

DOI: 10.24850/j-tyca-15-01-08

Artículos

Espaciando el agua del interior para la ciudad de Argel (Argelia)

Spacing hinterland water for Algiers city (Algeria)

Tarek Medjadj¹, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-4413>

M'hammed Setti²

Lahcene Feloussia³

¹University of M'sila, M'sila, Algeria, tarek.madjedj@univ-msila.dz

²University of Sciences and Technology of Algiers, Bab Ezzouar, Algeria, settimhammed@yahoo.fr

³University of M'sila, M'sila, Algeria, lahcene.feloussia@univ-msila.dz

Autor para correspondencia: Tarek Medjadj, tarek.madjedj@univ-msila.dz

Resumen

De todos los tipos de relación, la que une al hombre con el agua se considera como profunda y seria en los levantamientos geográficos. Sin embargo, en el pasado, la amenaza para la agricultura era un gran



problema; pero la atención de la gente se centra ahora en el agua en las ciudades. La creciente necesidad de agua en Argel se debe al crecimiento demográfico y urbanístico, al haber un aumento en las necesidades de agua per cápita. Este problema no se planteó durante las últimas décadas, pero hoy la situación ya no es la misma. Es un desafío considerable para la capital Argel, especialmente para las próximas generaciones. Mediante un método de geohistoria, que consiste en estudiar la evolución del espacio hídrico en el tiempo, orientaremos nuestra investigación hacia la exposición de las influencias ejercidas por el aumento de las necesidades hídricas en la zona de estudio. La finalidad del trabajo es identificar los recursos hídricos en torno a la ciudad de Argel y que se derivan del espaciamiento de la evolución de las aguas del interior. Obtendremos información valiosa sobre la extensión y la distancia de distribución de agua desde el interior a la ciudad de Argel. El resultado esperado de este trabajo es determinar el *hinterland* con el que se puede contar para abastecer de agua potable a la ciudad de Argel a mediano y largo plazos. Finalmente, se puede pensar en la planificación y el desarrollo hidráulicos basados en los principios del desarrollo sostenible, a fin de proponer soluciones a los problemas actuales y velar por las necesidades de las futuras generaciones.

Palabras clave: Argel, ciudad, agua, traspais.

Abstract

Of all the kinds of relationship, the one that links man with water is considered as profound and serious in geographical surveys. Yet in the



past, the greatest threat to agriculture was a major problem, the attention of people is now captured by water in cities. The increasing need of water in Algiers is due to the growth of population and urbanism. On the other hand, there is a rise in water needs per capita. This problem didn't arise during the last decades, but today the situation is no longer the same. It's a considerable challenge for the capital Algiers, especially for the next generations. Using a geo-history method, which consists in studying the evolution of hinterland water space in time, we will direct our research towards the exposure of the influences exerted by the increase of water needs in the zone of study. The finality of the work is to identify the water resources around the Algiers City and that arises from the spacing of evolution hinterland water. We will obtain valuable information about the extension, the distance of the hinterland water supplier from the city of Algiers. The expected results of this work is to determine the hinterland which can be counted on to supply the city of Algiers with drinking water in the medium and long term. Finally, we can think of hydraulic planning and development based on the principles of sustainable development. This with the aim of proposing solutions to current problems and ensuring the needs of future generations.

Keywords: Algiers, city, water, hinterland.

Recibido: 11/02/2022

Aceptado: 03/07/2022

Publicado online: 28/07/2022



Introducción

Durante la última década, el cambio climático ha sido reconocido como una de las principales preocupaciones del desarrollo a escala local y regional, así como en el ámbito internacional. Es probable que las precipitaciones en el norte de África disminuyan entre un 10 y un 20 %, mientras que las temperaturas probablemente aumenten entre 2 y 3 °C para 2050 (Schilling, Freier, Hertig, & Scheffran, 2012).

Para los países del norte de África, especialmente en Argelia, la cuestión del suministro de agua es un gran desafío para las autoridades públicas. Es uno de los países de África que sufre escasez de agua. El rápido crecimiento de la demanda de agua en los países del Magreb está obligando a las autoridades nacionales a construir más presas para aumentar los recursos hídricos disponibles, naturalmente limitados, y hacer frente a la fuerte irregularidad temporal de las precipitaciones (Remini, 2009).

Lo más evidente de esta escasez es el sufrimiento de las comunidades de residentes urbanos para obtener agua potable segura. La capital (la ciudad más grande del Magreb) no ha tenido más suerte que otras grandes urbes de esta zona, ya que sufre escasez por dos motivos: la primera se debe a un gran crecimiento demográfico, y la segunda al incremento de las necesidades diarias de agua. Además de la creciente demografía, el 60 % de la población reside en la cordillera norte de Argelia, lo que representa una décima parte de la superficie total del país.

Además, el tratamiento inadecuado del agua debido a la falta de tecnología apropiada, la sedimentación de las represas existentes y las capacidades limitadas para el almacenamiento de agua dificultan el proceso de toma de decisiones (Boudjadja, Messahel, & Pauc, 2003).

En 2008, si bien la tarifa de agua potable en la capital estaba cerca de la tarifa plena (100 %), es decir, era comparable con las tarifas de los países desarrollados más que con las tarifas de los países con los que se suele comparar, el principal problema que sufrió la ciudad durante muchos años fue una interrupción debido a los periodos de sequía como este tercer año pasado (Figura 1). La sequía registrada durante los últimos cuatro años no ha tenido equivalente, ni en duración ni en intensidad, en todas las regiones del norte de Argelia. El estudio de persistencia de la sequía, utilizando cadenas de Markov, mostró que, de tener un año no seco después de un año seco, la probabilidad es mayor en el centro del país que en el occidente (Meddi & Meddi, 2009).

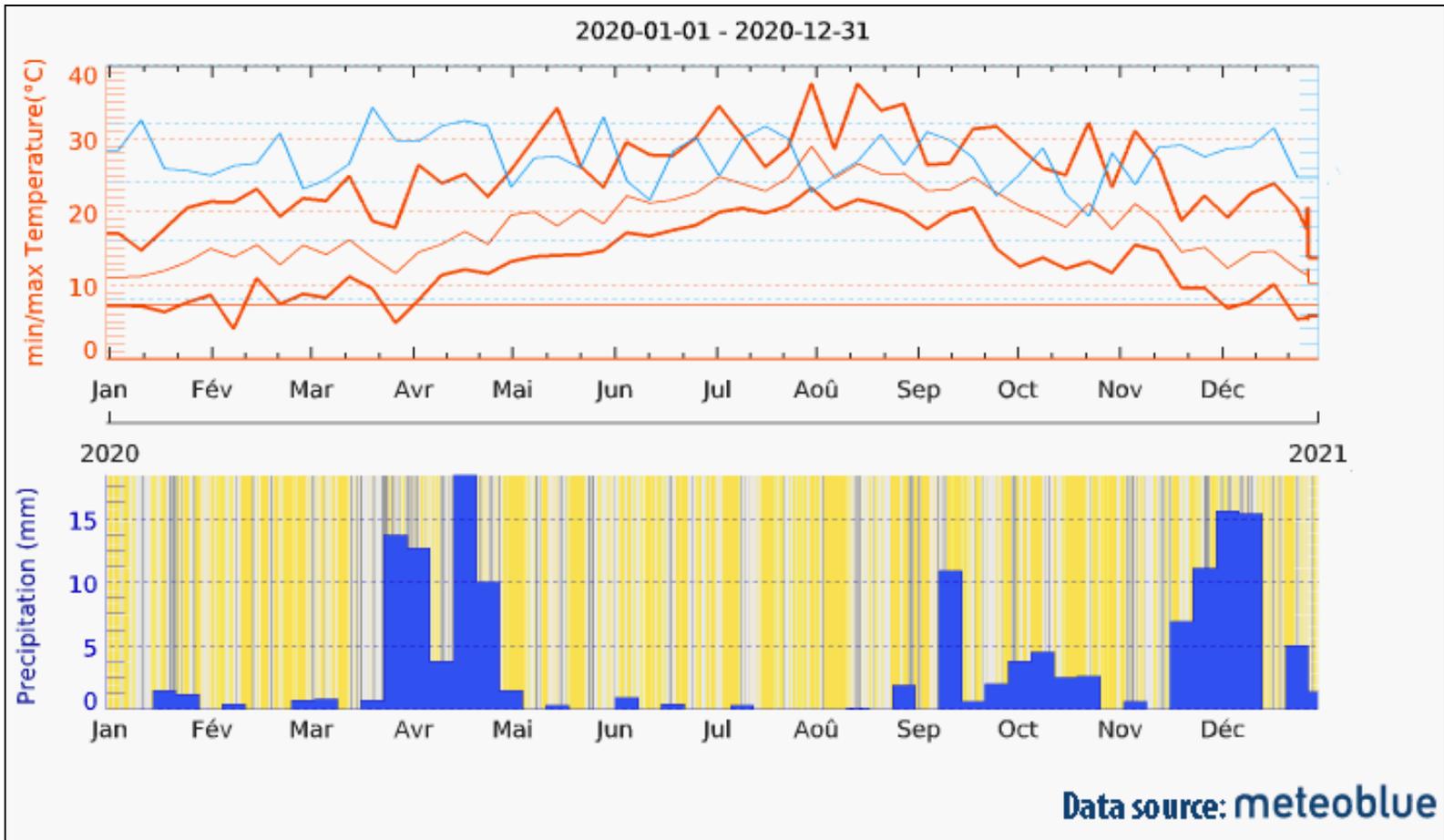


Figura 1. Los periodos de sequía y secado en la ciudad de Argel (2020).

Por lo demás, el problema también se plantea en la distancia y espaciamiento de las fuentes de suministro, en particular con la ola de sequía que azota el norte de Argelia. Ello nos llevó a estudiar la evolución de la lejanía de las fuentes de abastecimiento de agua en Argel con vistas a remediar la crisis hídrica en esta ciudad en pleno crecimiento.

El problema del agua en la capital es una perfecta ilustración de los conflictos de arbitraje entre un área que requiere y consume mucha agua, sin recursos propios, y su interior (Chikhr-Saïdi, 1997).

Nuestro trabajo se estructura en título y subtítulo teniendo en cuenta las diferentes fluctuaciones del agua del interior de la ciudad de Argel. Las fuentes de abastecimiento son el único criterio utilizado en el análisis de este espacio funcional. Comenzamos con una introducción para identificar el problema de la lejanía del agua del interior. En la siguiente sección presentamos el método de recolección de datos y las herramientas de análisis utilizadas. Los resultados fueron presentados en forma de títulos diacrónicos según el tiempo de evolución del fenómeno estudiado, integrando los análisis resultantes de los datos de campo. Al final, concluimos proponiendo recomendaciones para solucionar primero el problema de la gestión del agua antes de pasar a los problemas técnicos.

Método de investigación

La ciudad de Argel se encuentra en LL: 36° 46' 34" norte, 3° 3' 36" este (Figura 2). Es la capital de Argelia y la ciudad más poblada del norte de África, con cerca de 7 796 923 habitantes, según datos de la oficina nacional de estadísticas.



Figura 2. Mapa de ubicación de la ciudad de Argel. Fuente de datos: World map (URL: <http://www.carte-du-monde.net/pays-12-carte-relief-algerie.html>).

El crecimiento de Argel se aceleró a partir de la década de 1970, con las consecuencias del agravamiento de los desafíos en materia de vivienda, equipamientos y servicios urbanos (Santos, 1971). Evidentemente, el abastecimiento de agua potable se considera un servicio urbano que debe ser prestado por las autoridades públicas.

Usando datos de la Agencia Nacional de Recursos Hídricos, haremos un inventario de las fuentes de suministro de agua para la ciudad de Argel y su interior en varios periodos. Se comenzó con el periodo otomano y luego colonial; hemos centrado nuestros análisis después del periodo de independencia.

Se utilizaron dos tipos de métodos cualitativos, ambos complementarios. El primero consistió en realizar visitas *in situ* a una muestra de las presas. En segundo lugar, aprovechamos para realizar consultas semidirectas a los responsables de estas plantas y del sector hidráulico en particular. El objetivo de tales encuestas fue fortalecer nuestro análisis, proporcionando información actualizada sobre el funcionamiento de las operaciones de transferencia de agua desde el interior del país hasta la ciudad de Argel. También comparamos los datos de campo con los de las instituciones oficiales para evitar todo el discurso acordado proveniente por lo general de las autoridades públicas y para buscar los problemas reales relacionados con el suministro de agua en la ciudad de Argel.

Los métodos no geográficos se utilizan a menudo en el campo del agua (Graillet, 1986), pero tienen como objetivo el desarrollo de objetivos adaptados a una gestión parcelaria del agua y no en el caso de una gran escala. Es por ello que optamos por la utilización de un método de análisis basado en datos georreferenciados integrados en un sistema de información geográfica (SIG). Los SIG son medios de presentación e interpretación de hechos observados en la superficie terrestre (Tomlin, 1990). La transformación de datos por un SIG tiene como objetivo extraer las relaciones espaciales implícitas contenidas en el origen de los datos

(Lanter, 1992). La información obtenida de campo se cartografió utilizando herramientas GIS para modelar la distancia y la evolución del espaciamiento del agua del interior. Falcidiano, Pienovi y Spagnulo (1992) insisten en la necesidad de un alto nivel de abstracción para describir la realidad. Utilizamos el *software* Qgis de código abierto para consideraciones metodológicas, así como para análisis espacial. La dificultad de delimitar el interior se resuelve con la herramienta zona de influencia, fijando el centro de la ciudad de Argel como punto de referencia. Posteriormente, se realizaron análisis cubriendo las capas de recursos hídricos (pozos, represas, *wads*). Esto nos permitió identificar resultados que explican la lejanía del interior del agua. Pero también el sobrecoste de 1 m³ de agua potable. Lo anterior, nos llevó a pensar en una planificación estratégica para el futuro, con una visión adecuada en relación con las reservas existentes y necesidades en cambio constante.

Interior directo: el suministro de agua hasta mediados de la década de 1960

Fue fuente de agua hasta mediados de los años ochenta del siglo XVII. Argel era famosa por tener una de las mejores redes de abastecimiento de agua potable de la Cuenca del Mediterráneo. Gracias a los inmigrantes provenientes de Andalucía, quienes aplicaron técnicas de transporte de agua de alto nivel, los líderes otomanos las usaron para establecer cuatro acueductos que entregaron agua desde las alturas de la ciudad de Argel

(Ben Aknoun, Bouzareah, Abyar) hasta la costa y el centro, con una capacidad de más de dos millones de litros por día (Raymond, 2014).

Los acueductos de Argel no son solo el asiento de un flujo por gravedad al romano, pues se trata de obras cuya función se acerca más a un flujo, que ocurre bajo presión y control mecánico. Esta técnica adaptada a terrenos montañosos tiene su origen en Constantinopla y encuentra aplicación en Argel (Kameche-Ouzidane, 2013). Además de esta red, la capital contaba con varias fuentes públicas, pozos públicos y pozos personales en el interior de las viviendas (Figura 3).

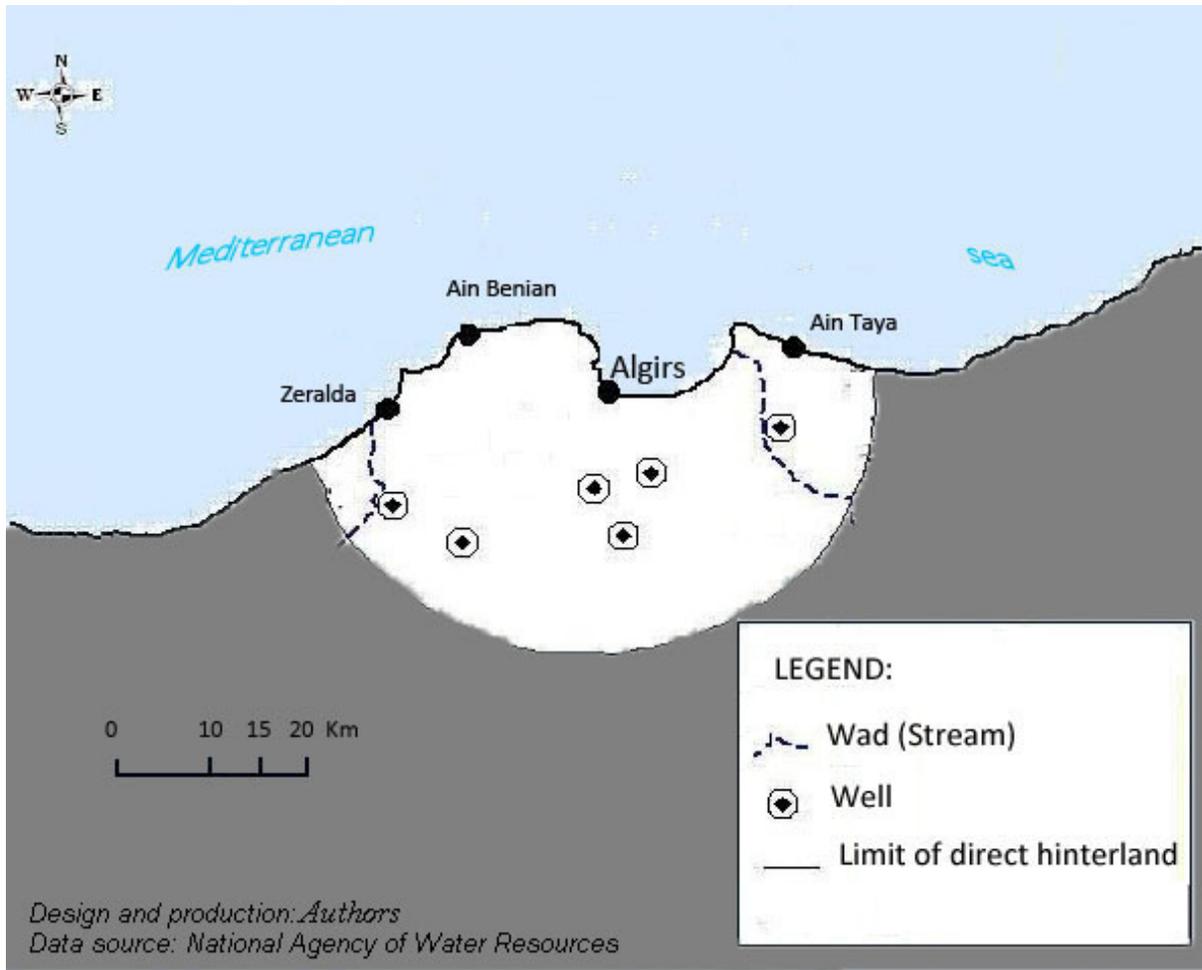


Figura 3. Agua interior directa de la ciudad de Argel (antes de 1962).

Debido a la efectividad de esta red, los colonos franceses la utilizaron hasta 1866. Además de todas estas fuentes, el elemento agua era abundante en ese periodo (Tvedt & Oestigaard, 2016). Con la expansión espacial y el desarrollo urbano que experimentó la ciudad de Argel durante la ocupación, las autoridades francesas pretendían satisfacer la creciente demanda de agua para conectar canales, a fin de

traer agua desde la cuenca de Mzafran (suroeste) y desde algunos pozos esparcidos en la llanura de Mtijah (sur). Argel heredó este sistema tras la independencia que —por decir lo menos— satisfacía las necesidades diarias de los capitalinos y sus modestas actividades hortícolas e industriales. Hasta mediados de la década de 1980, la ciudad dependía totalmente para sus recursos hídricos del agua de los pozos subterráneos dispersos en su interior directo al sur.

Después de la independencia (1962): el suministro inevitable del interior medio

Los capitalinos vivieron un periodo muy difícil a principios de la década de 1980, ya que el aumento de la demanda de agua coincidió con la disminución de su producción, pues muchos pozos repartidos al sur de la ciudad no alcanzaban a cubrir las cantidades requeridas y todos esperaban ansiosamente la finalización de la nueva presa, que se encuentra a unos 35 km al este de Argelia (Figura 4).

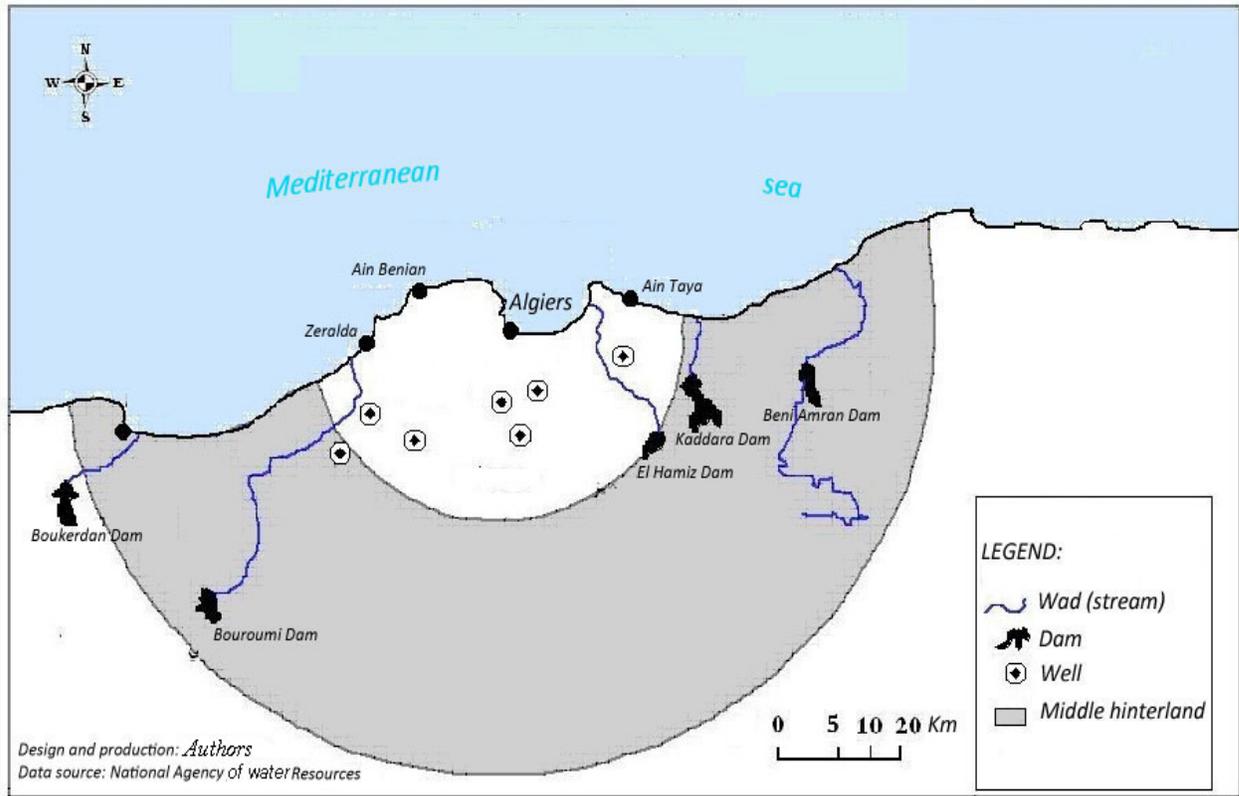


Figura 4. Agua del interior medio de la ciudad de Argel (1990).

Aquí comienza una nueva etapa en la historia del abastecimiento de agua potable a la capital: traer agua desde el medio interior. La presa de Kaddara entró en la etapa de producción en 1987, y los ciudadanos y funcionarios se mostraron optimistas, y la consideraron una solución radical para el problema de Argel.

La presa, que se encuentra en el territorio de la wilaya de Boumerdes (Figura 4), se construyó en el valle de Boudouaou, con una capacidad de almacenamiento de 145.6 millones de metros cuadrados, que se considera suficiente para cubrir las necesidades de los hogares de

los residentes y su actividades diarias. Además del agua del valle sobre el que está construido, el agua del valle Yasser favorece a la presa de Bani Omran y el agua del valle Al-Arbatash lleva a la presa de Al-Humayz, que tiene una capacidad de 16 millones de m³. A partir de esta fecha (1990), la ciudad pasó a depender de las aguas superficiales, principalmente para abastecerse de agua potable (55 %) según la Agencia Nacional de Recursos Hídricos.

Han pasado diez años desde que la presa de Kaddara entró en producción hasta que la capital conoció su primer plan de rescate. Después de años de sequía y después de que los ciudadanos pensaran que había pasado una era para nunca volver. Este plan fue aprobado en abril de 1997 y estuvo vigente hasta 2008. Durante estos años, la población experimentó una gran fluctuación en la distribución del agua, la cual depende de la fluctuación de la cantidad anual de precipitación y la plenitud de las presas: de 1 cada 3 días (1997, 2000 y 2002) a 1 cada 2 días (1998 y 1999) hasta una distribución diaria (2003).

La responsabilidad de aprobar el plan de rescate o plantearlo en la capital se basa en la opinión del comité técnico estatal, que estudia todas las posibilidades a partir de cuatro elementos: la cantidad de agua almacenada en la presa (Kaddara), el volumen de agua de pozo, el nivel freático y, por último, las condiciones climáticas futuras (precipitación).

Ante el estudio de dichas variables, el comité técnico decidió dotar de agua a los capitalinos diariamente, 1 día en 2 días, o 1 en 3 días, mejorando o reduciendo los tiempos de distribución (4, 8 o 12 horas diarias).

El plan de alivio no se planteó debido a la gran diferencia entre la cantidad diaria de agua producida y las necesidades diarias, que se estimaron en ese momento en 650 000 metros cúbicos. Los capitalinos abastecen 1 día en 3 días si la cantidad de agua producida por día disminuye dentro de los 360 000 m³; para aumentar el periodo de distribución a 1 día en 2 días se deben producir 450 000 m³ por día.

Aprobación del plan de rescate del abastecimiento (2000)

Bajo el triple choque de la sequía, la contaminación, el espectacular crecimiento de las necesidades producto del aumento de la población y el crecimiento urbano, el recurso natural que creíamos inagotable, disponible para siempre, se convierte en un bien económico escaso (Mutin, 2000). En la década de 2000, Argel experimentó un estado de fuerte estrés hídrico, con sistemas de distribución de agua y saneamiento insuficientes o deteriorados. No hay duda de que el factor precipitación tiene un papel importante en el balance hídrico. A raíz de las sequías que afectaron a la región entre 1990 y 1995, la reserva de agua de la presa de Kaddara fluctuó. Las temperaturas más altas producirán tasas de evaporación más altas, lo que aumentará la aridez, incluso si la precipitación se mantiene igual (Sutton & Zaimeche, 1992).

El plan de rescate se impone solo si la cantidad almacenada en la presa de Kaddara cae por debajo de los 70 millones de m³, que es menos

de la mitad de su capacidad total de almacenamiento. Y lo que empeoró la situación es que disminuyó la cantidad de agua desviada a la presa principal (Kaddara), y se duplicó el número de pozos sin licencia en la región pertenecientes a los sectores agrícola e industrial, lo cual afectó negativamente la producción de los pozos que abastecen a la capital, en especial en la llanura de Mtijah. Sin embargo, la mayoría de las represas están sujetas a una pérdida de capacidad debido principalmente a tres factores: la fuga de agua, la sedimentación y la evaporación intensa (Abid, Benfetta, & Khaldi, 2019). Al factor precipitación se sumaba una situación de degradación característica del proceso de distribución de la ciudad, que era la pérdida de grandes cantidades de agua. Así, el 15 % de la cantidad producida se pierde durante la conversión, y entre el 40 y 50 % se pierde dentro de las redes, teniendo en cuenta que la pérdida media aceptable no debe superar el 15 o el 20 %. ¿Es razonable permitir que tal cantidad se pierda en tiempos de escasez? La moda obsoleta de la conducción del agua y la insuficiente capacidad de almacenamiento dificultan la correcta distribución del agua a los consumidores (Kadi, 1997). El alto nivel de extravagancia muestra el caos abrumador que reinaba en el sector de la producción y distribución de agua y su gestión en la ciudad de Argel. Ta situación puede explicarse al menos por dos razones:

- Corrupción de los canales de distribución de agua, ya que la mayoría de las redes de distribución siguen siendo las establecidas por el colonizador (más de 60 años). Cabe señalar aquí que la ciudad heredó una de las redes de distribución más complejas del mundo, debido a que la severidad de la superficie que dobla el paso del agua por los

canales hace que tenga una fuerte presión, lo que se refleja negativamente con el tiempo. Argel Empresa de Agua y Saneamiento (SEAL), operó 1 800 km de canales para 250 000 suscriptores y registró más de 20 000 daños y pérdidas de agua por año (Hamadache, 2021).

- Mala gestión de las instituciones encargadas de la producción y distribución del agua, y falta de racionalidad. Estas instituciones aún no han adoptado métodos de gestión científica que consideren el agua como un bien económico y un recurso escaso, sujeta a métodos de gestión eficaces y eficientes. El mejor ejemplo de esta mala gestión es el gran caos que prevaleció en las tarifas y facturas del agua.

Consciente de estos desafíos, el gobierno argelino decidió en 2006 elevar el rendimiento de la red al nivel de los estándares internacionales y modernizar la gobernanza de la gestión del agua en Argel. A día de hoy, el problema no se ha resuelto. El verano de 2021 vio una crisis de suministro de agua potable sin precedentes. La accesibilidad a este servicio no es justa para todos los distritos de Argel. Se han notado perturbaciones en la distribución por el sistema de baja presión que solo llega al quinto piso (Hamadache, 2021). El agua se ha convertido en un sueño para algunos barrios. "Nuestro sueño es ver agua fluyendo a través de nuestros grifos", expresó un residente durante nuestra encuesta de campo en el verano de 2021.

Los futuros recursos hídricos de la capital

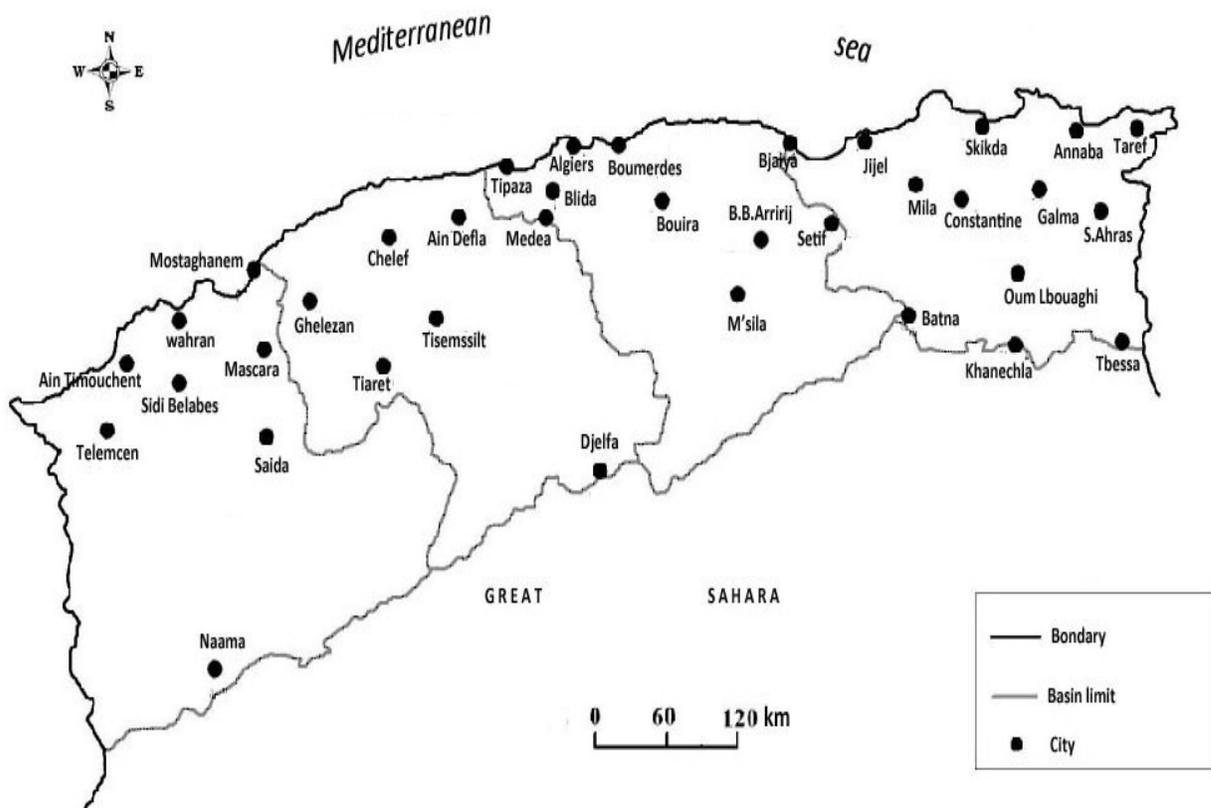
Los estudios técnicos elaborados entre los años 1979 y 1980 demostraron que la capacidad de abastecimiento de agua de esta última a los capitalinos será insuficiente a partir del 2000. Los planificadores de la época se basaron, en sus estudios de perspectivas de población y desarrollo urbano, en la tasa de crecimiento anual extraída del periodo comprendido entre los censos de 1966 y 1977, que se estimó en un 5.56 % (MEAT, 1997). Por fortuna para los ciudadanos, esta tasa ha disminuido de forma considerable desde esa fecha hasta estabilizarse en límites inferiores al 2 % durante la década 1990-2000. Esta situación se ampliará si el programa se utiliza para explorar los recursos de agua del interior remoto, lo que se ha vuelto inevitable en el mediano y largo plazos. Sin embargo, la extensión de las tierras agrícolas está ligada con el abastecimiento de agua. En un principio, el riego se hacía desde presas (riego por gravedad) y requería una gran cantidad de agua, pero con la sequía que vivió Argelia en los años 1970, 1989, 2000, el porcentaje de agua destinada al riego fue disminuyendo, y se ha ido reduciendo para abastecer a las ciudades (Djaffar & Kettab, 2018).

Determinar el campo del interior lejano

No podemos definir y determinar el interior distante (más de 70 km), excepto dentro de su rango de agua natural. Las características



hidrológicas del caudal superficial que se han tenido en cuenta son parámetros climáticos y físicos (Touazi, Pierre-Laborde, & Bhiry, 2004). Es decir, a través de una cuenca o grupo de acuarios. En este contexto, una rápida comparación de las cuencas hidrográficas que rodean la ciudad de Argel (Figure 5) muestra que las regiones este y sureste de la capital son más afortunadas que su contraparte occidental.



Design and production: Authors
Data source: National Agency of Water Resources

Figura 5. Cuencas de agua que rodean la ciudad de Argel.

La gran cuenca hidrográfica que abastece de agua potable a la capital a mediano y largo plazos fue designada y definido su límite por un decreto de aplicación en agosto de 1996, denominado Cuenca Argelia-Soummam-Hodna. Es una de las cinco cuencas hidrográficas que cubren el territorio nacional (Tabla 1).

Tabla 1. Características hidrológicas de las cuencas oriental y occidental de la capital.

Suma recursos hídricos miles de millones m ³	Recursos hídricos subterráneos, miles de millones de m ³	Recursos hídricos superficiales, mil millones de m ³	Área (km ²)	La cantidad de precipitación es de mil millones de m ³ /año	Acuario
4.920	0.620	Algeria - Yesser-Spaw: 3.1	47 900	21.2	Algeria Soumam Elhodna
2.245	0.245	Chlef-Dhahra: 1.70 Zhariz: 0.30	56 200	20.5	Chelf Zahariz

Fuente de datos: National Agency of Water Resources.

Esta cuenca incluye 12 millones de personas (ONS, 2008) o el 35 % de la población total del país. Cubre administrativamente seis wilayas en total (Argel, Blida, Boumerdes, Tizi Ouzou, Bouira y Bordj Bou Arreidj) y ocho wilayas parcialmente (Tipaza, Medea, Ain Defla, M'sila, Djelfa, Bejaia, Setif y Batna). Representa un conjunto de 1 390 localidades

divididas en 491 municipios. La cantidad de precipitación sobre toda la cuenca alcanza los 2.21 mil millones de m³ por año; mientras que la superficie total de agua corriente se estima en 4 300 millones de m³. El agua subterránea también se estima en 600 millones de m³. Parte del agua superficial es almacenada por 10 presas con una capacidad de 655 millones de m³, pero producen un promedio anual de 422 millones de m³; están en proceso de construcción otras cuatro presas, con una capacidad de almacenamiento de 1 100 millones de m³.

El futuro del agua de la capital estará en su lejano interior

La autoridad encargada de abastecer de agua potable a la capital preparó un ambicioso programa a mediano y largo plazos, como una mayor explotación de las aguas subterráneas ubicadas en el frente directo por la excavación de 22 pozos adicionales en la llanura de Mtijah, que permite la captación de 50 000 m³ adicionales de agua por día (Safar-Zitoun, 2019).

En 2002, tres presas situadas en el lado occidental de Argelia se unieron entre sí mediante canales de impulsión de agua hasta el final de la capital, para beneficiarse del excedente conocido por estas presas, que fueron los siguientes: presa Boukrdan, desvío de 23 millones de m³ anuales de los 46 millones de m³ almacenados en ella; presa de Gharib, desvío de 17 millones de m³ anuales de los 70 millones de m³ almacenados en ella; presa Borumi, desvío de 9 millones de metros

cuadrados anuales de los 19 millones de metros cúbicos almacenados en ella (MEAT, 1997).

Este proyecto de conexión permitió a la ciudad de Argel beneficiarse de 58 millones de m³ anuales sin causar escasez a la ya creciente población de las tres presas. El aumento de los pozos de agua subterránea y la conexión de las presas cercanas que tienen excedentes de agua a la capital no son más que un programa de emergencia establecido para cubrir el déficit registrado. En cuanto al mediano y largo plazos, contaba con tres represas que fueron programadas para abastecer de agua potable a la capital, todas ellas ubicadas en el lado este. Dos de ellas están ubicadas en el interior lejano, y la tercero se construirá en el interior medio para reforzar las instalaciones productoras de agua (Figura 6).

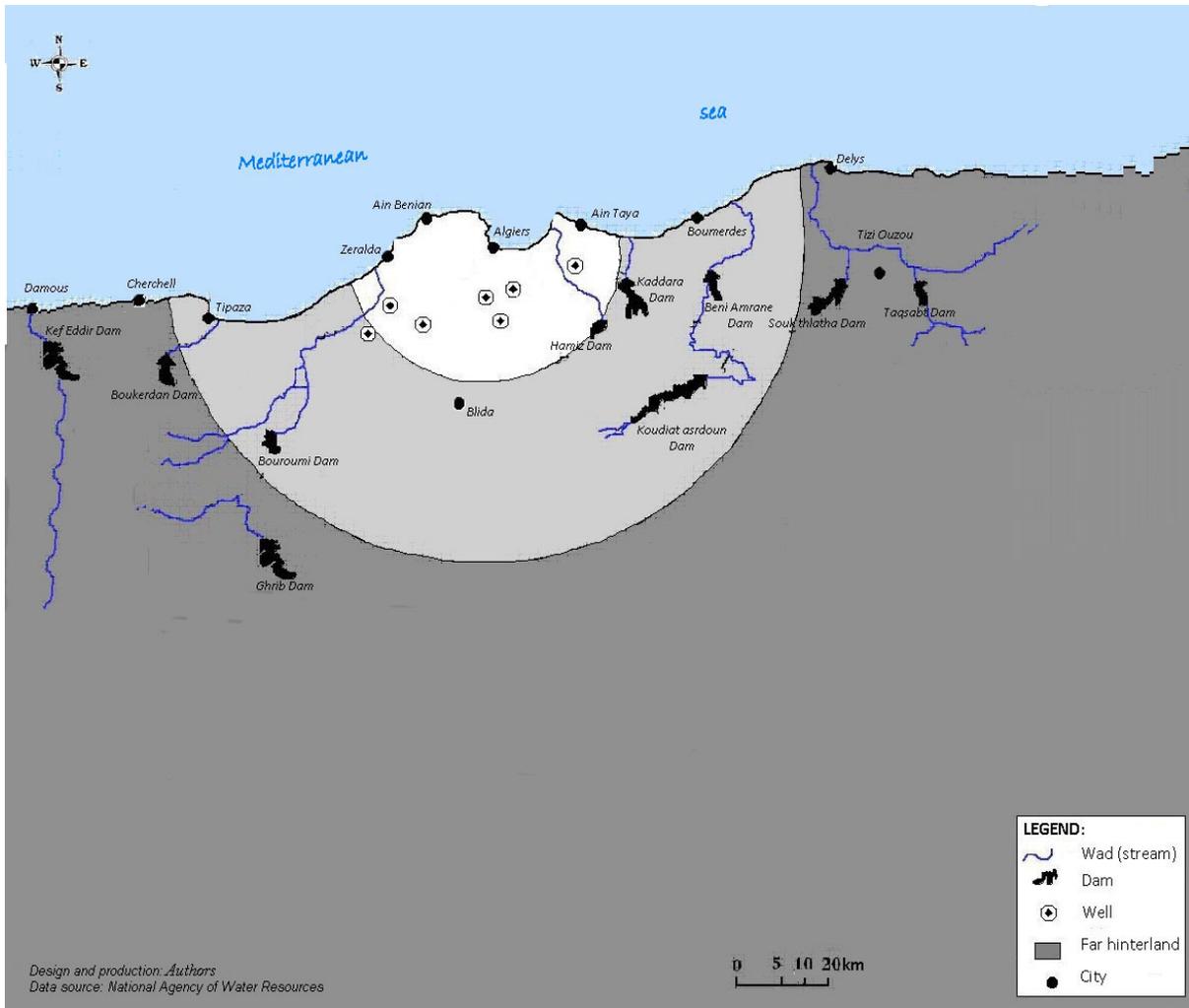


Figura 6. Agua del interior lejano de la ciudad de Argel (2015).

La presa de Taqsbat se construyó en el lejano interior del *wad* Issa en la wilaya de Tizi Ouzou (100 km al este de Argel). Este valle recibe el agua de lluvia de las colinas de Jarjara, que desemboca en la llanura de Sebou y luego en el mar Mediterráneo. Las obras comenzaron en 1993, pero debido a las malas condiciones de seguridad en esta zona, el proyecto no se completó hasta finales de 2007 (Benbelkacem & Benallel,

2002). No entró en la etapa de producción real hasta marzo de 2008. La capacidad de almacenamiento de esta presa se estima en 175 millones de m³ y la cantidad que se supone que debe transferirse anualmente a la capital es de 73 millones de m³. En la presa Koudia Asardoun, que se encuentra en la wilaya de Bouira, en el interior medio de Argel, las obras no comenzaron hasta 2002 y se terminaron en 2008. Su capacidad de almacenamiento alcanza los 636 millones de m³, pero la cantidad que se espera recoger no supera los 146 millones de m³ anuales. Es la segunda presa más grande de Argelia después de la presa de Bani Haroun (Mila). No participará en el abastecimiento de la capital hasta el año 2012, con una cantidad anual estimada en 50 millones de m³ (Benbelkacem & Benallel, 2002). El resto del agua lo suministran otras cuatro wilayas: Medea, Tizi Ouzou, Bouira and M'sila.

La presa Souk Nathleta, que también se construirá en el interior lejano de wad Boukdoura, en el municipio de Tamit (Tizi Ouzou wilaya), tendrá una capacidad de almacenamiento de 150 millones de m³ (Hamadache, 2021). Debido al problema de expropiación, se suspendió el inicio de las obras hasta finales de 2011, siempre que la entrega completa del proyecto se realice dentro del año 2015.

Esta es la versión anterior de la compañía de edición limitada para comprar bienes raíces en un programa planificado que debe mencionarse aquí, así como los proyectos de agua programados para ello en el lejano interior del agua potable.

Para utilizar el agua desalada

Los periodos de sequía que ha vivido Argelia en la última década han aumentado la tasa de evaporación y las aguas superficiales se han vuelto insuficientes para cubrir las necesidades de la población de Argel.

El gobierno adoptó varios proyectos para depender de agua no convencional, sobre todo después del avance de la desalinización en el control del precio del litro local. Tenía previsto establecer 15 plantas desaladoras en todo el territorio nacional para el año 2015, para producir aproximadamente 2.3 millones de m³/día (Leila, 2021).

Gracias a ello, la ciudad de Argel se benefició de una planta desalinizadora en Hamma, con una capacidad de producción de 200 000 m³/día (Leila, 2021). Su interior inferior también se benefició en dos estaciones en Ras Jannat y Zeralda; su interior medio se benefició de la estación Fouka (Figura 7). Después de que la planta de Hamma entrara en la etapa de producción en 2008, la ciudad de Argel ganó la batalla del agua después de 11 años de problemas.

En ese momento se logró superar el problema de fluctuación en la distribución con la abundancia de agua 24h/24h en los grifos de los ciudadanos. Posteriormente, la dependencia de los pozos de agua subterránea se redujo a 200 000 m³/día después de haber alcanzado los 650 000 m³/día en 2006. En 2011 solo quedaban 175 pozos productivos. Esto permitió que el nivel de las aguas subterráneas aumentara de modo considerable y renovara sus reservas en Mtijah (Hamadache, 2021). En 2021, un nuevo plan de emergencia contempla el refuerzo de la capacidad

de producción de agua desalada mediante la construcción de una unidad de 250 000 m³/d de capacidad en la capital (Argel-oeste) y otra en Cap Djenat (Argel-este) de capacidad de 400 000 m³/d. Estos nuevos proyectos permitirían "reducir en un 72% el uso de aguas superficiales en la capital", según el director de recursos hídricos y seguridad hidráulica de la wilaya de Argel.

Observamos una extensión de la zona de influencia del agua hacia el este y el oeste después de la puesta en marcha de las plantas desaladoras en 2008. El suministro de agua potable para Argel ahora proviene principalmente de estas estaciones ubicadas a lo largo de la costa de Argel (Figura 7). Esta alternativa ha dado resultados satisfactorios, brindando un servicio de 24 horas, pero con costos excesivamente elevados, en comparación con los terrenos de agua.

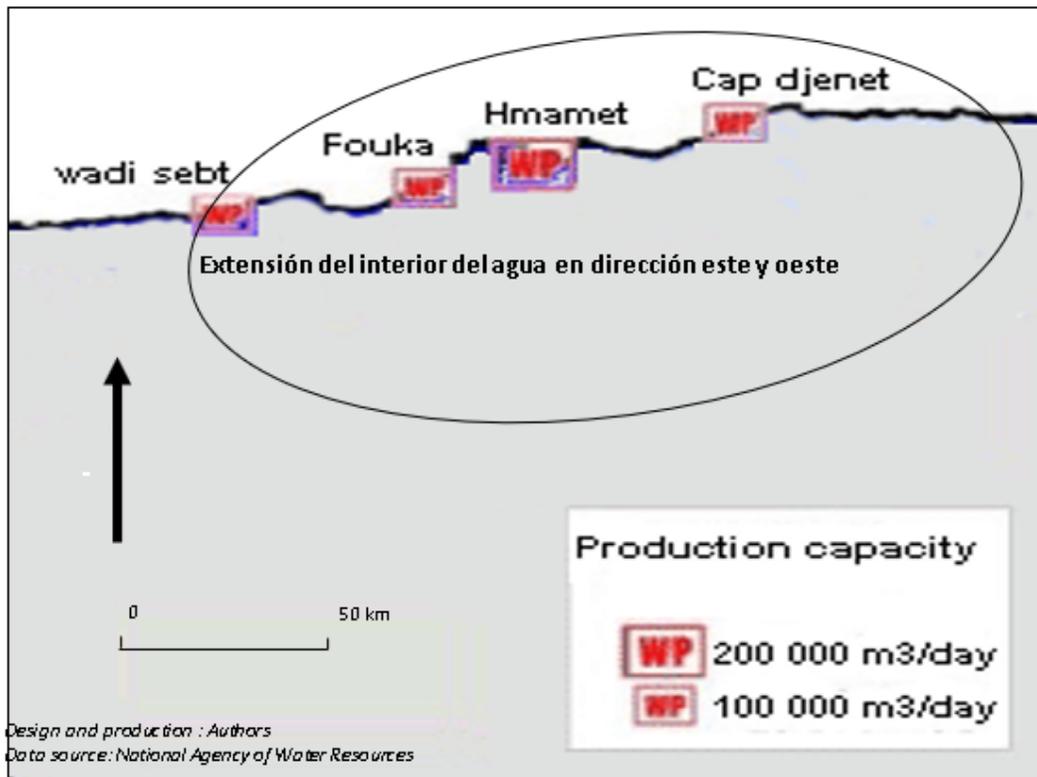


Figura 7. Ubicación de las plantas desaladoras en Argel.

Retos y oportunidades: comparación con ejemplos mediterráneos

Partiendo de un planteamiento comparativo de Argel con las demás metrópolis del sur occidental del mar Mediterráneo, hemos contrastado los resultados con la situación a escala de esta región que padecía las mismas condiciones climáticas. La Tabla 2 muestra los desafíos y oportunidades de la extensión del interior del agua para las ciudades ribereñas de la cuenca del Mediterráneo occidental. La comparación entre

las metrópolis de la orilla sur del mar Mediterráneo muestra desafíos similares, en particular entre Argel y Túnez. Rabat tiene ventajas relacionadas con las precipitaciones, donde esta ciudad aún no ha utilizado agua no convencional (desalinización). El único problema que pone en riesgo la sostenibilidad de este recurso es la sobreexplotación del agua con fines agrícolas.

Tabla 2. Desafíos y oportunidades del abastecimiento de agua en las metrópolis del sur occidental del Mediterráneo.

Ciudades del oeste del sur del Mediterráneo	Retos	Oportunidades
Argel, Argelia*	<ul style="list-style-type: none"> - La existencia de aguas subterráneas fósiles no renovables, pero mal explotadas - Los recursos hídricos están sujetos a una fuerte variabilidad temporal tanto estacional como interanual <ul style="list-style-type: none"> - Además están distribuidos geográficamente de manera desigual y sobre todo sin correspondencia con la ubicación de la demanda - Aguas subterráneas sobreexplotadas que provocaron el fenómeno de la intrusión marina 	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de agua no convencional mediante el uso de desalación (15 estaciones operativas con una producción en torno a los 2.5 millones de m³/d) - Una importante reserva de aguas fósiles sin explotar - La creación de la agencia nacional para la gestión integrada de los recursos hídricos (AGIR) para concretar las reformas emprendidas



Ciudades del oeste del sur del Mediterráneo	Retos	Oportunidades
Túnez, Túnez**	<ul style="list-style-type: none"> - La existencia de aguas subterráneas fósiles no renovables, pero mal explotadas - Los recursos hídricos están sujetos a una fuerte variabilidad temporal tanto estacional como interanual <ul style="list-style-type: none"> - Además están distribuidos geográficamente de manera desigual y sobre todo sin correspondencia con la ubicación de la demanda - Aguas subterráneas sobreexplotadas que provocaron el fenómeno de la intrusión marina 	<ul style="list-style-type: none"> - Compromiso con la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos mediante la implementación de un conjunto de reformas para sentar las bases de una gestión óptima, racional y sostenible de los recursos hídricos - Empleo de empresas privadas en la conservación y mantenimiento de las redes de trasvase y abastecimiento de agua potable
Rabat, Marruecos***	<ul style="list-style-type: none"> - Fenómeno de intrusión marina agravado por la sobreexplotación de aguas subterráneas con fines agrícolas - Evaporación intensa que conduce a una pérdida considerable de agua superficial 	<ul style="list-style-type: none"> - La existencia de una gran zona de captación en el interior de Rabat - Situación favorable donde la cadena de RIF constituye una barrera natural a las perturbaciones climáticas provenientes del océano - Generalización de la técnica económica de riego (86 %)

*ANRH (2022), síntesis inesperada de este estudio

**BPEH (2013)

***Snoussi (2018)



El crecimiento de la población, la rápida urbanización y el desarrollo económico aumentan las necesidades de suministro de agua mientras que el recurso es escaso (Taabni & Moulay-Driss, 2012). Sin embargo, el interior sigue siendo el embalse para abastecer a las tres ciudades con matices y fluctuaciones en función de los periodos de sequía. De cara al año 2100, los especialistas en climatología pronostican un calentamiento de 2.5 a 4.5 °C para los países del Magreb respecto a las temperaturas registradas a finales del siglo XX (GIEC-IPCC, 2008). Sin embargo, las consecuencias serán nefastas sobre la disponibilidad de recursos debido a la alta tasa de vaporización y, ciertamente, el *hinterland* de agua tendrá mayor extensión hacia las zonas más alejadas.

Conclusiones

La pregunta sigue sin respuesta para los responsables de este sector: las perspectivas de que estos proyectos de agua no satisfagan todas las necesidades diarias de agua de los residentes de la capital.

Si los estudios se habían abandonado al momento del inicio de una crisis hídrica en los límites de 2025, las expectativas que siguieron no respaldaron las proposiciones anteriores, en especial luego de la gran caída en el ritmo de crecimiento demográfico y urbano del país, y en particular, por la saturación del espacio que conoce la capital.

Al final de este trabajo, algunos puntos que vemos son muy sensibles en la gestión del sector del agua, particularmente en Argel, para

salvarse de futuras crisis severas. Es importante invertir en la renovación de los canales de suministro para reducir la alta tasa de pérdidas. Sin embargo, no es eficiente invertir grandes sumas de dinero en magnos proyectos sin ajustar el problema de desperdiciar casi la mitad del agua. Además, proponemos reconsiderar la tarificación aplicada, que es nueva, para que se aplique en quienes desperdician el recurso agua, y no equiparamos al economizador con el despilfarrador.

Para evitar problemas técnicos y de gestión en el futuro es necesario considerar una nueva política del agua como parte de los servicios de desarrollo urbano. Es importante desarrollar comunidades residenciales cerca de las fuentes de agua para atraer a los residentes hacia ellas, en lugar de transportar el agua largas distancias para satisfacer sus necesidades diarias. No hay duda de que esta estrategia no resolvería el problema a largo plazo, donde la complejidad y tamaño de la ciudad de Argel no será la actual. Por tanto, la sostenibilidad de los recursos hídricos debe ser tenida en cuenta para cualquier reflexión relacionada con la planificación y gestión de este escaso recurso. Además de ser económico, alejará a nuestras principales ciudades de graves crisis de agua en el futuro. Finalmente, hay que señalar que la mejor inversión en el campo del agua es educar a los ciudadanos en primer lugar para racionalizar el consumo y combatir la extravagancia utilizando todos los medios disponibles (audio, visual e impreso), con ese mismo propósito. Además, los que mejor se enmarcan en ello son los municipios y colectivos locales gracias a sus políticas de agua, clubes científicos, sociedades de vecinos y diferentes asociaciones ciudadanas.

Podemos concluir también la relación entre el espaciamiento del agua del interior y la escasez de agua superficial, especialmente en el caso de la indisponibilidad de agua no convencional (agua fósil, desalinización) y periodo de sequía.

Ciertamente, hemos propuesto soluciones para el problema de la extracción del agua del interior. No obstante, nuestro estudio tiene sus límites, porque los análisis realizados se refieren solo a la ciudad de Argel, excluyendo el problema del agua, que debe ser abordado en un marco más amplio a escala regional o incluso nacional.

Este trabajo se basa en datos oficiales de la Agencia Nacional de Recursos Hídricos, combinados con datos de campo cuantitativos y cualitativos. De hecho, podría ampliarse en perspectiva a otras ciudades, para delimitar las zonas de probable extensión de las zonas de influencia de las aguas y la delimitación también de las áreas de superposición.

El uso y aprovechamiento de los resultados de este trabajo por parte de los tomadores de decisiones o en el contexto de futuras investigaciones es una gran satisfacción para nosotros. La contribución será sin duda positiva para la mejora de la calidad de vida de la población de Argel.

Referencias

Abid, O., Benfetta, H. N., & Khaldi, A. (2019). Impact des changements climatiques sur la perte de capacités des barrages situés dans les zones arides et semi-arides. Quelques exemples algériens. 2nd International Conference on Water Resources (ICWR) Exploitation and Valorization 21-22 November, University Kasdi Merbah-Ouargla-Agep.

ANRH, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. (2022). *Agence Nationale des Ressources Hydrauliques*. Recovered from <http://www.anrh.dz>

BPEH, Bureau de Planification et des Équilibres Hydrauliques. (2013). Note from the Office of Planning and Hydraulic Balances in collaboration with the General Directorate of Rural Engineering and Water Exploitation (DGGREE), the National Company for the Exploitation and Distribution of Water (SONEDE) and the Office National Sanitation (ONAS). Recuperado de <https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Issues/Water/Handbook/Tunisia.pdf>

Benbelkacem, N., & Benallel, H. (2002). Problem of water supply in the wilaya of Algiers (Engineer's thesis). University of Sciences and Technology, Algeria.

Boudjadja, A., Messahel, M., & Pauc, H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau. Journal of Water Science*, 16(3), 285-304. Recuperado de <https://doi.org/10.7202/705508ar>

Chikhr-Saïdi, F. (1997). La crise de l'eau à Alger: Une gestion conflictuelle. Paris, France: L'Harmattan.

Djaffar, S., & Kettab, A. (April, 2018). La gestion de l'eau en Algérie: Quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir? *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 4(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/340005699_La_gestion_de_l'eau_en_Algerie_quelles_politiques_quelles_strategies_quels_avenir

Falcidieno, B., Pienovi, C., & Spagnulo, M. (1992). Descriptive modeling and prescriptive modeling in spatial data handling. In: GIS, from space to territory: Theories and methods of spatio-temporal Reasoning. International Conference, Pisa, Italy.

Grillot, D. (1986), Faisabilité d'un système d'ingénierie pour la réalisation de projets d'aménagement en eau à partir du modèle de simulation: MISE (Modèle Intégré de Gestion de l'Eau). 2 vol. Thèse d'Etat. Montpellier, France: Université de Sciences et Techniques du Languedoc.

GIEC-IPCC, Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat. (2008). *Bilan 2007 des changements climatiques: synthèse du rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC)*. Genève, Switzerland: Organisation Mondiale de Météorologie (OMM)/Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).

- Hamadache, A. (Octubre 26, 2021). Crise de l'eau à Alger : Le PDG de SEAAL s'explique. Recuperado de <https://www.algerie360.com/crise-de-leau-a-alger-le-pdg-de-seaal-sexplique/>
- Kadi, A. (1997). Water management in Algeria. *Hydrological Sciences Journal*, 42(2), 191-197. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/02626669709492019>
- Kameche-Ouzidane, D. (2013). Les aqueducs à souterazi de la Régence d'Alger. *e-Phaïstos. Revue d'histoire des techniques. Journal of the History of Technology*, II(2), 73-84. Recuperado de <https://doi.org/10.4000/ephaistos.7388>
- Lanter, D. (1992). *Intelligent Assistants for filling critical gaps in GIS: A research program (Technical Report 92-4)*. Santa Barbara, USA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Leila, B. (Septembre 18, 2021). Crise de l'eau: Une station de dessalement inaugurée à Alger. Recuperado de <https://www.algerie360.com/crise-de-leau-une-station-de-dessalement-inauguree-a-alger/>
- MEAT. (1997). *Drinking water supply for greater Algiers*. Algiers, Algeria: Interministerial Council.
- Meddi, H., & Meddi, M. (2009). Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Science et changements planétaires. Sécheresse*, 20(1), 57-65. Recuperado de <https://doi.org/10.1684/sec.2009.0169>

- Mutin, G. (2000). *L'eau dans le monde arabe*. Paris, France: Ellipses Édition Marketing S. A.
- ONS, Office National des Statistiques. (2008). *Algeria Population and Housing Census 2008*. Recovered from <https://ghdx.healthdata.org/record/algeria-population-and-housing-census-2008>
- Raymond, A. (2014). *La ville arabe, Alep, à l'époque ottomane: (XVIe-XVIIIe siècles)*. Presses de l'Ifpo. Recuperado de <http://books.openedition.org/ifpo/505>
- Remini, B. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides: Quelques exemples algériens. *Revue Sécheresse*, 20(1), 96-103.
- Safar-Zitoun, M. (2019). *Plan national de sécheresse*. Alger: Ministère de l'agriculture. Recuperado de [chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20national%20S%C3%A9cheresse%20Alg%C3%A9rie%20version3.2%20d%C3%A9f.300619-3-version-20-12-2019-converti.pdf](https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20national%20S%C3%A9cheresse%20Alg%C3%A9rie%20version3.2%20d%C3%A9f.300619-3-version-20-12-2019-converti.pdf)
- Santos, M. (1971). Croissance et urbanisation en Algérie, *Méditerranée*, 2(8), 731-740. DOI: 10.3406/medit.1971.1403. www.persee.fr/doc/medit_0025-8296_1971_num_2_8_1403
- Schilling, J., Freier, K. P., Hertig, E., & Scheffran, J. (2012). Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 12-26. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.04.021>

- Snoussi, M. (2018). Contribution to the development of the Integrated Coastal Zone Management Plan of the Rabat-Salé-Kenitra Region, Diagnosis of the coastal zones of the Rabat-Salé-Kenitra region. Recuperado de <https://www.swim-h2020.eu/wp-content/uploads/2018/09/2-Snoussi-Diagnostic-RSK-GIZC.pdf>
- Sutton, K., & Zaimeche, S. (1992). Water resource problems in Algeria. *Méditerranée*, 76(3), 35-43. Recuperado de <https://doi.org/10.3406/medit.1992.2762>
- Taabni, M., & Moulay-Driss, E. J. (Octobre-Décembre 2012). Eau et changement climatique au Maghreb: quelles stratégies d'adaptation? Recuperado de <http://journals.openedition.org/com/6718>; DOI: <https://doi.org/10.4000/com.6718>
- Tomlin, C. D. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. USA: Prentice Hall.
- Touazi, M., Pierre-Laborde, J., & Bhiry, N. (2004). Modeling rainfall-discharge at a mean inter-yearly scale in northern Algeria. *Journal of Hydrology*, 296(1), 179-191. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.030>
- Tvedt, T., & Oestigaard, T. (2016). *A history of water. Series III. Vol. 3. Water and Food*. London, UK: Bloomsbury Publishing.