

Changement climatique et ressources en eau au Kirghizstan

L'exemple du bassin du lac Issyk-Koul

Larisa Bažanova et Bakyt Ėrmenbaev

Traducteur : Fabien Rothey



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/asiacentrale/3091>
ISSN : 2075-5325

Éditeur

Éditions De Boccard

Édition imprimée

Date de publication : 22 décembre 2015
Pagination : 59-74
ISBN : 978-2-84743-131-5
ISSN : 1270-9247

Référence électronique

Larisa Bažanova et Bakyt Ėrmenbaev, « Changement climatique et ressources en eau au Kirghizstan », *Cahiers d'Asie centrale* [En ligne], 25 | 2015, mis en ligne le 22 décembre 2016, consulté le 24 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/asiacentrale/3091>

Changement climatique et ressources en eau au Kirghizstan : l'exemple du bassin du lac Issyk-Koul

Larisa BAŽANOVA et Bakyt ÈRMENBAEV*

Si, à l'heure actuelle, différents points de vue s'opposent sur les changements climatiques, allant du réchauffement au refroidissement (on parle même parfois de petit âge glaciaire), les méthodes instrumentales de contrôle indiquent sans ambiguïté un réchauffement global de la planète. Le marqueur principal du réchauffement climatique est la hausse de la température annuelle moyenne globale de l'air, qui s'est nettement fait sentir à partir des années 1970-1980. L'importance du réchauffement global actuel dépend de l'augmentation du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère, déterminée par la méthode du bilan énergétique (Budyko, 1978 ; Menžulin, 2002).

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat prévoit que la température moyenne de la planète au siècle prochain augmentera de 1,5 à 4,5°C si l'activité humaine entraîne un doublement des émissions de gaz carbonique dans l'atmosphère. D'après ces experts, depuis le début du XXI^e siècle, la température de la Terre a augmenté de 0,8°C, elle augmentera de 1,5°C au cours de la prochaine décennie, et de 4°C d'ici la

* Larisa Bažanova, directrice du laboratoire des ressources hydriques et de l'hydroélectricité de l'Institut des problèmes hydriques et de l'hydroélectricité de l'Académie nationale des sciences de la République kirghize. Contact : larisavas@mail.ru

Bakyt Èrmenbaev, directeur du laboratoire de glaciologie du centre scientifique de haute montagne de l'Institut des problèmes hydriques et de l'hydroélectricité de l'Académie nationale des sciences de la République kirghize. Contact : b.ermenbaev@mail.ru

fin du siècle (GIEC, 2008). Cette hausse du régime de température entraînera un changement radical de l'environnement et de la géographie humaine.

Cet article porte sur le bassin du lac Issyk-Koul en particulier pour les raisons suivantes : ce bassin est encaissé entre des montagnes et réagit vivement à tous les facteurs climatiques et anthropiques, et à leurs variations. C'est précisément le bilan hydrologique du lac qui donne une représentation claire de tous les changements thermiques en cours et, par conséquent, du cycle de l'eau (augmentation ou diminution) à l'intérieur de la dépression, lequel se reflète dans la variation du niveau du lac.

Les principales caractéristiques du bassin du lac Issyk-Koul

Le bassin endoréique du lac Issyk-Koul occupe la partie nord-est du Kirghizstan. Étendue d'ouest en est, donc dans le sens latitudinal, la dépression de l'Issyk-Koul est délimitée par des chaînes de montagnes. Au sud, le Terskej Ala-Too, d'une longueur de 375 km, culmine à 5 216 m au pic Karakol. L'altitude de la chaîne est en moyenne de 3 000 m. Au nord, le Kûngej Ala-Too s'étend sur une longueur de 280 km, et son altitude maximale s'élève à 4 771 m au pic Čok-Tal. À l'ouest et à l'est, l'altitude des chaînes baisse à 3 000 m. À l'ouest, la dépression de l'Issyk-Koul rejoint la vallée du Ču par l'étroite gorge de Boom. À l'est, elle donne sur le Kazakhstan par le petit col du San-Taš (400 m au-dessus du niveau du lac).

De nombreux cours d'eau prennent leur source sur les versants de ces chaînes montagneuses et se déversent dans la dépression lacustre. Néanmoins, beaucoup ne parviennent pas au lac sous la forme d'un écoulement de surface : ils sont utilisés pour l'irrigation et s'infiltrent dans l'épaisseur détritique meuble des dépôts quaternaires. C'est la raison pour laquelle les stations hydrologiques installées sur les rivières à la sortie des gorges mesurent l'écoulement de la zone de formation. Le bassin du lac Issyk-Koul, qui s'étend sur 252 km de long et 146 km de large, a une superficie totale de 22 100 km². Cette surface recouvre le piémont (3 092 km²) et la bordure montagneuse (12 741 km²) où se forme l'écoulement superficiel. Le lac Issyk-Koul possède quant à lui les caractéristiques suivantes : une longueur de 178 km, une largeur de 60,1 km, une superficie de 6 247 km², et un volume d'eau de 1 738 km³. La profondeur moyenne du lac dépasse de trois fois celle de la mer baltique (Romanovskij *et al.*, 2014).

La dépression de l'Issyk-Koul est située dans une zone climatique tempérée, au centre du grand continent eurasiatique. À l'ouest et au nord, ce territoire jouxte la région désertique continentale de l'Asie centrale, mais en est protégé par une chaîne de hautes montagnes. Les facteurs principaux concourant au climat de la dépression sont l'altitude (le niveau du lac est à 1 607 m) et l'isolement orographique. Elle s'explique également par l'immense masse d'eau de ce lac qui ne gèle jamais, accumulant une réserve de chaleur significative pendant l'été qu'elle émet pendant l'hiver.

C'est pour cette raison que, loin des mers et des océans, à proximité immédiate de terres désertiques, le bassin du lac Issyk-Koul jouit d'un climat océanique. Ce lac revêt une grande importance pour le développement économique du pays : c'est son principal pôle touristique. Le microclimat plus tempéré de la dépression, l'air de la montagne et l'eau pure du lac attirent vacanciers et investisseurs, qui développent avec succès des activités balnéaires touristiques et thérapeutiques (voir carte en Annexe n° 7).

Le bilan hydrologique du lac Issyk-Koul reflète les variations de tous les facteurs participant à la formation de ses affluents : les facteurs naturels sont l'écoulement des rivières, les précipitations atmosphériques, les eaux souterraines, l'évaporation du plan d'eau du lac ; les facteurs anthropiques sont les prélèvements d'eau pour l'irrigation, les pertes par évaporation dans les champs irrigués, les prélèvements liés aux diverses activités domestiques et les variations relevant de l'activité économique.

L'influence du changement climatique sur le bassin du lac Issyk-Koul

Des données précises nous permettent de mesurer les effets du changement climatique sur le bassin et d'estimer son influence sur les ressources en eau et sur le régime hydrologique des rivières ; l'on peut également en déduire le niveau et le bilan hydrologique du lac. L'analyse a été menée à l'aide des données de l'Agence d'hydrométéorologie, mais également à partir d'enquêtes de terrain. Nous examinerons ici les tendances actuelles des éléments du cycle hydrologique et les scénarios prévisionnels du changement climatique, ainsi que leur influence sur les ressources hydriques, le régime hydrologique et la consommation d'eau.

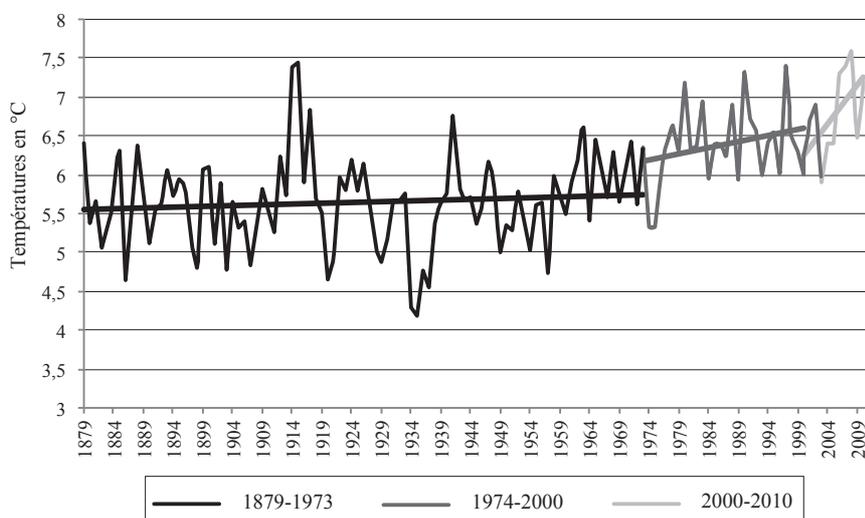
Les variations de température et de précipitations

L'analyse du changement climatique (température et précipitations) a été effectuée à partir des données enregistrées par six stations météorologiques en activité sur le bassin, et situées à différentes altitudes : sur la frange littorale, en zone de piémont, et en zone montagneuse (Tableau n° 5).

Tableau 5
Liste des stations météorologiques

N°	Station	Altitude	Périodes d'observation
1	Balykčy	1 660 m	1931-2012
2	Čolpon Ata	1 645 m	1929-2012
3	Karakol	1 716 m	1879-1996, 2007-2012
4	Kyzyl Suu	2 555 m	1951-2012
5	San Taš	2 320 m	1963-1998, fermée
6	Čon Ašu	2 980 m	1969-2005, fermée

Figure 6
Tendance et évolution des températures moyennes annuelles à la station météorologique de Karakol (1879-2010)



Note : Entre 1879 et 2010, la température a augmenté de 1,5°C.

L'analyse des paramètres climatiques dans le bassin indique clairement une tendance à l'augmentation de la température et de l'évaporation moyennes annuelles. La hausse la plus rapide des températures a lieu après

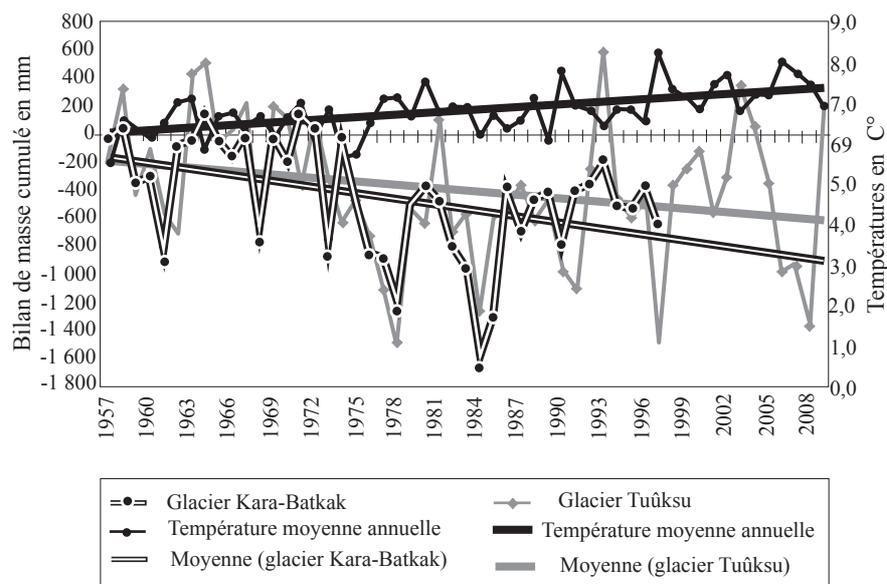
1972, et tout particulièrement après l'année 2000 (Figure n° 6). Si l'on retient l'hypothèse d'une poursuite de cette augmentation de la température de l'air dans le futur, la température en 2020 serait de 0,8°C supérieure à celle mesurée en 2000 par les stations météorologiques du bassin du lac Issyk-Koul. En revanche, l'analyse des précipitations annuelles dans les stations météorologiques du bassin ne montre pas de variations significatives.

La dynamique des glaciers

Le réchauffement du climat se reflète aussi sur l'état des glaciers. C'est ce que révèlent de façon convaincante les graphiques du bilan massique cumulé des glaciers, comme ceux de Kara-Batkak et Tuûksu. Depuis 1972, le bilan massique des glaciers est clairement devenu négatif (Figure n° 7).

Figure 7

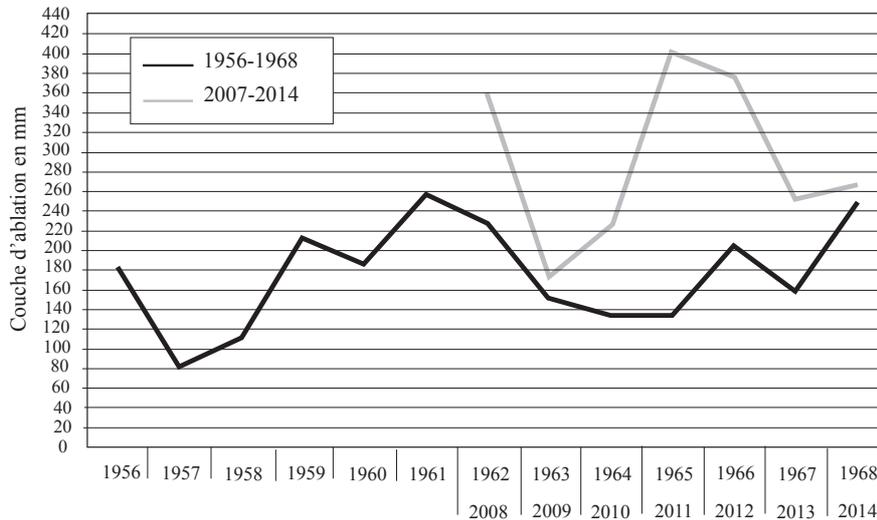
Bilan massique des glaciers de piémont durant la période d'observation



Après la dislocation de l'URSS en 1991, l'économie du Kirghizstan s'est brusquement effondrée. La diminution des financements publics s'est ressentie aussi dans les missions de surveillance et les réseaux d'observation hydrologique, météorologique et glaciologique. De nombreuses stations météorologiques et hydrologiques ont cessé leur activité. Quant aux surveillances permanentes des glaciers, elles ont toutes été arrêtées. En 2007, après le transfert du centre scientifique de haute montagne à l'Institut des

problèmes hydriques et de l'hydroélectricité de l'Académie nationale des sciences de la République kirghize, les surveillances hydrométéorologiques et glaciologiques reprirent sur le glacier de Kara-Batkak, qui alimente la rivière Čon Kyzyl Suu. Les résultats de l'observation de ce glacier indiquent que sa fonte s'est accentuée après l'année 2000 (Figure n° 8). En guise de comparaison, le bilan de masse cumulée du glacier pour 2013-2014 était négatif de -950 millimètres d'équivalent en eau (eqe). Même si durant la période 1985-1998 cette grandeur était aussi négative, elle demeurait moins importante, variant entre -185 et -778 mm eqe.

Figure 8
Couche d'ablation du glacier de Kara-Batkak
par période de comparaison



La dynamique de l'écoulement (hydraulicité) des rivières

Les données des observations hydrologiques des rivières du bassin du lac Issyk-Koul sur une période moyenne de soixante ans ont permis d'établir les variations de l'écoulement des rivières et leur dynamique. Toutes ces rivières s'écoulent à partir des chaînes de montagnes entourant le lac ; une centaine d'entre elles se déversent dans le lac, soit par écoulement superficiel, soit par infiltration souterraine. Les rivières à régime glacio-nival (près de 70 %) et nivo-glaciaire prédominant.

La variation de l'écoulement des rivières se reflète clairement sur les débits annuels moyens. On relève une augmentation de l'écoulement des

rivières à régime glacio-nival, et, en comparaison à la période précédente, les débits de juillet à septembre, qui correspondent à un régime glaciaire, ont particulièrement augmenté. Cette hausse de l'écoulement annuel moyen s'élève à 8-17 % (Figures n° 9 et 10).

Figure 9
Évolution du débit annuel moyen de la rivière Čon Ak Suu (m³/s)

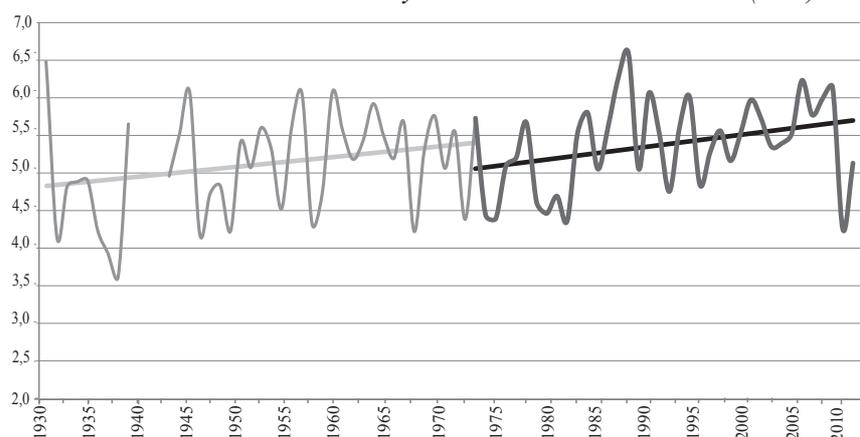
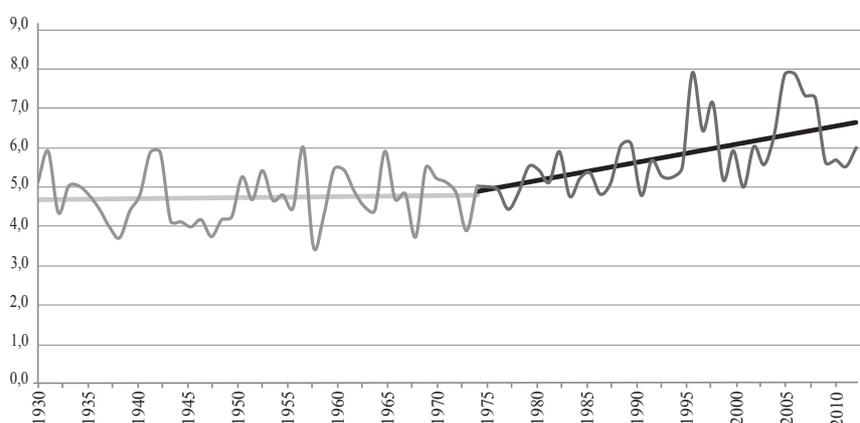


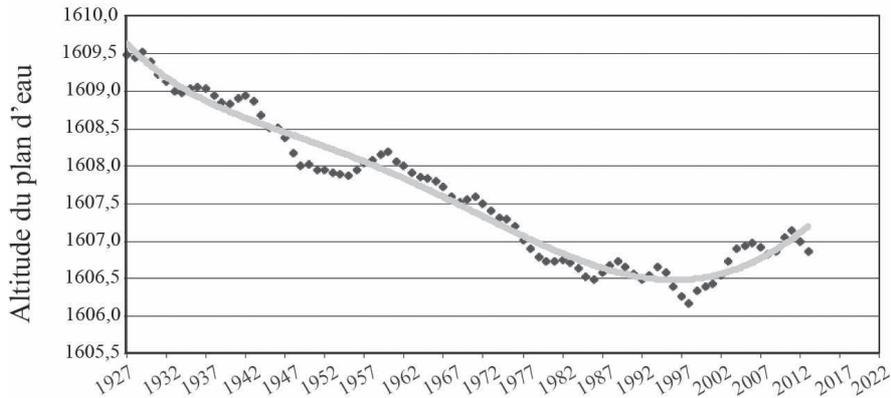
Figure 10
Évolution du débit annuel moyen de la rivière Čon Kyzyl Suu (m³/s)



On note en revanche une diminution de l'hydraulicité des rivières à régime nival, pour lesquelles le taux de glaciation du bassin versant est négligeable ou nul : c'est le cas des rivières Túp, Džyrgalan, Toru-Ajgyr, Čon-Urútky. Des variations sont apparues également dans la distribution intra-annuelle des écoulements de surface. Le réchauffement climatique

en cours et les modifications économiques du lac Issyk-Koul au cours des années quatre-vingt-dix ont exercé une influence sur le bilan hydrologique du bassin et, par conséquent, sur l'augmentation du niveau du lac de 1,0 m depuis 1998 (Figure n° 11).

Figure 11
Niveau du lac durant la période d'observations instrumentales
(1927-2013)



Ce bilan hydrologique positif est le résultat de facteurs aussi bien naturels qu'anthropiques. D'après Mamatkanov *et al.* (2006), les ressources hydriques du bassin du lac Issyk-Koul s'élevaient en 2000 à 130 m³/s (4,22 km³/an), ce qui représentait une augmentation de 14 % par rapport à la période antérieure à 1973 (Tableau n° 6).

Tableau 6
Ressources hydriques des rivières du bassin du lac Issyk-Koul

1930-1972		1973-2000		1930-2000	
113 m ³ /s	3,69 km ³ /an	130 m ³ /s	4,22 km ³ /an	122 m ³ /s	3,96 km ³ /an

L'évaluation des ressources hydriques selon les scénarios climatiques

La prévision de l'hydraulicité des rivières du Kirghizstan durant la période 2001-2020 a été établie à partir de l'analyse rétrospective de l'écoulement des rivières et de son évolution, en considérant que les tendances du réchauffement climatique sont constantes (PNUD, 2003). Les prévisions indiquent que les ressources hydriques du bassin du lac Issyk-

Koul s'élèveront en 2020 à 4,44 km³/an. Pourtant les observations pour la période 2001-2013 donnent un écoulement cumulé des rivières du bassin de 4,60 km³/an (146 m³/s), soit une valeur supérieure de 0,16 km³ (4,0 %) aux prévisions. Cela montre que la tendance au réchauffement se maintient, et a même un impact plus important que ce qui était prévu sur la fonte des glaciers et l'augmentation de l'écoulement des rivières. Les prévisions sur la période récente se révèlent tout à fait pertinentes. L'écart des grandeurs prévisionnelles avec les grandeurs réelles s'élève en moyenne à 8,6 %. Selon les prévisions portant sur les rivières d'un bassin versant à englacement significatif (c'est-à-dire dont la superficie des zones englacées est supérieure à 4 %), l'hydraulicité pour la période 2001-2020 aura augmenté en moyenne de 11 % par rapport à sa valeur moyenne en 2000. Par la suite, l'hydraulicité des rivières se mettra à diminuer, car les réserves de masse glaciaire ne fourniront plus le même volume d'écoulement glaciaire.

Le Kirghizstan a ratifié la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique et le protocole additionnel de Kyoto, et il participe à la résolution du problème écologique que représente désormais le changement climatique. Un logiciel a permis de définir deux scénarios climatiques : le scénario A2-ASF se base sur une valeur maximale de la concentration en CO₂ en 2100 ; le scénario B2-MESSAGE, quant à lui, prend en compte la valeur minimale de cette concentration (PNUD, 2009, Kuz'mičenok, 2003). Dans le Tableau n° 8, les intervalles d'augmentation de la température sont présentés en fonction des deux scénarios climatiques proposés.

Les valeurs prévisionnelles des variations saisonnières de température en 2100 indiquent une augmentation significative de la température en période estivale, alors qu'une augmentation minimum est prévue pour la période hivernale (PNUD, 2009).

Tableau 7
Variation de la température selon les scénarios climatiques dans le bassin du lac Issyk-Koul

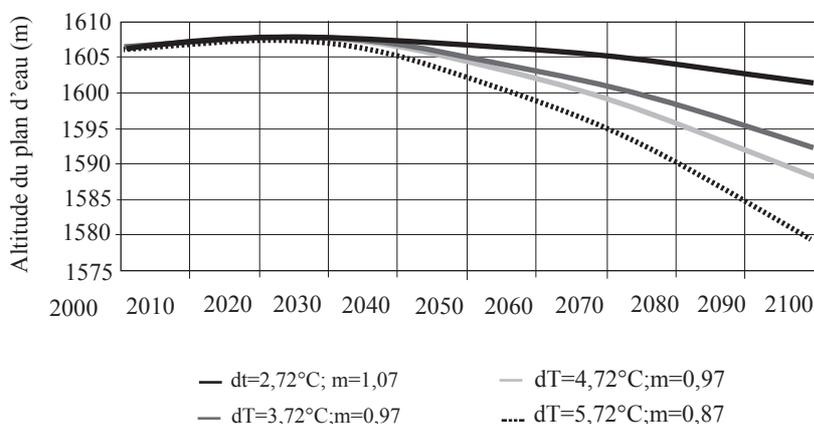
Année	Selon le scénario A2-ASF	Selon le scénario B2- MESSAGE
2020	0,4-1,3°C	1,1-1,8°C
2050	1,2-3,0°C	1,9-2,8°C
2100	4,5-8,2°C	3,8-6,1°C

Source : PNUD, 2009

La variation moyenne des précipitations annuelles pour le modèle est négligeable ; on suppose une augmentation de la quantité des précipitations de 1,3 à 2,1 % par rapport à la période de base de 1990, quel que soit le scénario. Dans les conditions d'une hausse prévisionnelle considérable de la température de l'air pour de petites variations de précipitations, les résultats de la modélisation des variations possibles des glaciers indiquent une baisse significative pour tous les scénarios climatiques. Pour le pays dans son ensemble, il est prévu, pour la période 2000-2100, une réduction de la surface de glaciation allant de 64 % à 95 %, selon le scénario climatique considéré. Ces variations glaciaires ont des conséquences négatives sur l'écoulement des rivières et sa distribution intra-annuelle, ainsi que sur l'environnement.

Les résultats des prévisions indiquent une baisse considérable de l'écoulement superficiel, selon les scénarios climatiques les plus vraisemblables. À l'échelle du pays, on peut s'attendre à un accroissement de l'écoulement superficiel jusqu'en 2020, du fait de l'augmentation de la composante glaciaire, puis à une diminution de l'écoulement allant jusqu'à 42,4-20,4 km³, ce qui correspond à 43,6-88,4 % du volume d'écoulement de l'année 2000.

Figure 12
Variation du niveau du lac Issyk-Koul selon le scénario B2- MESSAGE
pour diverses variantes de scénarios climatiques



Source : PNUD 2009, p. 141.

Parmi les réservoirs naturels, ce sont les lacs endoréiques qui sont les plus sensibles aux variations climatiques en cours. La modélisation des variations possibles pour le lac Issyk-Koul indique le risque d'une baisse considérable de son niveau et une variation des autres paramètres (Figure n° 12). Après

une augmentation jusqu'à 2020-2025, il se produira probablement une baisse du niveau du lac de 5,1 à 27,5 m par rapport à l'année 2000, selon le scénario climatique retenu. On s'attend également à une diminution de la surface du plan d'eau du lac, allant de 232 à 1 049 km². La rive sud du lac verra reculer le littoral, ce qu'il faudra prendre en compte dans le futur, lors de la construction d'installations touristiques et de centres de repos.

L'influence de l'activité anthropique dans le bassin du lac Issyk-Koul

L'agriculture irriguée, principale consommatrice de l'eau du bassin

C'est après le passage des rivières de la zone de montagnes à la plaine lacustre que commencent les prélèvements d'eau destinés à l'irrigation, ainsi que les pertes par infiltration et la formation d'écoulements souterrains. Le lac Issyk-Koul lui-même résulte d'un équilibre entre les écoulements de surface et souterrains. En effet, l'agriculture irriguée y est la principale consommatrice des ressources en eau et les prélèvements pour l'irrigation entraînent une rupture de l'équilibre naturel entre les affluents par écoulement de surface et souterrains.

Après l'indépendance du Kirghizstan en 1991 et le passage à une économie de marché, le système d'exploitation du sol et d'utilisation de l'eau a changé, comme le montrent les données sur l'usage et la répartition des ressources hydriques. Les terres irriguées dans le bassin couvrent une superficie de 150 000 ha. Les pertes d'eau lors de l'irrigation s'élèvent à environ 12 % de la quantité totale fournie par la zone de formation de l'écoulement ou encore 45 % des prélèvements d'eau. L'influence de l'irrigation sur les cours d'eau se déversant dans le lac est évidente, puisque sur les 118 rivières du bassin, moins de 30 alimentent le lac pendant toute l'année. Presque toutes les rivières ont un débit d'eau bien moins important à leur embouchure sur le lac qu'à leur entrée dans la plaine lacustre car l'eau est prélevée entre ces deux points pour irriguer les champs. Par exemple, la rivière Čon Ak Suu a un débit annuel moyen à la sortie de la zone de la formation de l'écoulement de 5,2 m³/s, alors que lorsqu'elle se jette dans le lac, son écoulement tombe jusqu'à 0,8 m³/s (données du DVKH¹).

¹ Département de la gestion de l'eau (*Departament Vodnogo Khozâjstva*).

Une grande partie des pertes irréversibles de l'écoulement est due au fait que près de 90 % des terres irriguées du bassin le sont par submersion. Cette méthode d'arrosage peu rationnelle entraîne l'évaporation d'une grande partie de l'eau, qui ne rejoint donc pas le lac Issyk-Koul et se perd hors du bassin lacustre. De plus, l'arrosage par ruissellement draine vers le lac des engrais et des pesticides provenant des champs irrigués. Dans les conditions actuelles, l'amélioration du mode d'irrigation dans le bassin du lac Issyk-Koul doit être envisagée avec un moindre prélèvement dans les rivières alimentant le lac, l'application de méthodes d'arrosage économe en eau par automatisation ou irrigation au goutte-à-goutte.

Tableau 8
Canaux d'irrigation dans le bassin du lac Issyk-Koul

Longueur totale	Canaux en terre	Canaux revêtus	Prélèvements pour l'irrigation (1 000 m ³)
3 619,0 km	85 %	15 %	1 367 448

Tableau 9
Pertes d'eau dans le bassin du lac Issyk-Koul (1 000 m³)

Apport d'eau d'irrigation	1 367 448
Pertes par évaporation dans les canaux	101 356 (7,2 %)
Pertes par infiltration dans les canaux	208 720 (14,7 %)
Pertes par évaporation dans les champs	418 467 (31,7 %)
Pertes par infiltration dans les champs	638 905 (46,3 %)

Dans la majorité des cas, les systèmes d'irrigation reposent sur des canaux en terre qui déversent l'eau à la surface des champs. La qualité technique des canaux d'irrigation principaux et secondaires est si mauvaise – 85 % d'entre eux sont creusés à même la terre – que beaucoup d'eau se perd par infiltration ; ce qui explique leur faible rendement (Tableaux n° 8 et 9).

Les principales causes expliquant les modifications d'écoulement de l'eau dans le bassin sont :

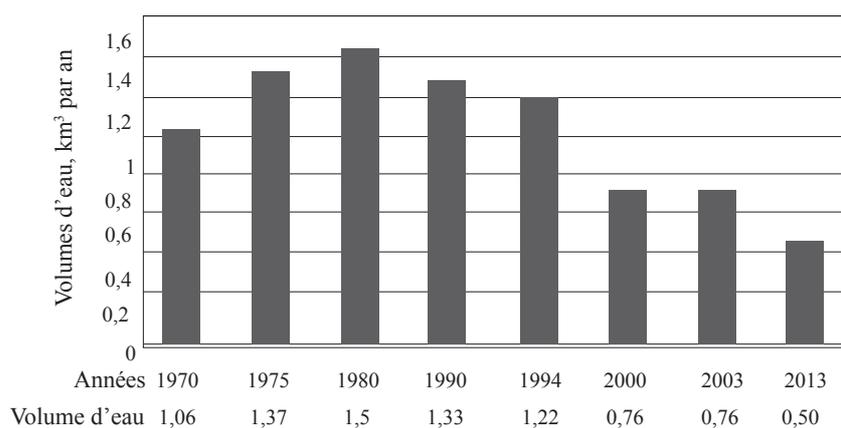
- la faible efficacité du réseau d'irrigation (0,40-0,60) ;
- la méconnaissance de régimes d'irrigation mieux adaptés et scientifiquement fondés ;
- l'absence de prise en compte du réseau d'irrigation à l'intérieur des parcelles ;
- la prise en compte insuffisante et le faible contrôle de la distribution d'eau, etc.

Une baisse du volume d'eau utilisée pour l'irrigation

La baisse de l'utilisation de l'eau peut aussi être le résultat de la réduction des surfaces irriguées, ayant pour corollaire une baisse de la production agricole. Pourtant le bassin du lac Issyk-Koul offre des possibilités d'extension des surfaces cultivées, par l'utilisation de terres en jachère ou l'accroissement de la surface irriguée. Ceci permettrait une hausse de la production agricole et un essor économique. La consommation effective des eaux de surface s'élève à l'échelle du pays à 11,7 km³ soit 23 % de tout le volume. La Figure n° 13 présente les volumes d'eau prélevés annuellement dans le bassin du lac Issyk-Koul. Le volume maximal a été prélevé en 1980, il a régulièrement diminué par la suite, en raison de la réduction des activités agricoles et industrielles, du changement de structure de l'agriculture, de l'abandon de terres irriguées, et de la détérioration du système hydraulique. En 2000, les prélèvements d'eau représentaient 55 % des volumes de 1980.

À court terme, il faudrait réhabiliter les canaux existants pour réduire les pertes lors de l'acheminement et augmenter la capacité d'écoulement. À plus long terme (2020-2025), il sera nécessaire de remplacer les canaux ouverts par des tuyaux, qui permettront de remédier aux pertes par infiltration et évaporation. L'utilisation de tuyaux libèrera également la surface agricole jusqu'ici occupée par les canaux.

Figure 13
Volumes d'eau prélevés annuellement dans le bassin du lac Issyk-Koul (1970-2013)



L'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin

Les ressources hydroélectriques potentielles sont déterminées selon le débit annuel moyen d'une rivière et sa pente sur un tronçon précis. À une augmentation de l'hydraulicité correspond une hausse du potentiel hydroélectrique de la rivière. En 2000, la réévaluation du potentiel hydroélectrique du pays a indiqué une puissance de 28,8 millions de kW et une production hydroélectrique de 249 milliards de kWh pour une année moyenne. Le bassin du lac Issyk-Koul représente 8,3 % de ce potentiel. La prévision de l'écoulement superficiel dans les rivières à régime glacio-nival entraînerait en 2020-2025 une augmentation du potentiel hydroélectrique de 5 à 10 %. Ensuite, la baisse prévue de l'écoulement de surface provoquera une diminution du potentiel énergétique.

Dans le bassin du lac Issyk-Koul, les changements climatiques ont été très importants (PNUD, 2009, p. 142). Le Tableau n° 11 fournit le pourcentage de diminution du potentiel hydroélectrique des rivières du bassin selon les différents scénarios climatiques pronostiqués. Il apparaît que le potentiel hydroélectrique pour 2050-2100 peut pratiquement être diminué par deux.

Tableau 10
Potentiel hydroélectrique total des vingt principales rivières du bassin du lac Issyk-Koul par rapport à l'année 2000

Précipitations (m)	Variation (°C)	2,72		3,72		4,72		5,72	
	Paramètre	2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100
1,07	Potentiel	90 %	82 %	86 %	76 %	83 %	71 %		
0,97				79 %	64 %	76 %	59 %	72 %	56 %
0,87						60 %	49 %	65 %	46 %

Outre l'irrigation et l'alimentation, les ressources hydriques représentent pour le Kirghizstan la principale source d'énergie ; leur diminution peut donc se révéler catastrophique pour le secteur électrique. Ce constat doit permettre d'élaborer et d'adopter dès maintenant les mesures nécessaires pour réduire l'impact négatif des variations climatiques. Il s'agit d'accorder une attention particulière à la recherche de sources alternatives d'énergie, mais également de travailler à de nouvelles technologies d'utilisation des ressources hydriques, plus modernes et économes en eau dans tous les secteurs d'activité.

Traduit du russe par Fabien ROTHEY

Bibliographie

- BAŽANOVA L.V., 2002, *Prognoz vodnosti rek i raspredeleniâ vodnykh resursov na 2020 goda* [Prévisions de la disponibilité et de la distribution des ressources en eau pour l'année 2020], Fonds du projet du PNUD référence ГЭФ/ПРООН KYR/00/G31, Bichkek: PNUD.
- BUDYKO M.N., 1978, *Antropogennye izmeneniâ klimata* [Changements climatiques anthropogéniques], Leningrad: GIMIZ.
- GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2008, "Climate Change and Water," Technical paper n° 6, Geneva: IPCC [<http://ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>]
- KUZ'MIČENOK V.A., 2003, «Matematika-kartografičeskoe modelirovanie vozmožnykh izmenenij vodnykh resursov i oledeneniâ Kyrgyzstana pri izmenenii klimata» [Modélisation mathématique et cartographique des variations possibles des ressources en eau et des glaciers du Kirghizstan avec le changement climatique], *Revue de l'Université slave kirghizo-russe* 3(6), pp. 53-64.
- MAMATKANOV D.M., BAŽANOVA L.V. & ROMANOVSKIJ V.V., 2006, *Vodnye resursy Kyrgyzstana na sovremennom ètape* [Les ressources hydriques actuelles du Kirghizstan], Bichkek: Ilim.
- MENŽULIN G.V. (dir.), 2002, *Izmeneniâ klimata i ikh posledstviâ* [Les changements climatiques et leurs conséquences], Actes de la session spéciale du conseil scientifique du Centre de coopération internationale des problèmes environnementaux, à l'occasion du 80^e anniversaire de l'académicien M.I. Budyko (19-20 mai 1999), Saint-Pétersbourg: Nauka.
- PNUD – Programme des Nations unies pour le développement, 2003, *Pervoe nacional'noe soobšenie KR po ramočnoj konvencii OON ob izmenenii klimata* [Première communication nationale de la République kirghize sur la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique], Bichkek: PNUD.
- , 2009, *Vtoroe nacional'noe soobšenie KR po ramočnoj konvencii OON ob izmenenii klimata* [Deuxième communication nationale de la République kirghize sur la Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique], Bichkek: PNUD
- ROMANOVSKIJ V.V., MAMATKANOV D.M. *et al.*, 2014, *Vsë ob ozere Issyk-Kul'. Ènciklopedičeskij spravočnik* [Tout sur le lac Issyk-Koul. Manuel encyclopédique], Bichkek: Ilim.

Résumé

L'article étudie les scénarios du changement climatique jusqu'en 2100, dans le cadre du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD), ainsi que l'évaluation du changement climatique depuis 1972, à partir des observations météorologiques. L'étude est basée sur les projections du changement climatique (température, précipitations, évaporation), les calculs et l'estimation des ressources hydriques et hydroélectriques dans le bassin intérieur du lac Issyk-Koul, ce bassin ayant pour caractéristique d'être endoréique et donc sensible à tous les facteurs climatiques et anthropiques et à leurs changements.

Mots clés : changement climatique, bassin endoréique, Issyk-Koul, Kirghizstan

Abstract

Climate Change and Water Resources in Kyrgyzstan (Example of the Inner Basin of Lake Issyk-Kul)

The article deals with climate change scenarios for the period until 2100, in the framework of the United Nations Development Programme (UNDP), as well as an assessment of climate change at the present stage (after 1972) according to meteorological observations. The study is based on projections of climate changes (temperature, precipitation, and evaporation), calculations and estimations of water and hydropower resources in the inner basin of Lake Issyk-Kul, given that this basin is endorheic and therefore sensitive to all climatic and anthropogenic factors and their changes.

Keywords: climate change, endorheic basin, Lake Issyk-Kul, Kyrgyzstan

Аннотация

Изменение климата и водные ресурсы Кыргызстана (на примере внутреннего Иссык-Кульского бассейна)

В статье рассмотрены сценарии изменения климата на период до 2100г., выполненные в рамках проекта ПРООН, а также дана оценка климатических изменений на современном этапе (после 1972г.) по данным метеорологических наблюдений. Опираясь на прогнозируемые изменения климата (температуры, осадков, испарения) выполнены расчеты и дана оценка водных и гидроэнергетических ресурсов рассматриваемого внутреннего бассейна озера Иссык-Куль, имеющего замкнутое внутригорное положение и чутко реагирующего на все климатические и антропогенные факторы и их изменения.

Ключевые слова: изменение климата, бессточный бассейн, озеро Иссык-Куль, Кыргызстан

Annexe 7

Bassin versant du lac et sous-bassins versants (en vert sombre) pour lesquels on dispose de données de débit. La zone en vert moyen sur le pourtour du lac représente l'extension supposée des surfaces irriguées

