'ont les hydromètres de leurs sites de mesure, ainsi que d'études historiques approfondies, comme le rapport de Page (1994) sur le Manawatu à Teachers College, sans doute la plus longue chronique hydrométrique du pays. Un énorme travail de référence a été mené par Hicks et Mason (1998) pour fournir des valeurs précises du coefficient de Manning n (résistance à l'écoulement) à partir de relevés effectués sur 78 tronçons de cours d'eau représentatifs à travers le pays, pour une large gamme de débit moyen (de 0,1 à 353 m³/s), de pente (de 0,001% à 4,2%) et de matériaux de fond. Les sites sont illustrés et commentés dans un catalogue qui les classe du plus « rugueux » (Manning $n = 0,27$ s/m^{1/3}, Strickler $K_s = 3,7$ m^{1/3}/s) au plus « lisse » (Manning $n = 0,016$ s/m^{1/3}, Strickler $K_s = 62,5$ m^{1/3}/s). Un tel recensement, très utile à la modélisation hydraulique, n'a malheureusement pas d'équivalent en France.

II.4. L'étalonnage des courantmètres

L'étalonnage périodique des moulinets et autres courantmètres est effectué assez systématiquement, souvent dans le canal d'étalonnage national du NIWA situé près de Christchurch (Figure 4). Le dispositif est raccordé aux étalons internationaux, et participe à une intercomparaison internationale de laboratoires d'étalonnage. Une sorte de balai permet de remettre en suspension suffisamment de particules pour que l'étalonnage des instruments hydro-acoustiques (vélocimètres et profileurs) soit possible. Il m'a été également possible de réaliser des mesures de vérification d'un vélocimètre radar portable (SVR). La surface de l'eau était lisse mais l'instrument était suffisamment proche de l'eau pour que l'écho reçu permette des mesures correctes.

II.5. La sécurité des opérateurs

La sécurité des opérateurs pour les travaux dans et autour de l'eau est prise au sérieux en Nouvelle-Zélande et fait l'objet d'une procédure ou norme nationale (NEMS, 2013). Des points spécifiques à noter (au NIWA au moins) sont la

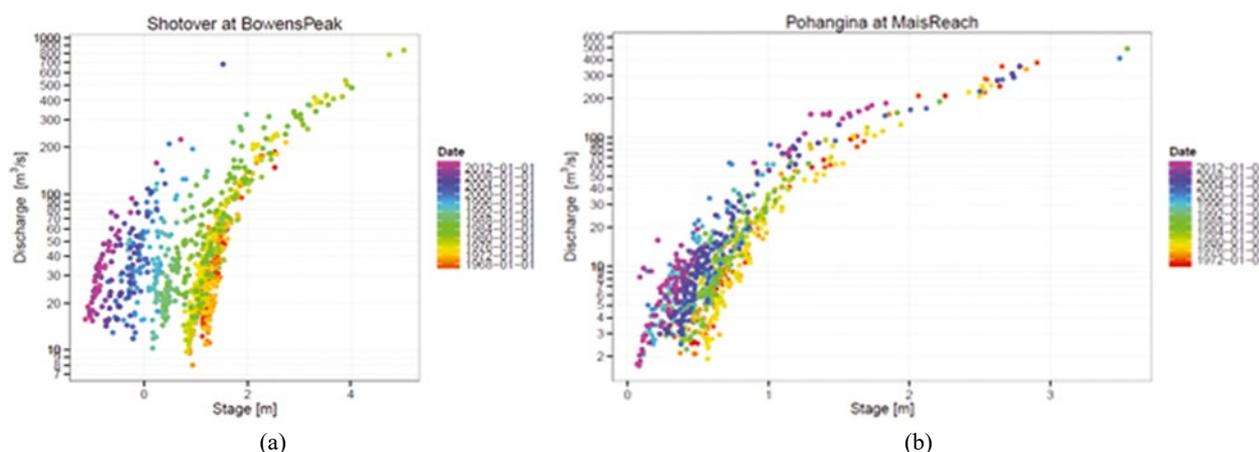


Figure 3 : Exemples de stations hydrométriques néo-zélandaises à courbe de tarage instable : (a) la Shotover à Bowens Peak (NIWA), jaugeages entre 1968 et 2012 ; (b) la Pohangina à Mais Reach (Horizons RC), jaugeages entre 1972 et 2012. Les jaugeages sont colorés par date. On remarque que les détarages affectent jusqu'aux débits de crue.



Figure 4 : Bassin national d'étalonnage des courantomètres du NIWA, situé au nord de Christchurch : (a) le chariot pouvant emporter jusqu'à trois équipages mobiles ; (b) le poste de pilotage avec visualisation des mesures.

prévention des risques cutanés liés à une intensité solaire très forte et aggravée par la présence du trou dans la couche d'ozone (chapeaux, crème solaire systématiques), des balises de localisation personnelle (par GPS) pour le travail en site (très) isolé et potentiellement sans couverture téléphonique, un protocole strict pour les interventions en bateau, pas d'ordres de mission mais une information permanente des responsables du centre sur tout début et fin d'intervention d'agent sur site (par contact téléphonique).

Dans le respect des règles générales de la procédure nationale (NEMS, 2013), chaque service est libre d'ajouter ses propres procédures supplémentaires. Notamment, le Tasman Regional Council a formalisé une approche pragmatique et originale de la sécurité des agents pour les travaux sur l'eau et au bord de l'eau. Dans la procédure Tasman RC (2015), l'accent n'est pas seulement mis sur la prévention des risques (évaluation du site, équipements de protection individuelle), mais aussi et surtout sur les meilleurs réflexes à avoir une fois que l'accident est survenu : conseils sur la technique de traversée³, la technique de rétablissement après avoir glissé, et la technique de sauvetage d'une personne en difficulté. L'évaluation des risques ne porte pas seulement sur les conditions locales de profondeur et vitesse sur le site d'intervention mais aussi sur les risques situés en aval du point de chute potentiel (possibilité de sortir facilement ou au contraire, zone d'écoulements violents avec obstacles dangereux). Ces points sont évidemment utiles pour minimiser les conséquences d'un accident, le risque zéro n'existant pas. Chaque station fait l'objet d'une documentation du débit maximal pour les jaugeages à pied et des conditions de sécurité individualisée pour chaque agent, selon son expérience et ses capacités physiques : débit maximum pour un agent compétent et expérimenté, plus haut débit jaugé par chaque agent, commentaires sur le déploiement et la sécurité. Ces mesures s'accompagnent d'un entraînement annuel en rivière.

3. Les Kiwis apprennent très jeunes les techniques de traversée des cours d'eau à gué, notamment en se tenant les uns aux autres en plaçant le plus stable à l'amont de la chaîne, dans la mesure où cela est nécessaire sur de nombreux chemins de randonnée.

III. ORGANISATION COLLECTIVE

III.1. Le réseau national d'observation

La Nouvelle-Zélande connaît une extraordinaire diversité de climats, de reliefs et de conditions géologiques. Les deux îles principales présentent des chaînes de montagne jusqu'à 2400 m d'altitude au nord et 3700 m au sud. Sur l'Île-du-Nord, certains sols formés par des cendres volcaniques présentent des perméabilités atypiques. Sur l'Île-du-Sud, le versant ouest des Alpes connaît des précipitations annuelles moyennes de plus de 10 m (jusqu'à 13,5 m) tandis que 100 km à l'est les plaines du Canterbury n'en reçoivent que moins de 0,4 m typiquement (McMillan *et al.*, 2016). Les extrémités nord et est peuvent être occasionnellement touchées par des cyclones tropicaux. A partir de données du NIWA, Doyle (2012) propose les records d'intensité de précipitation listés dans le Tableau 1, tous enregistrés sur la côte ouest de l'Île-du-Sud en raison d'effets orographiques sévères. Les records mondiaux sont indiqués pour comparaison.

Le plus long cours d'eau est le fleuve Waikato (425 km, 13 700 km²) sur l'Île-du-Nord tandis que celui au plus fort débit moyen est la Clutha (614 m³/s, 21 960 km²) sur l'Île-du-Sud. Duncan et Woods (2004) indiquent les étendues de débit spécifique moyen suivantes : pour l'Île-du-Nord, de 8 à 101 L/s/km² (soit de 290 mm à 3 190 mm) pour les fleuves Porangahau et Otaki, respectivement, mais 34 L/s/km² (1070 mm) pour la plupart des bassins, ce qui traduit la relative homogénéité de la distribution spatiale des précipitations sur l'île ; pour l'Île-du-Sud, l'étendue est plus large, de 6,7 à 310 L/s/km² (soit de 210 mm à 9840 mm) pour la rivière Hakataramea (affluent du Waitaki) et le fleuve Whataroa, respectivement. De tels débits spécifiques moyens de près de 10 m ne sont pas du tout exceptionnels, comme par exemple 8700 mm pour le fleuve Hokitika à Colliers Creek (352 km²).

Doyle (2012) propose les records de débit de crue listés dans le Tableau 2. On note des débits spécifiques de pointe très élevés pour la taille relativement grande de certains bassins-versants.

A l'heure actuelle, on recense 845 stations actives avec une chronique de débit, opérées soit par le NIWA soit par les conseils régionaux et de district (Figure 5). A titre de

Tableau 1 : Records d'intensité de précipitation en Nouvelle-Zélande (Doyle, 2012, d'après données NIWA) et dans le monde (OMM¹, Global Weather & Climate Extremes Archive, consulté le 24/01/2017).

Intervalle de temps	Précipitation record Nouvelle-Zélande [mm]	Précipitation record mondial [mm]
1 heure	134	305 (Holt, Missouri, USA, 1947)
24 heures	682	1825 (Cilaos, La Réunion, 1966)
48 heures	1 049	2493 (Cherrapunji, India, 1995)
1 mois	2 927	
12 mois	18 442	26 470 (Cherrapunji, India, 1860-1861)

1. <https://wmo.asu.edu/content/world-meteorological-organization-global-weather-climate-extremes-archive>

Tableau 2 : Recensement de crues remarquables en Nouvelle-Zélande (d'après Doyle, 2012).

Cours d'eau	Région (South Island / North Island)	Débit de pointe [m ³ /s]	Surface du bassin-versant [km ²]	Débit de pointe spécifique [m ³ /s/km ²]
Buller	West Coast (SI)	8 500	6 350	1,34
Haast	West Coast (SI)	6 330	1 020	6,21
Grey	West Coast (SI)	5 680	3 830	1,48
Rakaia	Canterbury (SI)	5 640	2 520	2,24
Wairau	Marlborough (SI)	5 000	3 430	1,46
Arawata	West Coast (SI)	4 780	971	4,92
Clutha	Otago (SI)	4 580	20 582	0,22
Taramakau	West Coast (SI)	4 560	863	5,29
Wanganui	Manawatu-Wanganui (NI)	4 100	6 643	0,62
Waimakariri	Canterbury (SI)	3 990	3 210	1,24
Whataroa	West Coast (SI)	3 950	445	8,88
Aorere	Tasman (SI)	3 560	573	6,21
Manawatu	Manawatu-Wanganui (NI)	3 515	3 900	0,90
Waiau	Southland (SI)	3 330	8 134	0,41
Karamea	West Coast (SI)	3 170	1 160	2,73

comparaison, cela représente 1 station pour 320 km² et pour 5 600 habitants environ, contre 1 station pour 160 km² et pour 18 500 habitants environ en France métropolitaine. La superficie de la Nouvelle-Zélande est environ la moitié de celle de la France métropolitaine mais la population n'est que de 4,7 millions (18 habitants/km²) contre 64,5 millions (117 habitants/km²) en France métropolitaine. Le risque inondation est bien entendu un enjeu important mais il est largement concurrencé par les autres risques naturels très dommageables (séismes, tsunamis, glissements de terrain, volcans...). Les enjeux de la connaissance des ressources en eau pour l'hydro-électricité (qui représente la moitié de la production énergétique nationale) et pour l'agriculture (premier secteur économique avec le tourisme) sont très forts.

En Nouvelle-Zélande, les enregistrements hydrométriques ont commencé dès les années 1900, quand les niveaux des lacs ont été suivis pour évaluer le potentiel de production hydro-électrique (Pearson, 1998). Puis les principaux cours d'eau ont été instrumentés dans les années 1930, avant un développement et une automatisation des relevés dans les années 1960-70. La qualité des chroniques de débit les plus longues a été examinée par McKerchar et Pearson (1997), en croisant les chroniques hydrologiques et météorologiques des stations proches. Cette analyse rétrospective des chroniques patrimoniales a été précieuse pour repérer des erreurs et

proposer des corrections, notamment sur les données du Lac Pukaki alimenté par des glaciers du Mont Cook, qui montraient des incohérences avec les données des lacs adjacents.

Dans les années 1990, le réseau hydrométrique national a connu une importante évolution, suite à la création du NIWA, à la réduction de 20% du budget accordé par l'Etat et au transfert de compétences vers les conseils régionaux et de district. Pearson (1998) explique que les stations les plus stratégiques ont alors été classées par catégories : I-suivi de long-terme, II-recherche/connaissance, III-intérêt commercial (hydro-électricité principalement), IV-couverture du territoire national. Beaucoup de stations étant classées dans plusieurs catégories, une analyse statistique a été développée pour affiner l'évaluation en classant les stations en fonction de leur potentiel de réduction des incertitudes d'échantillonnage des régressions régionales pour prédire les débits d'étiage, moyens et de crue (outil NAUGLS, cf. Pearson 1991, aussi appliqué au réseau hydrométrique de Finlande). Malgré cette approche « rationnelle », les fermetures de station qui ont suivi ont mécontenté de nombreux utilisateurs (hydrologie et habitat écologique surtout) et il ne semblait pas opportun de réduire davantage le réseau.

En réalité, les chiffres extraits de la base SIMS (Henderson, comm. pers., 2017) indiquent une évolution générale du réseau hydrométrique plus ancienne et plus

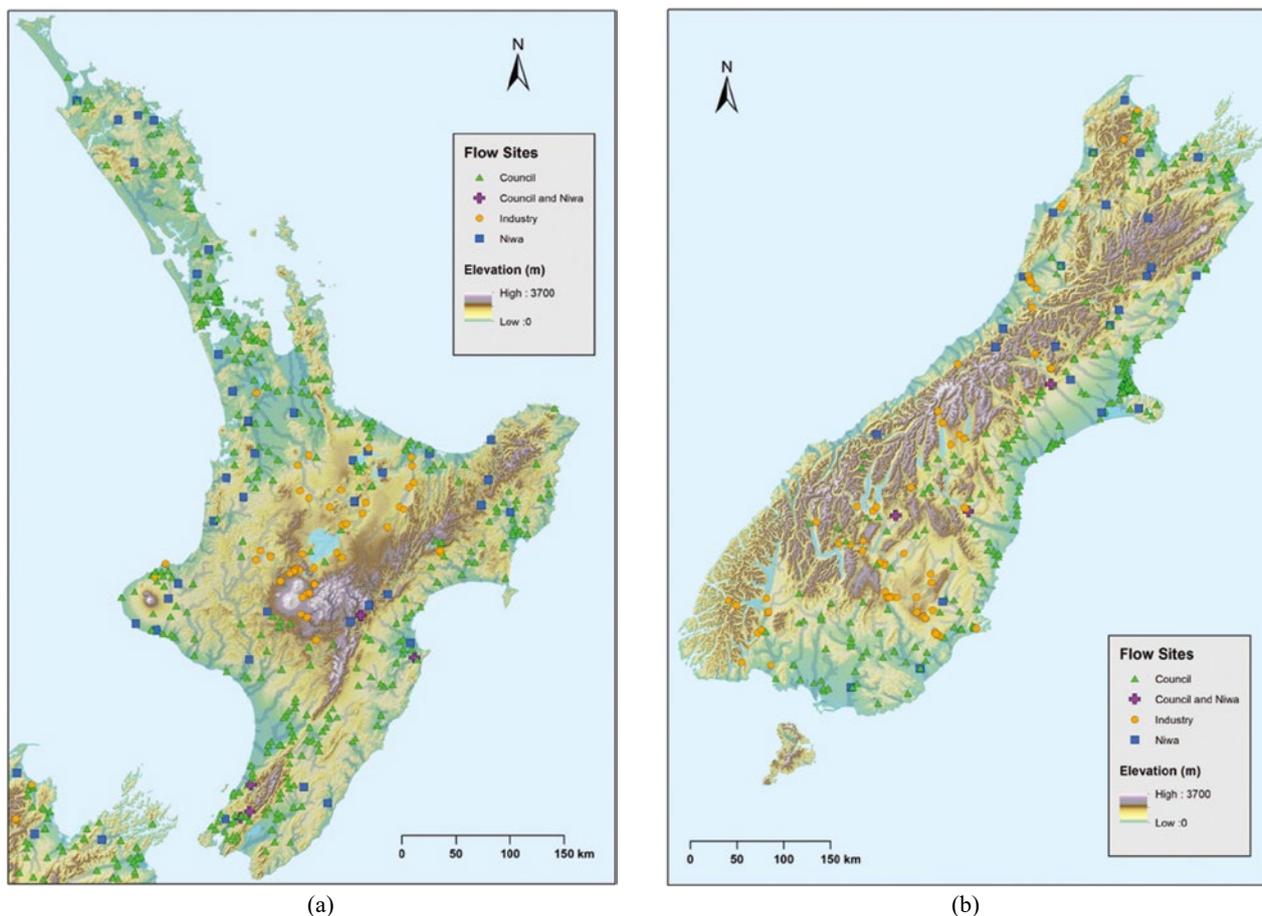


Figure 5 : Carte du réseau actuel de stations de mesure des débits des cours d'eau en Nouvelle-Zélande : (a) Ile-du-Nord, (b) Ile-du-Sud. Les stations sont classées par type de financeur ou propriétaire : NIWA, conseil régional ou de district, les deux en partenariat, ou le secteur économique (hydro-électricité, agriculture, etc.).

contrastée, avec dès le début des années 1980 un tassement de la croissance des effectifs (qui avait été stimulée par la Décennie hydrologique internationale 1965-1974), en faible mais réelle augmentation depuis (Figure 6a). Ce recensement est possible grâce à la base de données cartographique SIMS⁴ (Walter, 2000) qui fournit l'ensemble des points de mesure hydro-météorologiques et de qualité d'eau existant ou ayant existé à travers le pays. La Figure 6b montre que l'évolution du réseau hydrométrique de Nouvelle-Zélande est liée à des changements dans le mode de financement des stations. Les stations financées par la « recherche », ce qui inclut le réseau hydrométrique national – réseau d'Etat opéré par le NIWA, décroissent continûment depuis 1980, bien avant la « rationalisation » de 1994. Cette baisse reflète à la fois la contraction du réseau hydrométrique national et la fermeture de bassins expérimentaux de recherche. A partir de 1975, le réseau des collectivités locales (regional councils et district councils) s'est largement développé, avec des responsabilités décentralisées pour la gestion des ressources en eau et la prévision des inondations (avènement de la Loi sur la gestion des ressources, 1991). Des stations du NIWA ont été reprises par les collectivités locales et le réseau total a pu continuer à augmenter. Les stations financées par le secteur économique (hydro-électricité, irrigation...) croissent continûment mais plus modérément, et deviennent plus nombreuses que celles financées par la recherche au début

des années 2000. Une grande partie d'entre elles sont en fait opérées par le NIWA sur contrat.

La prise de relais par les services d'hydrométrie des Regional Councils est maintenant bien accomplie dans la plupart des régions, avec une importante qualification professionnelle et une homogénéité des pratiques grâce à la formation, à l'animation et à la normalisation au plan national. Cette décentralisation a néanmoins entraîné une certaine diversification des logiciels et des formats de fichier, avec l'abandon progressif des logiciels « maison » (Tideda, TDGauge) pour des solutions commerciales variées (Aquarius, Hydstra, Hilltop). Il n'existe plus véritablement de base de données nationale, certains services régionaux bancarisant eux-mêmes leurs données. Il n'y a pas non plus de site national de diffusion des données temps réel et des prévisions comme Vigicrues en France, mais certains services régionaux ont leur propre site web. Le quotidien The Press annonce les débits de la veille et la tendance à la hausse ou à la baisse, sur la page dédiée à la météo. En l'absence d'un service national de prévision des crues, ce sont les Regional Councils qui assurent le suivi, la prévision et l'alerte, avec des méthodes de prévision variées allant de l'expertise à la modélisation hydrologique (Doyle, 2012).

Dans le cadre de ses programmes scientifiques en Antarctique, la Nouvelle-Zélande a également assuré pendant 25 ans (chaque été depuis l'été 1969-1970) le suivi hydrométrique du plus long cours d'eau (30 km) du continent blanc, l'Onyx situé dans les Vallées sèches de McMurdo, à proximité de la base Scott (Chinn et Mason, 2016). Ce suivi

4. SIMS : Station Information Management System – NIWA (<https://sims.niwa.co.nz/>).

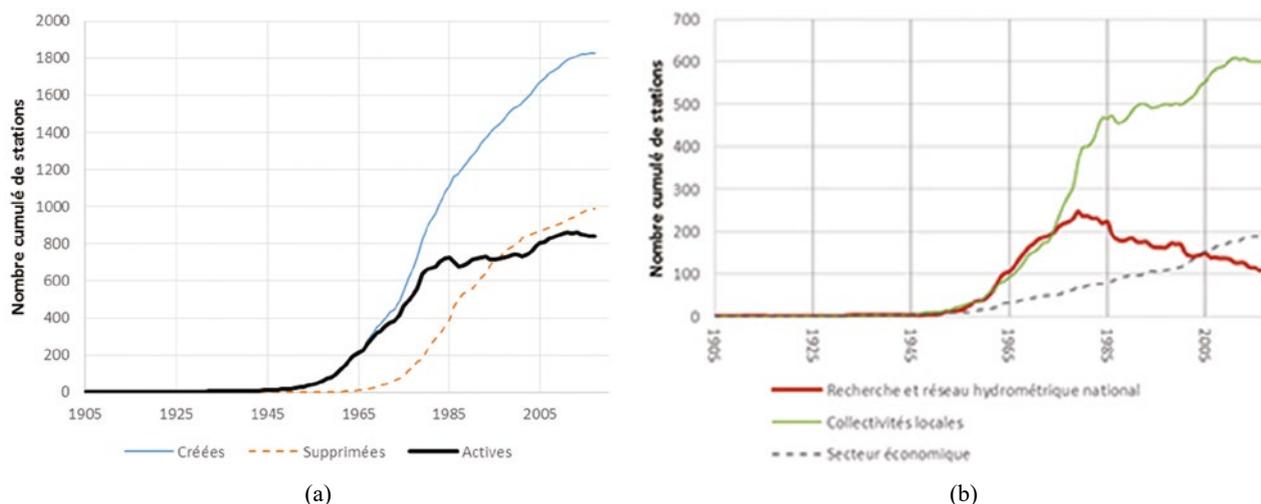


Figure 6 : Evolution du réseau hydrométrique néo-zélandais depuis l'ouverture de la première station en 1905 (Henderson, *comm. pers.*, 2017) : effectifs cumulés (a), répartition par type de financeur (b).

a nécessité la construction et la maintenance de seuils hydrométriques et de capteurs, ainsi que l'exécution de jaugeages dans des conditions météorologiques extrêmes.

III.2. Assurance qualité et normalisation

Un travail important est mené depuis longtemps sur l'assurance qualité et les procédures hydrométriques, au niveau national mais aussi en lien avec des instances internationales comme l'AISH⁵ et l'OMM⁶ (cf. Hudson *et al.*, 1999). Cependant, il est à noter que la Nouvelle-Zélande n'est pas membre du comité TC113 Hydrometry de l'ISO⁷ et a privilégié une approche nationale de la normalisation. L'élaboration collective et la diffusion de normes nationales se fait via une structure nationale, le NEMS⁸ (National Environmental Monitoring Standards). Les documents produits sont génériques mais restent approfondis et de grande qualité. On notera notamment les « normes » disponibles sur la sécurité (NEMS, 2013), la mesure du niveau d'eau, de la turbidité, de la température, les courbes de tarage (NEMS, 2016a) et le système de codes qualité (NEMS, 2016b) et leur application aux séries temporelles de mesures (les chroniques).

Le système de codes qualité mis en place par le NEMS reprend des catégories classiques mais son application est assez originale et précise. Pour chaque paramètre mesuré (dont hauteur d'eau et débit), un logigramme permet de déterminer le code à appliquer, sur la base du processus de mesure et de seuils de tolérance précis. Globalement, les codes correspondent à : lacune (QC100), absence de code qualité ou pas de vérification (QC200), donnée reconstituée (QC300), de mauvaise qualité (QC400), de qualité passable (QC500) et de bonne qualité (QC600).

III.3. La formation

Comme partout ailleurs, la formation sur le tas (« on-the-job training ») et par compagnonnage, est reconnue comme essentielle pour devenir un hydromètre compétent.

Mais une formation nationale diplômante⁹ a aussi été mise en place. Elle permet une certaine reconnaissance du métier. La validation des acquis professionnels est possible.

Autre point intéressant, comme l'USGS¹⁰ avec HydroTube¹¹ et WikHydro en France, le NIWA propose de courtes vidéos de formation, notamment pour les mesures hydrologiques (jaugeage au courantomètre, par ADCP, jaugeage solide, etc.). Ces « eLearning training videos » sont disponibles sur une chaîne YouTube¹².

III.4. L'animation technique nationale et internationale

Bien que petite et séparée en organismes distincts, la communauté hydrométrique néo-zélandaise est remarquablement bien organisée en réseau professionnel et connectée aux niveaux national et international. Sous l'égide de la New Zealand Hydrological Society, les informations techniques sont largement partagées via la e-current newsletter, le séminaire technique annuel (annual technical workshop), en général associé à une intercomparaison ADCP.

Au niveau international, on notera la forte implication dans les instances et les initiatives de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), les Hydrological Advisers de l'OMM pour la Nouvelle-Zélande (Charles Pearson) et pour la Région V South-West Pacific (John Fenwick) étant tous deux au NIWA à Christchurch. Le NIWA est partie prenante d'actions de formation et de coopération technique dans plusieurs états insulaires de la région. La communauté hydrométrique néo-zélandaise est aussi impliquée dans le International Streamflow Rating Curve Project, co-piloté par Martin Doyle (Tasman RC) et lancé en 2014, portant sur les bonnes pratiques opérationnelles pour la construction, la maintenance et la critique des courbes de tarage. Le NIWA est engagé dans une comparaison internationale de laboratoires d'étalonnage des courantomètres. Les hydromètres kiwis sont également bien présents sur le réseau social Yammer¹³ « International Hydrometry Network ».

5. Association internationale des sciences hydrologiques.

6. Organisation météorologique mondiale, dépendant de l'Organisation des nations unies et dont le siège est à Genève.

7. Organisation internationale de normalisation

8. [https://www.lawa.org.nz/learn/factsheets/\(nems\)-national-environmental-monitoring-standards/](https://www.lawa.org.nz/learn/factsheets/(nems)-national-environmental-monitoring-standards/)

9. <https://www.careers.govt.nz/qualifications/view/2344/8105>

10. United States Geological Survey, l'agence fédérale des Etats-Unis qui est notamment en charge du réseau hydrométrique national.

11. <http://water.usgs.gov/hydrotube/>

12. <https://www.youtube.com/user/NIWAeLearning>

13. <https://www.yammer.com/hydroacousticstechnologynetwork>

IV. CONCLUSION

L'hydrométrie opérationnelle néo-zélandaise est impressionnante d'inventivité, de rigueur et d'efficacité avec une approche très positive et pragmatique (« problem-solving attitude »). J'espère que ce bref retour d'expérience, à travers un regard étranger et forcément partiel et incomplet, pourra être une source d'inspiration et de réflexion pour les hydromètres des autres pays.

V. REMERCIEMENTS

Le séjour scientifique d'un an de J. Le Coz au NIWA à Christchurch, en Nouvelle-Zélande (projet AWATERE, 2015-2016) a été financé par Irstea et le NIWA (National Institute of Water and Atmosphere Research of New Zealand). Le projet PHC Dumont D'Urville 34185SH (2015-2016) a été financé par le ministère des Affaires étrangères et européennes et le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. La New Zealand Hydrological Society (NZHS) est chaleureusement remerciée pour m'avoir permis de participer au Technical Workshop et à l'inter-comparaison ADCP de Gisborne (2016) et au Rating Curve Workshop de Christchurch (2016). Je remercie vivement tous les excellents professionnels de l'hydrométrie que j'ai rencontrés en Nouvelle-Zélande, en particulier Martin Doyle (Tasman Regional Council), Mike Ede (Marlborough RC), Marianne Watson (Hydronet), Brent et Jeff Watson (Horizons RC), Thomas Wilding (Hawkes Bay RC), Paul Hannah (Otago RC), Andrew Willsman, Evan Baddock, Martin Robertson, John Fenwick, Marty Flanagan, Mike Bargh, Graeme Smart, Grant Thyne, Charles Pearson, Alistair McKerchar, Kathy Walter (NIWA) et de très nombreux autres professionnels à travers le pays. Kathy Walter et Julian Sykes (NIWA) ont produit la carte du réseau hydro-métrique actuel (Figure 5). Roddy Henderson (NIWA) a extrait de la base SIMS les données nécessaires à la constitution de la Figure 6.

VI. RÉFÉRENCES

CHINN, T. ET MASON, P. (2016) — The first 25 years of the hydrology of the Onyx River, Wright Valley, Dry Valleys, Antarctica. *Polar Record*, **52(262)**, 16-65.

DESPAX, A. (2016) — *Incertitude des mesures de débit des cours d'eau au courantomètre. Amélioration des méthodes analytiques et apports des essais interlaboratoires*. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes, 273 p.

DESPAX, A., PERRET, C., GARÇON, R., HAUET, A., BELLEVILLE, A., LE COZ, J. ET FAVRE, A.-C. (2016) — Considering sampling strategy and cross-section complexity for estimating the uncertainty of discharge measurements using the velocity-area method. *Journal of Hydrology*, **533**, 128-140.

DOYLE, M. (2012) — Floods and Flood Warning in New Zealand. *Korean Water Resources Association annual conference*, Kangwon Land, Corée-du-Sud.

DROST, H. (1963) — Velocity head rod for measuring stream flow. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **2**, 7-11.

DUNCAN, M., WOODS, R. (2004) — Chapter 7. Flow regimes. *Freshwaters of New Zealand*, Edited for the New Zealand Hydrological Society and New Zealand Limnological Society by Jon Harding, Paul Mosley, Charles Pearson, & Brian Sorrell.

FONSTAD, M.A., REICHLING, J.P., VAN DE GRIFT, J.W. (2005) — The transparent velocity-head rod for inexpensive and accurate measurement of stream velocities. *Journal of Geoscience Education*, **53(1)**, 44-52.

HANNAH, P. (2014) — Heli-gauging flood flows. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **53(2)**, 163-173.

HICKS, D.M., ET MASON, P.D. (1998) — *Roughness characteristics of New Zealand rivers*. NIWA, 327 p.

HUDSON, H., MCMILLAN, D., PEARSON, C. (1999) — Quality assurance in hydrological measurement. *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques*, **44**, 825-834.

IBBITT, R., PEARSON, C. (1987) — Gauging frequency and detection of rating changes (New Zealand). *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques*, **32**, 85-103.

MCMILLAN, H.K., BOOKER, D.J., CATTOËN, C. (2016) — Validation of a national hydrological model. *Journal of Hydrology*, **541**, 800-815.

MCKERCHAR, A., PEARSON, C. (1997) — Quality of long flow records for New Zealand rivers. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **36**, 15-41.

MAGIRL, C., GARTNER, J., SMART, G., WEBB, R. (2009) — Water velocity and the nature of critical flow in large rapids on the Colorado River, Utah. *Water Resources Research*, **45**.

MANSANAREZ, V. (2016) — *Non unique stage-discharge relations: Bayesian analysis of complex rating curves and their uncertainties*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes.

NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING STANDARDS (2013) — *Safe Acquisition of Field Data in and Around Fresh Water. Code of Practice*. Version: 1.1, 37 p.

NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING STANDARD (2016a) — *Rating Curves. Construction of stage-discharge and velocity-index ratings*. Version: 1.0, 154 p.

NATIONAL ENVIRONMENTAL MONITORING STANDARD (2016b) — *National Quality Code Schema*, Version: 2.0, 15 p.

PAGE, C.F. (1994) — *Manawatu at Fitzherbert. Summary document to the processing of the Manawatu River at Fitzherbert. Water levels and flow records (TIDEDA site number 32502)*. Manawatu Wanganui Regional Council. Report Number 94/EXT/160.

PEARSON, C. (1991) — Comparison and use of hydrological network design aids NARI and NAUGLS. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **30(2)**, 93-107.

PEARSON, C. (1998) — Changes to New Zealand's national hydro-metric network in the 1990s. *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **37**, 1-17.

PIKE, R.G., REDDING, T.E., SCHWARZ, C.J. (2016) — Development and testing of a modified transparent velocity-head rod for stream discharge measurements. *Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques*, **41(3)**, 372-384.

RITTER, C. (1892) — Instruments nouveaux et procédés auxiliaires de jaugeage des eaux courantes. *Annales des Ponts et Chaussées – Mémoires et documents*, **7ème série, Tome III** – 1892 1^{er} semestre, 805-879.

SMART, G. (1991) — A P.O.E.M. on the Waiho (electronic gauging of rivers). *Journal of Hydrology (New Zealand)*, **30**, 37-44.

TASMAN REGIONAL COUNCIL (2015) — *Safe operation procedure for wading gaugings*, 5 p.

WALTER, K. (2000) — *Index to hydrological recording sites in New Zealand*. NIWA. Technical report, 216 p.

WILM, H.G., STOREY, H.C. (1944) — Velocity head rod calibrated for measuring stream flow. *Civil Engineer*, **14**, 475-476.