

Annexe en ligne : analyse statistique

Les données présentées dans le tableau 1 proviennent de deux sources : Toby Pike (SEKID : données sur l'utilisation d'eau, superficie des terres visées par un permis d'irrigation et antécédents en matière de politiques sur l'utilisation de compteurs, la conscientisation et la tarification) et Denise Neilsen (AAFC Kelowna : indice de déficit en eau calculé à partir de données recueillies à Kelowna en utilisant le modèle de Penman-Monteith, avec corrélation étroite aux résultats de Penman-Monteith).

L'analyse a procédé en quatre étapes :

- 1) Élimination de la tendance due à l'augmentation de la superficie des terres visées par un permis d'irrigation dans le temps, obtenue en divisant l'eau utilisée par la superficie des terres visées par un permis d'irrigation pour obtenir une estimation de l'eau utilisée par unité de superficie des terres visées par un permis d'irrigation (tableau 1, figure 1).
- 2) Analyse d'étalonnage par régression simple des données sur la consommation d'eau de 1977 à 1993 par unité de superficie des terres visées par un permis d'irrigation comparativement au déficit en eau estimé (tableaux 1 et 2, figure 2).
 - Trois années marquées par un déficit en eau supérieur d'une mesure de déviation standard à la moyenne pour la période (c'est-à-dire des années de précipitations exceptionnellement fortes) ont été exclues de l'analyse d'étalonnage parce qu'elles constituent manifestement des valeurs aberrantes dans le rapport entre le climat et l'utilisation d'eau (c'est-à-dire que la consommation d'eau n'a pas diminué autant, ces années-là, que seules les conditions climatiques auraient permis de le prévoir, probablement parce que les irrigateurs ont pour pratique d'irriguer leurs terres à un certain niveau de base, même lorsque les pluies sont abondantes).
 - La régression obtenue présente des degrés de liberté ajustés, $r^2 = 0,67$, ce qui indique une variation de 67 % de l'utilisation d'eau pendant la période d'étalonnage qui est attribuable uniquement au climat.
 - Les valeurs résiduelles de l'analyse de régression simple montrent une nette tendance à la baisse de l'utilisation de l'eau pendant la période d'étalonnage, soit 1977 à 1993 (figure 3).
 - Divers facteurs ont pu causer ce recul, par exemple des terres qui seraient consacrées à une utilisation consommant moins d'eau que celle auparavant autorisée, la poussée de l'urbanisation entraînant une baisse de l'irrigation réelle par unité de superficie des terres, l'adoption de

technologies plus efficaces, le passage à des cultures exigeant moins d'eau, d'autres facteurs inconnus ou la combinaison d'au moins deux des facteurs susmentionnés.

- 3) Analyse de régression multiple fondée sur la période d'étalonnage de 1977 à 1993, soit régression de l'eau utilisée par unité de superficie des terres par rapport au déficit en eau estimé et à l'année (années après 1976) (tableaux 1 et 3, figure 2).
 - Cette analyse donne un coefficient de corrélation fort (degrés de liberté ajustés, $r^2 = 0,75$, ce qui indique que 75 % de la variation de l'utilisation d'eau par unité de superficie des terres pendant la période visée sont attribuables uniquement à ces deux facteurs).
 - Les valeurs résiduelles de cette analyse de régression multiple montrent une nette tendance à la baisse de l'utilisation de l'eau pendant la période d'étalonnage, soit 1977 à 1993 (figure 3).
- 4) Utilisation de la fonction de régression obtenue pour prévoir l'utilisation d'eau par unité de superficie des terres pour la période de 1994 à 2004 en se basant uniquement sur la tendance déterminée sur la période avant 1994, soit avant l'installation de compteurs (tableau 1, figure 4).
 - Cette analyse a donné lieu à une courbe d'utilisation prévue qui se rapproche étroitement de la courbe d'utilisation réelle, sauf pour les années après 2000, soit après l'entrée en vigueur du programme de tarification.
 - On ne constate pas de changement manifeste quant aux valeurs résiduelles avec l'installation de compteurs en 1994; cependant, on remarque un déclin net au moment de l'entrée en vigueur en 2001 des tarifs augmentant par blocs pour les utilisateurs consommant plus que leur volume de base alloué (figure 5).

Ces analyses permettent de conclure que l'installation de compteurs et les programmes de conscientisation n'ont pas eu d'effet profond au-delà de la « dynamique des affaires comme d'habitude » tandis que la tarification a eu une incidence profonde. En revanche, les compteurs et les mesures de conscientisation ont pu influencer la réussite du programme de tarification. La mise en œuvre progressive du programme de tarification, soit son lancement avec une promesse de non-augmentation des tarifs pendant les cinq premières années de son existence, doublée de mesures de conscientisation ont pu aider les arroseurs à accepter le programme de tarification et à se préparer en conséquence. De surcroît, les tarifs punitifs au volume augmentant par blocs exigés des utilisateurs consommant plus que leur volume de base alloué, entrés en vigueur en 2001, font forcément intervenir des compteurs.

Le nombre d'utilisateurs consommant plus que leur volume de base alloué a accusé un recul important en 2004 (figure 6). Par contre, il s'agit là d'une année de pluies relativement abondantes par rapport aux trois autres années pour lesquelles on dispose de chiffres.

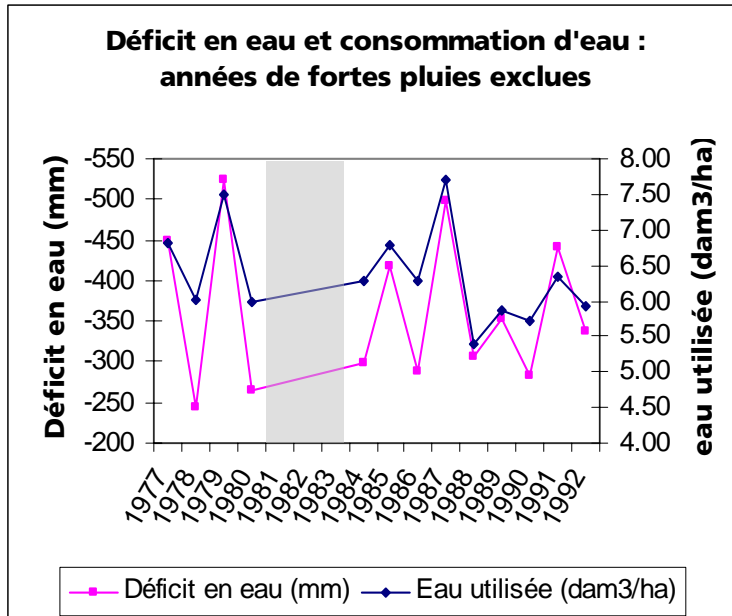


Figure 1. Déficit en eau et consommation d'eau. La période d'étalonnage de l'analyse de régression va de 1977 à 1993 avec exclusion des années de fortes pluies (1981, 1982, 1983, 1993). Le parallélisme est évident quoique l'on observe une augmentation à long terme du déficit en eau et un déclin à long terme de la consommation d'eau.

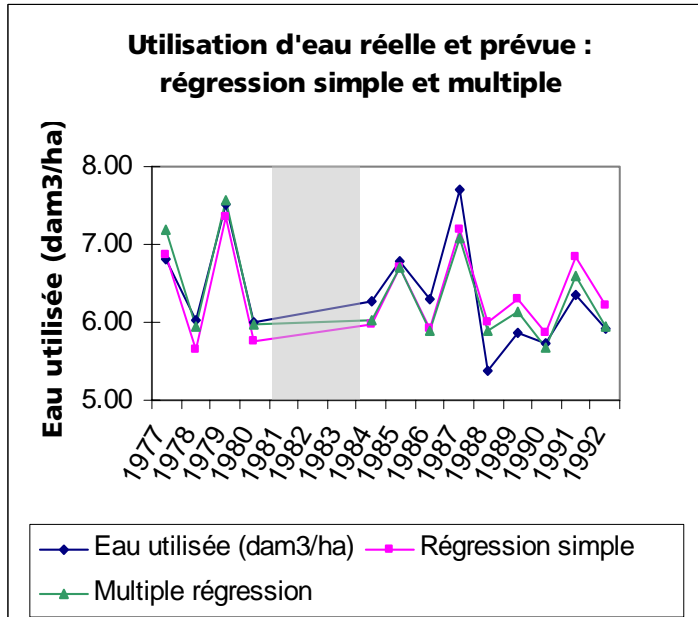


Figure 2. Utilisation d'eau réelle et prévue pendant la période d'étalonnage. La régression multiple suit plus étroitement l'utilisation d'eau réelle.

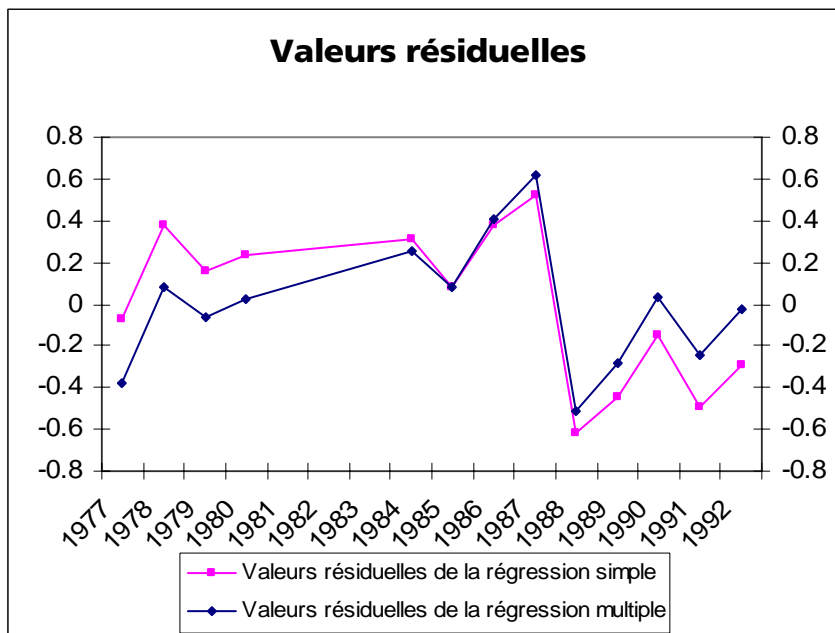


Figure 3. Valeurs résiduelles des deux régressions. Les valeurs résiduelles de la régression multiple sont inférieures à celles de la régression simple. La tendance temporelle est claire dans les deux cas.

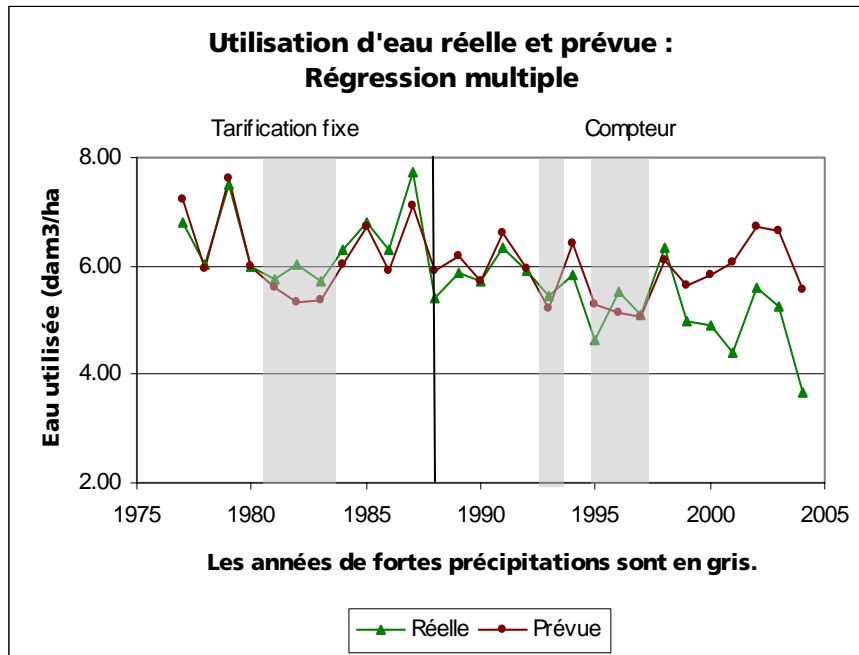


Figure 4. La régression multiple donne une fonction qui peut être utilisée pour prévoir l'utilisation d'eau sur la période d'emploi de compteurs et de tarification en se fondant uniquement sur les tendances et les rapports dégagés pendant la période d'étalonnage. La régression est un outil de prévision puissant de l'utilisation de l'eau jusqu'à l'entrée en vigueur de la tarification.

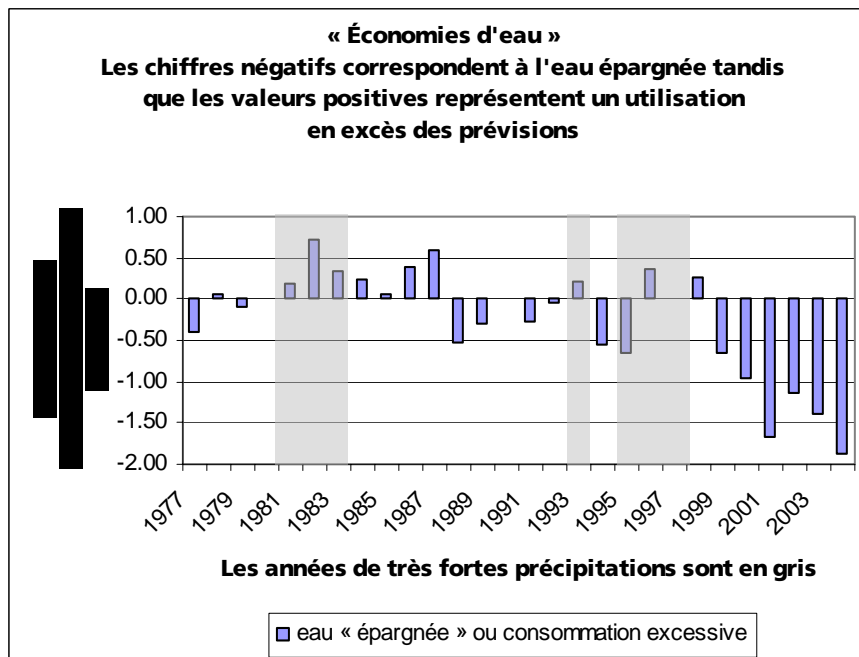


Figure 5. Les valeurs résiduelles de la régression multiple projetées sur la période d'utilisation de compteurs et de tarification ne montrent aucun changement réel du rapport entre l'utilisation d'eau et les conditions climatiques après l'installation de compteurs, mais révèlent une forte incidence de la tarification.

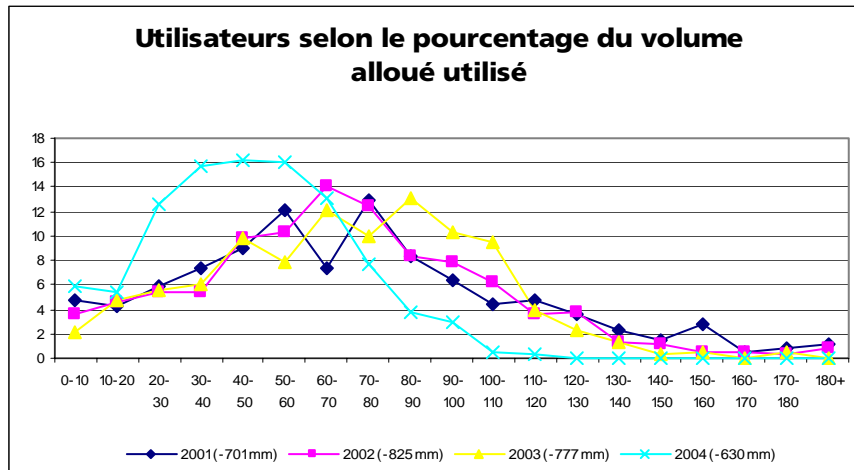


Figure 6. Le pourcentage d'utilisateurs dépassant leur volume alloué a diminué en 2004, soit l'année de plus fortes pluies des quatre pour lesquelles on dispose de données.

Sécheresse et consommation d'eau dans le SEKID							
Année	Déficit en eau à Kelowna (mm)	Superficie des terres visées par des droits dans le SEKID (ha)	Consommation d'eau dans le SEKID (dam³/ha)	Utilisation prévue (régression simple; dam³/ha)		Utilisation prévue (régression multiple; dam³/ha)	
					Valeurs résiduelles		Valeurs résiduelles
1977	-447,6	1793	6,81	6,88	-0,07	7,22	-0,41
1978	-244,3	1827	6,02	5,64	0,38	5,96	0,06
1979	-524,6	1828	7,50	7,35	0,15	7,60	-0,10
1980	-264,2	1832	6,00	5,76	0,24	6,00	0,00
1981	-202,0	1880	5,77	5,38	0,39	5,58	0,19
1982	-166,6	1884	6,04	5,17	0,88	5,33	0,71
1983	-179,8	1892	5,71	5,25	0,46	5,37	0,34
1984	-298,7	1904	6,28	5,97	0,31	6,04	0,24
1985	-419,0	1923	6,78	6,71	0,08	6,72	0,06
1986	-289,3	1941	6,29	5,91	0,38	5,91	0,38
1987	-498,4	1961	7,71	7,19	0,52	7,12	0,59
1988	-305,1	1971	5,39	6,01	-0,62	5,92	-0,53
1989	-352,9	1973	5,86	6,30	-0,44	6,17	-0,31
1990	-282,2	2012	5,72	5,87	-0,15	5,70	0,02
1991	-441,8	2054	6,35	6,84	-0,49	6,62	-0,27
1992	-337,9	2077	5,92	6,21	-0,30	5,96	-0,04
1993	-221,4	2091	5,44	5,50	-0,06	5,22	0,22
1994	-424,6	2154	5,84	6,74	-0,90	6,40	-0,56
1995	-246,8	2156	4,65	5,66	-1,01	5,29	-0,64
1996	-230,1	2155	5,51	5,55	-0,04	5,15	0,36
1997	-224,4	2153	5,08	5,52	-0,44	5,08	0,01
1998	-399,9	2240	6,35	6,59	-0,24	6,09	0,26
1999	-328,7	2240	4,98	6,16	-1,18	5,62	-0,65
2000	-371,5	2269	4,89	6,42	-1,53	5,84	-0,95
2001	-416,1	2274	4,41	6,69	-2,28	6,07	-1,66
2002	-532,9	2276	5,60	7,40	-1,80	6,73	-1,13
2003	-527,2	2278	5,26	7,37	-2,11	6,65	-1,39
2004	-349,0	2282	3,67	6,28	-2,61	5,54	-1,87

Tableau 1. Tableau de données présentant les résultats du modèle de régression et les valeurs résiduelles. Les années de très fortes précipitations sont indiquées en gris et ont été exclues de l'analyse.

**RÉSULTATS RÉSUMÉS DE LA RÉGRESSION
SIMPLE**

Formule : consommation d'eau (dam³/ha) = 4,15 dam³/ha – 0,0061 (mm*dam³/ha)*déficit en eau (mm)

<i>Statistiques de régression</i>	
Multiple de R	0,84
R au carré	0,70
R au carré rajusté	0,67
Erreur type	0,39
Observations	13

Analyse de variance					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Signification F</i>
Régression	1	3,8877	3,8877	25,5540	0,0004
Résidu	11	1,6735	0,15214		
Total	12	5,56119			

	<i>Coefficients</i>	<i>Erreur type</i>	<i>t stat</i>	<i>Valeur prédictive</i>	<i>95 % inférieurs</i>	<i>95 % supérieurs</i>
Intersection	4,15232	0,4490	9,24720	1,6 x10 ⁻⁶	3,16	5,1406335
X variable 1	-0,0061	0,0012	-5,0551	0,0004	-0,0087	-0,00343598

**RÉSULTATS ASSOCIÉS AUX
VALEURS RÉSIDUELLES**

<i>Année</i>	<i>Consommation d'eau prévue</i>	<i>Valeurs résiduelles</i>	<i>Valeurs résiduelles types</i>
1977	6,88	-0,07	-0,19
1978	5,64	0,38	1,01
1979	7,34	0,16	0,42
1980	5,76	0,24	0,64
1984	5,97	0,31	0,83
1985	6,70	0,08	0,21
1986	5,91	0,38	1,01
1987	7,19	0,52	1,40
1988	6,01	-0,62	-1,66
1989	6,30	-0,44	-1,18
1990	5,87	-0,15	-0,39
1991	6,84	-0,49	-1,31
1992	6,21	-0,29	-0,79

Tableau 2. Résultats résumés de l'analyse de régression simple.

RÉSULTATS RÉSUMÉS DE LA RÉGRESSION MULTIPLE

Formule : consommation d'eau (dam³/ha) = 4,57 – 0,04(années*dam³/ha)*année(années) – 0,006(mm*dam³/ha)*déficit en eau(mm)

<i>Statistiques de régression</i>	
Multiple de R	0,89
R au carré	0,79
R au carré rajusté	0,75
Erreur type	0,34
Observations	13

Analyse de variance

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Signification F</i>
Régression	2	4,3823	2,1912	18,5868	0,0004
Résidu	10	1,1789	0,1179		
Total	12	5,5612			

	<i>Coefficients</i>	<i>Erreur type</i>	<i>t stat</i>	<i>Valeur prédictive</i>	<i>95 % inférieurs</i>	<i>95 % supérieurs</i>
Intersection	4,5649	0,4436	10,2900	12 x 10 ⁻⁶	3,58	5,5534
X Variable 1	-0,0397	0,0194	-2,0483	0,0677	-0,083	0,0035
X Variable 2	-0,0059	0,0011	-5,5945	0,0002	-0,0083	-0,0036

RÉSULTATS ASSOCIÉS AUX VALEURS RÉSIDUELLES

<i>Année</i>	<i>Consommation d'eau prévue</i>	<i>Valeurs résiduelles</i>	<i>Valeurs résiduelles types</i>
1977	7,18	-0,38	-1,21
1978	5,94	0,08	0,25
1979	7,56	-0,06	-0,19
1980	5,98	0,02	0,07
1984	6,02	0,26	0,82
1985	6,70	0,08	0,27
1986	5,89	0,40	1,29
1987	7,09	0,62	1,98
1988	5,90	-0,51	-1,63
1989	6,15	-0,29	-0,92
1990	5,69	0,04	0,12
1991	6,59	-0,24	-0,77
1992	5,94	-0,02	-0,07

Tableau 3. Résultats résumés de l'analyse de régression multiple.