ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

Canadian Consulting Engineering Awards 2016
exp Project Entry Binder

Category C | Water Resources

CANADIAN CONSULTING engineer

J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke

A High-Performance Plant – Vanguard of the Industry

exp.

www.exp.com

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

CANADIAN CONSULTING engineer

Confirmation Receipt from the online Official Entry Form & Project Outline

French and English versions

exp.

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

CANADIAN CONSULTING engineer

Entry Consent Form, signed by **Exp** Services inc. and the City of Sherbrooke

exp.

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

CANADIAN CONSULTING engineer

Full Project Description

J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke

English Version

Full Project Description
English Version

exp.

ENGLISH VERSION

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

Canadian Consulting Engineering Awards 2016
exp Project Entry Binder

Category C | Water Resources

CANADIAN CONSULTING engineer

J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke

A High-Performance Plant – Vanguard of the Industry

exp.

Exp Services Inc.
150, de Vimy Street, Sherbrooke (Quebec) J1J 3M7
T 819.562.3871 F 819.563.3850 exp.com

Innovation

The J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke, after its $31M upgrade to standards and complete restoration, can now supply more than 150,000 people with an approximative flow of 100,000 m^3/d. The **exp** team produced a trailblazing plant based on a sensible symbiosis of performing and state-of-the art technologies, as well as on an innovative approach in the management of calls for tenders for this project.

The Preselection of a Membrane Filtration System – Innovative Tendering Mode

J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke –

The supervision of the call for tenders for the preselection of the membrane filtration system – the first construction package to be awarded by contract – was a crucial step in this project. The selection criteria had to be equitable to all bidders, while ensuring a high-quality product meeting performance criteria determined by the City's needs. Furthermore, the design of the membrane filtration system had to be specific to the city of Sherbrooke, due to the high flow to be treated and the low discharge flow to sewers. One of the challenges was to guide the bidders in the detailed design of their respective system. This supervision required considerable knowledge of each competing system.

Main door view – Renovated existing plant

For calls to tender for the preselection, **exp** developed innovative performance specifications and a tender schedule to be completed by contractors. All equipment pieces and the general technical specifications included in their delivery were to be identified. This **unique 84-page schedule** provided an outstanding method of compliance verification of the system for the tender and shop drawing validation. This procedure prevented surprises related to elements that may not have been included in the contractor's tender otherwise, and that consequently could have driven up the project cost when discovered. This method allowed excellent control of project costs.

View of the J.-M.-Jeanson enlarged plant, following the upgrading to standards

In addition to supply, installation, commissioning and technical-detail costs about equipment pieces of the membrane filtration system, the tender schedule included an assessment of the building volume for the technology implementation, and the costs for energy consumption and replacement of the membrane modules as well as those related to wastewater discharge volumes. Thus, analysis of capital and operating costs from the tender could be performed in a well-structured framework, offering more than capital cost information and taking into consideration the impact of the selected technology on operating costs over a ten-year span. This call-for-tender method, which was fair to all bidders, **offered the City estimated savings of at least $1M**. The Pall pressure-driven microfiltration technology won the call for tenders for the first construction package (for preselection including supply and installation).

Water intake in Lake Memphrémagog

The Largest Drinking-Water Membrane Filtration Process in Québec

Following the adoption of the regulation on drinking-water quality in Québec, a process began initially consisting of studies and assessments of possible solutions for the upgrading to standards and retrofitting of the J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant (DWTP) in Sherbrooke, built in 1977 and supplied by Memphrémagog Lake, which is located 27 km from Sherbrooke.

The feasibility-study, laboratory-analysis and pilot-test reports and their results allowed the development of a treatment chain for an enlarged and restored new-generation plant, which now treats a particular type of water using pressure-driven membrane microfiltration, with a 0.1-micron porosity, followed by very-high-frequency ozonation and chlorination, while rejecting only a very small quantity of wastewater.

The particular project characteristics that led to this choice are described in the following Complexity section.

We had to design **Québec largest drinking-water membrane filtration process** on two floors to keep the plant compact due to the limited space available on the land lot. The primary membrane filtration system transforming raw water into drinking water has nine (9) membrane trains, including one for redundancy. The water produced is of exceptional quality, notably with an average turbidity of filtered water of only 0.011 NTU.

With a capacity of 96,200 m^3/d, Sherbrooke owns Québec's largest membrane filtration plant and the largest plant integrating the technology of very-high-frequency ozone

One of the Few Secondary Membrane Filtration Processes in America: a Benefit on Many Levels

The type of filtration process implemented in Sherbrooke should have little or no impact on the wastewater treatment facility, as the latter reaches the limit of its treatment capacity. Also, to meet the project budget constraints, no expansion should be required to the wastewater treatment facility or to the intermediate wastewater pumping stations.

For a conventional drinking water treatment system, about 10% of treated water is transferred as dirty water to the wastewater treatment facility. This diluted dirty water is more difficult to purify than concentrated sludge.

View of the membrane filtration room and a membrane train in the foreground

For Sherbrooke's drinking water treatment plant (DWTP), since its commissioning in February 2015, only 0.4% of treated raw water is transferred to the wastewater treatment facility in the form of concentrated sludge. Sherbrooke DWTP achieved this outstanding performance by treating at the source the dirty waters from the backwash of primary membranes. This dirty water is collected, treated by another membrane filtration system independent from the primary system called the secondary membrane filtration system. Moreover, the water is reused to backwash filters. In conventional processes, drinking water produced by the plant is simply used for backwashing. This selected type of secondary treatment on site is very rare in America. In a sustainable development perspective, this treatment process clearly has positive impacts on the environment and on the overall costs of the project.

The two (2) secondary membrane trains for the treatment of wastewater from the backwashing of filters

A Plant Without Chemicals Used in the Main Treatment Process

Thanks to filtration pilot tests on microfiltration membranes and ultrafiltration membranes with hollow fibres– filtering from the outside to the inside of the tubes – high-performance filtration was obtained. There was little waste while maintaining a very low turbidity of the treated water, and therefore an undeniable improvement of the water quality compared to direct filtration or with a membrane filtration from inside to outside of the tubes. Not all types of membranes offered excellent performance.

Management and supervision of equipment with a tablet computer in the plant

A major advantage discovered during studies and tests was that some types of membrane filtration did not require the use of coagulants, which are chemicals that form flocs to treat Sherbrooke's raw water. This solution without continuous dosing of chemicals, in addition to being economically advantageous, is beneficial for the environment and health of users. Moreover,

it generated less chemical sludge to be transferred and treated at the wastewater treatment facility. All this was undoubtedly a unique advantage over any other type of solutions.

Therefore, **exp** was able to design a plant with a process requiring no addition of chemicals in the treatment and transformation of raw water into drinking water, other than the addition of chlorine for the required maintenance of a residual in the distribution system, making this process a superb example of sustainable development.

The Largest Very-High-Frequency Ozonation System in the World – An Outstanding and Advantageous Technology

The treatment chain based in Sherbrooke is very efficient and produces excellent drinking water in terms of microbiological, physicochemical and organoleptic properties. The post-ozonation further increases water clarity, helps cut down trihalomethanes, tastes and odours in the water, and provides protection against cyanotoxins while contributing slightly to the disinfection. The new very-high-frequency ozone-producing technology, which is compact and extremely easy to maintain and does not require the addition of nitrogen, has been selected for this very-high flow usage. Through this project, we have designed the **largest very-high-frequency ozonation system in the world**.

Pump room serving the secondary membrane filtration and occasional chemical washing of the membranes

The very-high-frequency **ozone generator process** differs from that of low-frequency or medium-frequency ozone generators in many ways and has undeniable advantages over conventional technologies:

- Provides better ozone production rates while reducing the stress on the dielectrics.
- Produces much more quickly the desired plasma state.
- Does not require nitrogen injection upstream of the ozone generator.
- Each ozone-generating cell (QuadBlock™) is independent from the other, and the replacement time of one of them by operators is very short compared to that of conventional systems for which the plant operators are not authorized by manufacturers to open ozone generators.
- Requires much less space.
- The absence of stainless steel tanks in very-high-frequency systems is a major long-term advantage since the recurring problems of low-frequency and medium-frequency systems comes from the degradation of tank welds by nitric acid formed during the production of ozone.

Ozonation room with very-high frequency ozone generators

These very-high-frequency ozone generators are supplied with pure oxygen and save energy compared to the former plant generators, which were worn and expensive to maintain. The quality of produced water now surpasses by far the Québec regulation requirements.

The City of Sherbrooke's operators have expressed their great satisfaction and confirmed the new ozonation system offers much more operational flexibility, is almost maintenance free and uses significantly less power than a lower-frequency ozonation system.

Display panel on an ozone generator

Saving Energy and Chemicals

The use of variable-frequency drive starters on all major engines allows producing, without energy loss, the flow requested by the configured set point in the case of the specified water production and, in the case of the drinking water distribution system, monitoring in real-time the water demand while maintaining a preset outlet pressure.

Not using chemicals, in this primary membrane filtration, is also a clear advantage for any plant producing drinking water.

Only a 0.4% Discharge to the Sanitary Sewer

As explained in the above paragraph about the secondary membrane filtration, this is a key element of this project. It is exceptional for a plant that only 0.4% of treated raw water is transferred to the wastewater treatment facility through sanitary sewers in the form of concentrated sludge. This means that 99.6% of the raw water – a rate verified after one year of operation at the plant – is transformed into drinking water, which is a unique accomplishment. It is due to the secondary membrane filtration we have integrated into the project. It offers substantial savings for the City, preventing costs such as those linked to modifications to the wastewater treatment facility and to pumping systems up to the facility.

Only 0.4% of treated raw water is transferred to the wastewater treatment facility in the form of concentrated sludge. This means that the remaining 99.6% from the lake is transformed into

Protection Against Cyanobacteria and Cyanotoxins

One of the objectives of the treatment chain requested by the City was to offer protection against episodes of cyanobacteria proliferation in Memphrémagog Lake. The 0.1-micron microfiltration ensures a very robust physical barrier against cyanobacteria. Post-ozonation then removes 95% of cyanotoxins produced during the lysis (death) of cyanobacteria.

Advanced Automation

Full automation of the treatment chain is highly valued by the operators of the Sherbrooke plant. Programming for the perfect automation of the membrane filtration system (with 1,200 alarm points on membrane filtration process), the ozonation system, the disinfection system with liquid chlorine, and all the other critical plant equipment required unmatched teamwork between programmers, the Sherbrooke team of operators, and instrumentation, control and process engineers of our firm. The advanced automation of this new generation plant was essential. Teamwork to achieve this automation was a complete success.

Operational management with tablet computers near the equipment is an asset for this ultramodern plant on the cutting edge of technology.

The Plant of the Future

The quality of the water produced by the plant far exceeds current Québec regulations with its especially low suspended particulate rate (turbidity) of only 0.011 NTU. Approaching «zero discharge» and already visited by hundreds of people, the J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant is, without a doubt, an exceptional showcase for the production of water of the highest quality and leading technological advances that can inspire the consulting engineering industry and society for the future.

The **exp** firm encouraged local engineers to develop a new way to design a project that, in addition to being very innovative, has a significant positive impact on the profession. A course/conference on this project has been presented by **exp** every year since 2010. This three-hour session is part of the course «Design of Drinking Water Treatment Plants» given to the students of Bachelor's Degree of Civil Engineering and Master's Degree of Environment for the Engineering Faculty of the Université de Sherbrooke.

COMPLEXITY

Microfiltration test pilot unit on site

The great challenge for **exp** was to design a plant adapted to the particular case of lightly loaded raw water, but with a high concentration of carcinogenic trihalomethanes, requiring filtration in order to comply with current regulations, to meet the needs listed by our client and to overcome existing limitations.

Treatment of a Very Special Raw Water

Water to be treated from Memphrémagog Lake, being lightly loaded, represented a technical challenge for its treatment. The laboratory test results demonstrated that no conventional treatment could form a floc that would settle. Laboratory tests and then pilot tests with direct sand filtration have also been performed with limited success. This treatment process option was too delicate and produced a lot of wastewater.

The filtration pilot tests on microfiltration and ultrafiltration membranes with hollow fibres, filtering from the outside to the inside of the tubes, allowed high filtration volumes with very low discharge rate and turbidity. Those tests also identified a robust and safe process that does not require chemical dosing in primary treatment process. This interesting solution pertaining to the engineering, economic and environmental aspects offers a unique advantage over any other type of solution.

Treatment Chain

Milestones of the Treatment Chain with Raw Water Supply from Memphrémagog Lake		
	Before the Works	**After the Works**
PRIMARY Raw water turned into drinking water	Prechlorination using chlorine gas	Removed (thus the reduction of trihalomethanes [THMs])
	Microstraining (removal of coarse debris and algae only)	Removed
	No filtration	Primary membrane filtration (with 9 membrane trains), more specifically a pressure-driven 0.1-micron microfiltration of raw water without coagulation/flocculation. Filtration is critical for upgrading to standards. Note: Possibility of adding a primary flocculation step in the future, as needed.
	Low-frequency ozonation from compressed air	Very-high-frequency ozonation (with 3 ozone generators) from pure liquid oxygen without adding nitrogen (also contributes to the reduction of THMs, treats taste and odour, and attenuates the colour).
	Post-chlorination with chlorine gas before reservoir	Post-chlorination with liquid chlorine.
	Compliance with disinfection standards for viruses, only in the reservoir	Compliance with disinfection standards for viruses, Giardia and Cryptosporidium, with filtration and in the reservoir.
	System distribution pumping	System distribution pumping with four (4) 350 HP pumps replaced.
	Additional post-chlorination with chlorine gas to maintain a residual in the distribution system	Additional post-chlorination with sodium hypochlorite to maintain a residual in the distribution system (+ post-chlorination added at the emergency pumping station)
SECONDARY Dirty water from primary washing transformed into clean water for backwashing	No treatment or optimization of wastewater before discharge to the sewer.	Secondary membrane filtration (with 2 membrane trains), more specifically a pressure-driven microfiltration with coagulation/flocculation of dirty waters used in primary washing and to be reused and treated for the washing of membrane filters, resulting in the low discharge of 0.4% of wastewater in the sewer. Thus, 99.6 % of the raw water entering the plant is turned into drinking water.

Limited Space Available

Before upgrading-to-standard works, the footprint of the existing plant, Block A, was about 1,350 m^2. The space available to expand this plant expected to serve more than 170,000 people was very small. Adjacent to the existing plant, the land lot is landlocked to the east by Sainte-Catherine Road, to the north by a university building, and to the west by the vast 89,000 m^3 J.-M.-Jeanson Reservoir on which is built the University's artificial-turf soccer/football field. There was only one strip of land left on the west side, bounded by a stream that we did not want to move due to environmental concerns and costs. The expansion of the plant, Block B, occupies a footprint of 1,165 m^2. The building of the enlarged and restored plant has a total footprint of 2,515 m^2.

Membrane train under construction

View of the hall housing the five (5) 200 HP primary supply pumps and pre-sieving in the basement

With a small footprint available, the membrane filtration process suited the requirements of this project thanks to the small space it requires. Moreover, an important innovation was to successfully develop the relatively very large membrane filtration system on the building's two floors, whereas this is usually done on a single floor. Several adjustments to the standard process of the membrane filtration system had to be devised based on hydraulic profiles of the various membrane treatment steps and on the reuse of the existing ozonation basins and the drinking water reservoir already on site. A multi-storey building is always more economical than one that occupies a large footprint, which represents another advantage of a system over two floors. This innovative design made it possible to integrate the plant within available spaces located near existing municipal facilities and helped meet the project construction budget.

Operation Continuity

For public health and safety issues, drinking water supply to users of the city of Sherbrooke had to be maintained at all times. Thanks to a complex logistics, the execution of some plant construction works was organized to not hinder at any time the production and the distribution of drinking water. The contractor and the team on site had to be and were made aware of this reality. Previously, we had also planned a bypass conduit of 750 mm in diameter to allow the continuity of raw water entering the plant.

The contractual documents, references for the contractor, specified that the latter had a duty to maintain the continuity of plant operations during the works, in perfect coordination – or synchronization – with the activities of plant operators. We proposed, for reference purposes, a sequence of fairly elaborate works in the tender documents to guide the contractor in the order of the steps. The performance objective was to minimize disruptions of the drinking water treatment plant and to plan them to prevent an interruption in the distributing of system drinking water. This was complex given the scope of the modification works in the existing portion of the plant. The upgrading to seismic standards of the existing building structure to be renovated also had to be carried out without stopping operations. The excellent co-operation between all stakeholders was essential and, thanks to the analytical ability of the site team, this portion of the works was also an undeniable success.

View of a pressure-driven microfiltration valve rack on a membrane train

The nine (9) primary membrane filtration trains

Other Considerations

Other key elements to consider included the need for a plant which is economical in terms of capital and operations, with a minimal discharge into sewers, solving the issue of too much trihalomethanes in the system, ensuring adequate protection against cyanobacteria and cyanobacterial toxins, being safe for operators, and reusing as much as possible the existing parts of the plant.

View of the facades of primary membrane trains

SOCIAL AND ECONOMIC ADVANTAGES

Social Advantages

Since February 2015, the City of Sherbrooke has been distributing water complying with bacteriological and physicochemical sections of the Québec Regulation respecting the quality of drinking water, protecting the health of users, and whose turbidity average is often 0.011 NTU, almost 10 times less than the requirement of 0.1 NTU, which is exceptional.

As the plant reaches performance beyond current regulation requirements, it has leeway pertaining to any future strengthening of standards by just adding membrane modules on membrane trains already installed in order to meet a possible flow increase.

The social acceptability of the project was a clear success in that it was built on the current plant site and, moreover, its well-orchestrated plan ensured a continuity of plant operations without activity interruption for the benefit of users. But even more, Sherbrooke's citizens are now very happy to drink water of a higher quality.

The replacement of chlorine gas (very toxic if leaked in the plant or in the atmosphere) with liquid chlorine for the final disinfection is an undeniable improvement to the safety of the many residents of the city, the plant operators and the main campus of the Université de Sherbrooke, which is located next to the plant.

All air passing through the chemical tanks, for the preparation of chemical solutions and for the neutralization, is isolated from the plant ambient air, thereby maintaining an excellent indoor air quality. The membrane filtration room is equipped with a powerful dehumidifier significantly reducing the risk of equipment corrosion caused by excessive humidity. All noisy equipment pieces were isolated in dedicated rooms.

Liquid-chlorine disinfection system with metering pumps and real-time analyzers

An upgrading to seismic standards to the existing building was done.

Increasing the capacity of the generators – through the addition of a 1,000 kW generator and the recovery and reconditioning of a 1,000 kW generator – aimed chiefly to power the new membrane filtration in case of power failures and to protect the electricity supply of the city. Electrical systems connected to these generators also allow for electricity load shedding on the Hydro-Sherbrooke network during peak periods or major power failures.

We have paid particular attention to the natural light in the plant, specifically by installing wider windows on the south side of the building. Some windows on the west facade offer the operators a magnificent view of Mount Orford and parts of the city of Sherbrooke.

The Sherbrooke drinking water plant provides all the functionality required by this type and size of the plant for the operators' convenience. Thus, the plant is fitted with well-equipped chemical laboratory and microbiology laboratory, a control room with multiple screens and diverse graphic dashboards, a workshop, storage areas, offices, meeting rooms and living spaces for operators, like a kitchen and a dining room, washrooms and showers for men and women.

The plant operators were consulted several times to confirm if the development concept within the plant matched their expectations. Several modifications were made during the preparation of plans and specifications to fully satisfy the operators, facilitate their work and let in natural light.

However, the first concern was always the health and safety of workers. The exterior works allow the safe delivery of chemicals, including pure liquid oxygen and reception of heavy equipment. In addition, **exp** provided for oxygen sensors, ozone detectors in ambient air, emergency eye washes and showers in the chemical dosing rooms, bracket sleeves at the top of the access hatches of tanks to ensure safety in confined spaces, a hydraulic lift and dock leveller and a fenced and locked zone around the pure liquid oxygen tank with a fireproof concrete slab to prevent explosions in case of liquid oxygen spills during delivery.

Microbiology laboratory

Control room

Economic Advantages

The process of drinking water production has been designed to minimize energy consumption. Thus, energy performance criteria were set for the ozonation and membrane filtration systems. Furthermore, the process does not generate peak power demands because **variable-frequency drive starters equipped with anti-harmonic systems were installed on all high-capacity pumps**. They allow modulating the rotational speed of motors and pumps according to actual needs. The specified and commissioned motor-pump groups are energy efficient.

The plant's very low discharge to the sewer treatment facility prevented the expansion of the latter.

The operating costs of such a technologically advanced DWTP are lower than that of a conventional plant (25% lower) for the following reasons:

- coagulation and flocculation are not required upstream of the primary filtration. Whereas injecting a coagulant has the effect of decreasing the pH of the water, raising the pH of the filtered water is not required. Thus, the DWTP avoids injecting continuously at least three chemicals used conventionally;
- the transfer of sludge or wastewater to the wastewater treatment facility is much lower compared to a conventional plant;
- concentrated sludges are easier to purify than diluted dirty water from a conventional filter backwash;
- very-high-frequency ozonation is also highly energy efficient.

To save energy, the outdoor lights are controlled by photocells.

View of the enlarged portion (Block B) of the plant

Tank of pure liquid oxygen for ozonation

In 2012, **the project budget** for the work of upgrading to standards and complete restoration of the plant was **$35M**. **The project was completed in 2015 at a cost of $31.4M, 10% less than expected**, resulting from the preliminary selection of the treatment process, pre-purchase of a few large equipment pieces with a long delivery timeframe (two 1,500 kW transformers, from 25,000 V to 600 V, reinforced 3,200 A switching cabinet, etc.), a competition between contractors with detailed

plans and specifications and a close monitoring of costs on site throughout the two-and-a-half-year construction period. Despite some inevitable unforeseen site costs, mainly related to the existing part of the building, and some additions under construction requested by the City, **the project was completed at a cost below budget limits set by the City**.

Construction costs lower by 10% of
the initial budget planned!

BENEFITS FOR THE ENVIRONMENT

View of Memphrémagog Lake, near the water intake

This plant has been designed in compliance with the principles of sustainable development and based on minimizing energy consumption and use of chemicals.

The water used in occasional chemical membrane cleaning processes is always neutralized on site and its quality is controlled automatically before it is transferred to the sanitary sewer. The quality of the neutralized wastewater far exceeds the standards of the City of Sherbrooke's regulations on discharges to sewers.

No chemical product other than liquid chlorine is continuously injected in the raw water treatment into drinking water, which is exceptional. This feature compared to a conventional plant protects the health of users and the environment since the manufacture and transport of these products are not required, unlike other process types.

An ozone destructor in the ozonation room destroys any surplus ozone at the top of the air/ozone contact basins to prevent any ozone emission into the atmosphere.

In addition, there is a minimal amount of chemical sludge discharged into the sanitary sewer unlike more conventional methods (0.4% of the flow versus 10% for a conventional plant).

The use of variable-frequency drive starters on major pumps of the plant minimizes energy consumption. The heat recovery of engines has also been a concern at all times. It is used for heating the building through the ventilation systems.

The following architectural developments were incorporated into the design of the DWTP in order to minimize the project's environmental impacts:

- contemporary architecture integrated harmoniously with the existing building and the surrounding environment;
- use of masonry instead of steel studs, masonry having a greater life cycle and requiring much less energy to produce;
- exemplary building insulation for an energy-efficient building, with a rock fibre insulation made from recycled materials;
- installed Low-E fenestration with argon, a non-toxic gas renowned for its high-insulating capacity;
- reduction of heat islands by installing a white roof.

Recycled ozone destructor

A retention basin with a flow regulator was built at the exit of the plant, upstream of the receiving water course to reduce peak flows of stormwater from the roof and parking lots, thereby mitigating the impact on the stream.

The abundant use of materials such as SAE 316 stainless steel, or other materials suitable for the transport of specific chemicals, highlighted a real preoccupation pertaining to the service life of the project. The existing building, fully reused, fulfills important processing functions thanks to its general upgrading and upgrading to seismic standards. Our design also took into account possible expansions of the newly built plant. Moreover, we have paid special attention to the recycling of equipment during construction, such as former ozone generators, a generator group, a synchronization cabinet, six microsieves and chlorinators.

Outdoor lighting facing downwards was designed in compliance with the protection regulation of the International Dark Sky Reserve of Mont-Mégantic to fight against light pollution. HPS 1,700-kelvin orange lights were used to ensure the maintenance of the starry sky without lighting toward the sky. The regulation to protect the dark sky is an obligation for the City of Sherbrooke, because it lies in the immediate radius of protection of the Reserve surrounding the Observatory.

Pump room for the drinking water distribution system (4 x 350 HP), each pump with a variable frequency drive starter

SATISFACTION OF CLIENT'S REQUIREMENTS

The **exp** firm had to deal with the requirements and needs of the City of Sherbrooke which, with its experience in operating the existing plant, has collaborated extensively with **exp**. Our client communicated their satisfaction with the new plant, its performance and ease of operation.

A Successful Partnership: **exp** – City of Sherbrooke

The requirements to be met included:

- Meeting the Québec drinking-water quality regulations.
- Developing a treatment process that can treat lightly loaded raw water as well as controlling trihalomethanes, taste and odour issues.
- Developing an economical solution through the maximum recovery of existing structures.
- Aiming for easy and fully automated operations with excellent efficiency.
- Designing a plant that is economical to operate.
- Considering the small space available on the land lot.
- Preventing the expansion of the wastewater treatment facility through the generation of a very low flow discharge to sewers.
- Minimizing the impacts on the receiving sewer system and the wastewater treatment facility, which reached its maximum operating capacity.
- Ensuring adequate protection against cyanobacteria and cyanotoxins.
- Securing facilities against potential leakage of chlorine gas that could cause harm to the plant operators, the population (close proximity to the Université de Sherbrooke) and the environment.

All these requirements have been met through the treatment chain with pressure-driven 0.1-micron membrane filtration generating ultra-low turbidity of 0.011 NTU, secondary membrane filtration to minimize discharges, ozonation and safe chlorination with liquid chlorine.

The continuity of the plant operation for the production and distribution of drinking water was carried out with tight logistics, which was the result of a complex plan developed in collaboration with the operators of the plant.

> Sherbrooke's Drinking Water Treatment Plant, with its vital importance to the health and public safety of the city, truly represents a successful symbiosis of design of new, efficient and innovative treatment technologies which are used and organized to serve sustainable development and to produce water of exceptional quality.
> The plant of the future is now within your reach!

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

CANADIAN CONSULTING engineer

Full Project Description

J.-M.-Jeanson Drinking Water Treatment Plant in Sherbrooke

French Version

exp.

Full Project Description
French Version

VERSION FRANÇAISE

ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERING COMPANIES | CANADA
ASSOCIATION DES FIRMES D'INGÉNIEURS-CONSEILS | CANADA

Prix canadiens du génie-conseil 2016
Cahier du projet d'**exp**

Catégorie C | Ressources hydriques

CANADIAN CONSULTING engineer

Usine de production d'eau potable J.-M.-Jeanson de Sherbrooke

Une usine d'avant-garde et ultra-performante

Les Services **exp** inc.
150, rue de Vimy, Sherbrooke (Québec) J1J 3M7
T 819.562.3871 F 819.563.3850 exp.com

Innovation

L'usine de production d'eau potable J.-M.-Jeanson de Sherbrooke, suite à sa mise aux normes et à sa restauration complète au coût de 31 M$, alimente maintenant plus de 150 000 usagers avec un débit d'environ 100 000 m^3/j. L'équipe d'**exp** a produit une usine d'avant-garde en misant sur une symbiose judicieuse de technologies ultra-performantes et innovantes ainsi que sur une approche novatrice dans l'encadrement d'appels d'offres liés au projet.

Présélection du système de filtration membranaire : mode de soumission novateur

L'usine de production d'eau potable J.-M.-Jeanson de Sherbrooke : modèle technologique d'avant-garde!

L'encadrement de l'appel d'offres de présélection du système de filtration membranaire, ayant pour but de constituer le premier lot de construction à adjuger par contrat, a été une étape cruciale du projet. Il était impératif que les critères de sélection soient justes et équitables pour tous les soumissionnaires, tout en assurant un produit de grande qualité et répondant aux critères de performance établis pour satisfaire les besoins de la Ville. Par ailleurs, la conception du système de filtration membranaire devait être spécifique au cas de Sherbrooke, particulièrement en raison du grand débit à traiter et du faible débit de rejet fixé. Un des aspects du défi était donc d'encadrer les soumissionnaires dans la conception de détails de leurs systèmes respectifs. Cet encadrement nécessitait une grande connaissance de chacun des systèmes en compétition.

Vue porte principale - Usine existante rénovée

Pour l'appel d'offres de présélection, **exp** a donc élaboré un devis de performance et un bordereau de soumission innovants que devait compléter l'entrepreneur. Tous les équipements et leurs caractéristiques techniques générales faisant partie de sa fourniture devaient y être identifiés. Ce **bordereau technique inédit de 84 pages** constituait une méthode de vérification hors pair de la conformité du système proposé en soumission puis à l'étape de validation des dessins d'atelier. Cette procédure a permis d'éviter les surprises quant aux éléments qui auraient pu ne pas être inclus dans la soumission de l'entrepreneur et qui, par conséquent, auraient pu faire grimper le coût du projet. Cette méthode a donc permis un excellent contrôle des coûts de projet.

Vue de l'usine J.-M.-Jeanson agrandie, suite à la mise aux normes

En plus des prix de fourniture, d'installation, de mise en route et des détails techniques concernant les équipements composant le système de filtration membranaire, le bordereau de soumission incluait une évaluation du volume de bâtiment nécessaire à l'implantation de la technologie, les coûts de consommation énergétique, de remplacement des modules membranaires ainsi que ceux liés aux volumes d'eau de rejet. Ainsi, une analyse des coûts d'immobilisations et d'exploitation soumissionnés pouvait être réalisée dans un cadre étroitement balisé, ne se limitant pas aux coûts d'immobilisations, mais prenant en considération l'impact de la technologie retenue sur les coûts d'opération pendant dix ans. Cette méthode d'appel d'offres, juste et équitable pour tous les soumissionnaires, a **amené à la Ville des économies évaluées à au moins 1 M$**. La technologie de microfiltration sous pression de Pall a remporté l'appel d'offres du premier lot de construction (présélection incluant fourniture et installation).

Prise d'eau dans le lac Memphrémagog

Le plus grand procédé de filtration membranaire en eau potable au Québec

Suite à l'adoption du Règlement sur la qualité de l'eau potable du Québec, débutait un processus constitué, au départ, d'études et de vérifications de solutions possibles pour la mise aux normes et la remise à niveau de l'usine de production d'eau potable (UPEP) J.-M.-Jeanson de Sherbrooke, usine construite en 1977 et s'alimentant à partir du lac Memphrémagog, situé à 27 km de Sherbrooke.

Les rapports d'avant-projet, d'analyses de laboratoire et d'essais pilotes ainsi que leurs résultats ont permis l'ébauche d'une filière de traitement menant à une usine de nouvelle

génération, agrandie et complètement restaurée, qui traite aujourd'hui une eau particulière à partir d'une filtration membranaire de type microfiltration sous pression avec porosité de 0,1 µm suivie d'une ozonation à très haute fréquence et d'une chloration, tout en ne générant qu'une infime quantité d'eaux sanitaires à rejeter.

Les caractéristiques particulières qui ont mené à ce choix sont décrites dans le prochain chapitre traitant de l'aspect « complexité ».

Nous avons dû concevoir **le plus grand procédé de filtration membranaire en eau potable au Québec** et le positionner sur deux étages pour satisfaire les besoins de grande compacité de l'usine découlant du peu d'espace disponible sur le terrain. Le système de filtration membranaire primaire transformant l'eau brute en eau potable possède neuf (9) trains membranaires dont un en redondance. L'eau produite est de qualité tout à fait exceptionnelle avec, notamment, sa turbidité moyenne à l'eau filtrée de seulement 0,011 UTN.

> Avec une capacité de 96 200 m³/j, Sherbrooke détient la plus grande usine de filtration membranaire au Québec et la plus grande usine intégrant le mode de production d'ozone à très haute fréquence au monde!

Vue de la salle de filtration membranaire et d'un train membranaire en avant-plan

Une des rares filtrations membranaires secondaires en Amérique : un bénéfice à plusieurs niveaux

Le type de procédé de filtration mis en place à Sherbrooke devait avoir peu ou pas d'impact sur la station d'épuration des eaux usées, cette dernière atteignant la limite de sa capacité de traitement. Aussi, afin de respecter les contraintes budgétaires du projet, aucun agrandissement ne devait être requis à la station d'épuration ou aux postes de pompage intermédiaires d'eaux usées.

Pour un système de production d'eau potable conventionnel, environ 10 % de l'eau traitée est transférée sous forme d'eaux sales vers la station d'épuration. Ces eaux sales sont diluées, plus difficiles à épurer que des boues concentrées.

Les deux (2) trains membranaires secondaires pour le traitement des eaux sales issues du lavage des filtres

Dans le cas de l'UPEP de Sherbrooke, depuis sa mise en route en février 2015, seulement 0,4 % de l'eau brute traitée est transférée à la station d'épuration sous forme de boues concentrées. L'UPEP de Sherbrooke atteint cette performance exceptionnelle grâce à un traitement à la source des eaux sales issues du rétrolavage des membranes primaires. Ces eaux sales sont récupérées, traitées par un autre système de filtration membranaire indépendant du système primaire et appelé « système de filtration membranaire secondaire ». Elles sont, de plus, réutilisées pour relaver les filtres à contre-courant. Habituellement, on utilise directement et plus simplement l'eau potable produite par l'usine pour les rétrolavages. Ce type de traitement secondaire in situ est très rare en Amérique. Toujours dans une perspective de développement durable, il est incontestable que ce traitement a des impacts positifs sur l'environnement et sur les coûts globaux du projet.

Gestion et surveillance possible des équipements par tablette électronique dans l'usine

Une usine sans produits chimiques en filière de traitement principale

Grâce aux essais pilotes de filtration sur des membranes de microfiltration et d'ultrafiltration à fibres creuses, filtrant de l'extérieur vers l'intérieur des tubes, des volumes de filtration très performants ont été obtenus. Il y avait peu de rejets tout en maintenant une très basse turbidité à l'eau traitée, et donc une amélioration de la qualité de l'eau indéniable par rapport à la filtration directe ou avec une filtration membranaire filtrant de l'intérieur vers l'extérieur des tubes.

En effet, ce ne sont pas tous les types de membranes qui permettaient d'obtenir d'excellentes performances. Un des principaux avantages découverts en cours d'études et d'essais a été que certains types de filtration membranaire ne nécessitaient pas l'utilisation de coagulant, produit chimique permettant la formation de flocs pour traiter l'eau brute de Sherbrooke. Cette solution sans dosage en continu de produits chimiques, en plus d'être avantageuse économiquement, était très intéressante au plan environnemental et de la santé des usagers, en plus de générer moins de boues chimiques à transférer et à traiter par la station d'épuration. Tout ceci constituait sans contredit un avantage inédit sur tout autre type de solution.

Salle des pompes desservant la filtration membranaire secondaire et les lavages chimiques occasionnels des membranes

C'est pourquoi **exp** a pu concevoir une usine sans ajout de produits chimiques dans la filière de traitement entre l'eau brute et l'eau potable autre que l'ajout de chlore pour le maintien essentiel d'un résiduel en réseau, ce qui en fait un bel exemple de développement durable.

Le plus important système d'ozonation à très haute fréquence au monde : technologie hors du commun et extrêmement avantageuse

La chaîne de traitement installée à Sherbrooke est très performante de par l'excellente qualité microbiologique, physico-chimique et organoleptique de l'eau potable produite. La post-ozonation avait pour but de permettre d'augmenter encore plus la limpidité de l'eau, de contribuer à diminuer les trihalométhanes, d'abattre substantiellement les goûts et odeurs de l'eau et d'assurer une protection contre les cyanotoxines tout en contribuant légèrement à la désinfection. La toute nouvelle technologie de production d'ozone à très haute fréquence, très compacte, extrêmement facile d'entretien et ne requérant pas l'ajout d'azote, a donc été retenue pour utilisation à très grand débit. Ce faisant, nous avons donc conçu **le plus important système d'ozonation à très haute fréquence au monde**.

Salle d'ozonation avec ozoneurs à très haute fréquence

La **génération d'ozone** par ozoneurs à très haute fréquence se distingue de celle par ozoneurs à basse ou à moyenne fréquence de plusieurs façons et présente des avantages indéniables sur les technologies conventionnelles :

- Permet d'obtenir de meilleurs rendements de production d'ozone tout en diminuant le stress sur les diélectriques.
- Produit beaucoup plus rapidement l'état de plasma recherché.
- Ne requiert pas d'injection d'azote en amont de l'ozoneur.
- Chaque cellule de génération d'ozone (QuadBlock^{MD}) est indépendante l'une de l'autre et le temps de remplacement de l'une d'elles par les opérateurs est très court comparativement aux systèmes conventionnels où les opérateurs d'usines ne sont pas autorisés par les fabricants à ouvrir les générateurs d'ozone.
- Requiert beaucoup moins d'espace.
- L'inexistence de cuves en acier inoxydable pour les systèmes à très haute fréquence est un atout majeur à long terme puisqu'un des problèmes récurrents des systèmes à basse et à moyenne fréquence est issu de la dégradation des soudures des cuves par l'acide nitrique formé lors de la production d'ozone.

Panneau d'affichage sur un ozoneur

Ces ozoneurs à très haute fréquence sont alimentés à l'oxygène pur et sont plus économiques au plan énergétique que ceux de l'usine existante qui étaient usés et coûteux en entretien. La qualité de l'eau produite surpasse maintenant largement la réglementation québécoise en vigueur.

De façon concrète, les opérateurs de la Ville de Sherbrooke nous ont fait part de leur grande satisfaction et nous ont confirmé que le nouveau système d'ozonation présente beaucoup plus de flexibilité d'opération, est presque sans entretien et consomme nettement moins d'énergie qu'un système d'ozonation à plus basse fréquence.

Économie d'énergie et de produits chimiques

L'utilisation de démarreurs de type entraînement à fréquence variable sur tous les moteurs d'importance permet de produire, sans perte d'énergie, le débit demandé selon le point de consigne préfixé dans le cas de la production d'eau demandée et, dans le cas de la distribution d'eau potable en réseau, de suivre la demande instantanée en eau tout en maintenant une pression de sortie préfixée.

Le fait de ne pas utiliser de produits chimiques comme c'est ici le cas, en filtration membranaire primaire, constitue également un net avantage pour toute usine de production d'eau potable.

Seulement 0,4 % de rejet à l'égout sanitaire

Tel qu'expliqué à l'item portant sur la filtration membranaire secondaire, ce point est un élément clé du projet. Il est exceptionnel pour une usine que seulement 0,4 % de l'eau brute traitée soit transférée à la station d'épuration par le biais du réseau d'égout sanitaire sous forme de boues concentrées. Ceci signifie que 99,6 % de l'eau brute, rendement vérifié après un an d'opération à l'usine, est transformée en eau potable, ce qui est sans égal. La filtration membranaire secondaire que nous avons introduite dans le projet en est responsable et génère de grandes économies à la Ville, lui évitant entre autres de coûteux ajustements à sa station d'épuration et en systèmes de pompage jusqu'à la station.

> Seulement 0,4 % de l'eau brute traitée est transférée à la station d'épuration sous forme de boues concentrées. Donc, 99,6 % de l'eau brute du lac entrant est transformée en eau potable, ce qui est sans égal.

Protection contre les cyanobactéries et cyanotoxines

L'un des objectifs de la chaîne de traitement demandés par la Ville était de se protéger en cas d'épisodes de prolifération des cyanobactéries dans le lac Memphrémagog. La microfiltration à 0,1 µm assure une barrière physique très robuste contre les cyanobactéries. La post-ozonation assure ensuite un enlèvement de 95 % des cyanotoxines produites lors du phénomène de lyse (mort) des cyanobactéries.

Automatisation poussée

L'automatisation totale de la chaîne de traitement est très appréciée par les opérateurs de l'usine de Sherbrooke. La programmation pour obtenir une automatisation parfaite du système de filtration membranaire (1 200 points d'alarme en filtration membranaire), du système d'ozonation, du système de désinfection au chlore liquide, et de tous les autres équipements essentiels de l'usine a demandé un travail d'équipe incomparable entre les différents programmeurs, l'équipe d'opérateurs de Sherbrooke et les ingénieurs en instrumentation, contrôle et procédé de notre firme. L'automatisation poussée d'une telle usine de traitement de nouvelle génération était essentielle. Le travail d'équipe pour atteindre cette automatisation en a fait une réussite complète.

L'opération possible par tablettes électroniques près des équipements constitue aussi un atout pour cette usine ultra-moderne et à la fine pointe de la technologie.

L'usine du futur

La qualité de l'eau produite par cette usine surpasse de beaucoup la réglementation québécoise en vigueur avec notamment son faible taux de particules en suspension (turbidité) à seulement 0,011 UTN. S'approchant du « zéro rejet » et déjà visitée par des centaines de personnes, l'usine de production d'eau potable J.-M.-Jeanson constitue, à n'en pas douter, une vitrine exceptionnelle au plan de la production d'une eau de très grande qualité et une avancée technologique de premier plan dont l'industrie du génie-conseil et la société peuvent déjà s'inspirer pour le futur.

La firme **exp** a permis aux ingénieurs d'ici de développer une nouvelle façon de concevoir un projet qui, en plus d'être très innovateur, a un impact positif marqué sur la profession. Un cours-conférence sur ce projet est présenté par **exp** à chaque année depuis 2010, cours de trois heures dans le cadre du cours « Conception de stations de production d'eau potable » donné aux étudiants du baccalauréat en génie civil et de la maîtrise en environnement de la Faculté de génie de l'Université de Sherbrooke.

COMPLEXITÉ

Unité d'essai pilote in situ par microfiltration sous pression

Le grand défi d'**exp** était de concevoir une usine adaptée au cas particulier d'une eau brute très peu chargée mais présentant une problématique de trihalométhanes trop élevés, qui nécessitait une filtration afin de se conformer à la réglementation en vigueur et qui devait satisfaire les besoins énumérés par notre client et les contraintes existantes.

Traitement d'une eau brute très particulière

L'eau à traiter du lac Memphrémagog, étant peu chargée, représentait tout un défi technique de traitement. Les résultats d'essais de laboratoire démontrèrent qu'aucun traitement conventionnel ne s'était avéré apte à former un floc décantable. Des essais en laboratoire et, ensuite à l'échelle pilote avec la filtration directe sur sable, ont également été réalisés avec un succès mitigé. Ce procédé de traitement constituait une option de traitement trop fragile et générait beaucoup d'eau de rejet.

Ce sont les essais pilotes de filtration sur des membranes de microfiltration et d'ultrafiltration à fibres creuses, filtrant de l'extérieur vers l'intérieur des tubes, qui ont permis d'obtenir des volumes très performants, avec peu de rejets et une très basse turbidité. Ils ont aussi permis d'identifier un procédé robuste, sécuritaire et ne nécessitant pas de dosage de produits chimiques en filière de traitement primaire, solution excessivement intéressante au plan ingénierie, économie et environnement et constituant un avantage inédit sur tout autre type de solution.

Chaîne de traitement

Étapes importantes de la chaîne de traitement avec approvisionnement en eau brute à partir du lac Memphrémagog		
	Avant les travaux	**Suite aux travaux**
PRIMAIRE Eau brute transformée en eau potable	Préchloration au chlore gazeux	Enlevée (d'où réduction des trihalométhanes (THM))
	Microtamisage (enlèvement des algues et débris grossiers seulement)	Enlevé
	Aucune filtration	Filtration membranaire primaire (9 trains membranaires) de type microfiltration sous pression à 0,1 µ de l'eau brute et sans coagulation/floculation. La filtration est essentielle pour la mise aux normes. Note : possibilité d'ajouter une floculation primaire dans le futur, au besoin.
	Ozonation à basse fréquence à partir d'air comprimé	Ozonation (3 ozoneurs) à très haute fréquence à partir d'oxygène liquide pur mais **sans ajout d'azote** (contribue aussi à la réduction des THM, traite les goûts et odeurs et diminue la couleur).
	Post-chloration au chlore gazeux avant réservoir	Post-chloration au chlore liquide.
	Respect des normes de désinfection pour virus seulement en réservoir	Respect des normes de désinfection pour virus, Giardia et Cryptosporidium avec filtration et en réservoir.
	Pompage de distribution en réseau	Pompage de distribution en réseau avec les quatre (4) pompes de 350 HP remplacées.
	Post-chloration d'appoint au chlore gazeux pour maintien d'un résiduel en réseau	Post-chloration d'appoint à l'hypochlorite de sodium pour maintien d'un résiduel en réseau (+ post-chloration ajoutée au poste de pompage d'urgence).
SECONDAIRE Eaux sales de lavage primaire transformées en eau propre de rétrolavage	Aucun traitement ni optimisation des eaux sales avant rejet à l'égout	Filtration membranaire secondaire (2 trains membranaires) de type microfiltration sous pression avec coagulation/floculation des **eaux sales ayant servi aux lavages primaires** en vue d'une **réutilisation de cette eau ainsi traitée** pour le lavage des filtres membranaires, d'où le faible rejet de 0,4 % d'eaux résiduaires à l'égout. Donc, 99,6 % de l'eau brute entrant dans l'usine est transformée en eau potable.

Espace disponible restreint

Train membranaire en construction

Avant les travaux de mise aux normes, l'empreinte au sol de l'usine existante, appelée « Bloc A », était d'environ 1 350 m^2. L'espace disponible pour agrandir cette usine appelée à desservir plus de 170 000 personnes était très restreint à côté de l'usine existante, le terrain étant enclavé à l'est par le chemin de Sainte-Catherine, au nord par un bâtiment universitaire, à l'ouest par l'immense réservoir J.-M.-Jeanson de 89 000 m^3 sur lequel est construit un terrain de soccer/football à surface synthétique pour l'Université. Il ne restait qu'une bande de terrain du côté ouest, limitée par un cours d'eau que nous ne voulions pas déplacer par souci environnemental et de coûts. L'agrandissement de l'usine, appelée « Bloc B », occupe 1 165 m^2 de terrain et le bâtiment de l'usine agrandie et restaurée occupe maintenant une superficie au sol de 2 515 m^2.

Vue de la salle des cinq (5) pompes d'alimentation primaire de 200 HP et du prétamisage au sous-sol

Étant à l'étroit dans cet espace, la filtration membranaire, avec sa faible superficie d'implantation, était donc tout indiquée pour être appliquée au cas de Sherbrooke. D'ailleurs, une des innovations importantes a été de réussir à positionner ce système de filtration membranaire de très grande envergure sur deux étages de bâtiment, alors qu'habituellement, cela ne se fait que sur un étage. Plusieurs ajustements au procédé standard du système de filtration membranaire ont dû être imaginés en fonction des profils hydrauliques des différentes étapes de traitement membranaire et de la réutilisation des tours d'ozonation existantes et du réservoir d'eau potable déjà en place. Une construction de bâtiment en hauteur est toujours plus économique que lorsque celui-ci occupe une grande empreinte au sol, ce qui représente un autre avantage du système sur deux étages. Cette conception innovatrice a donc permis d'intégrer l'usine à l'intérieur des espaces disponibles situés à proximité des équipements municipaux existants et d'être un des facteurs qui ont fait que le budget de construction du projet a été respecté.

Vue d'une tête de train membranaire de type microfiltration sous pression

Continuité d'opération

Pour des **questions de santé publique et de sécurité civile**, l'alimentation en eau potable aux usagers de la Ville de Sherbrooke devait être maintenue en tout temps. L'exécution de certains travaux de construction de l'usine a dû être orchestrée de manière à ne nuire en aucun temps à la production et à la distribution d'eau potable, par le biais d'une logistique complexe. Il était essentiel de conscientiser l'entrepreneur et l'équipe présente au chantier à cette réalité. Au préalable, nous avions aussi prévu une conduite de dérivation de 750 mm de diamètre pour permettre la continuité d'entrée d'eau brute à l'usine.

Les documents contractuels auxquels devait se référer l'entrepreneur spécifiaient que ce dernier avait l'obligation de maintenir la continuité d'opération de l'usine pendant les travaux, et ce, en parfaite coordination (ou synchronisation) avec les activités des opérateurs de l'usine. Nous avions proposé une séquence des travaux assez élaborée à titre indicatif dans les documents d'appel d'offres pour guider l'entrepreneur dans l'ordre de réalisation des étapes à franchir. L'objectif de performance visé était de minimiser les arrêts de l'UPEP et de bien planifier ceux-ci de manière à ne jamais arrêter de distribuer de l'eau potable en réseau. Cet exercice était complexe étant donné l'envergure des travaux de modification dans la partie de l'usine existante. La mise aux nouvelles normes parasismiques de la structure du bâtiment existant de l'usine à rénover a également dû se faire pendant l'opération en continu. L'excellente collaboration entre tous les intervenants était essentielle et, grâce au discernement de l'équipe de chantier, cet aspect des travaux a également été une réussite indéniable.

Les neuf (9) trains de filtration membranaire primaire

Autres considérations

La nécessité d'obtenir une usine économique en immobilisations et en exploitation, ayant un rejet minimal à l'égout, réglant la problématique des trihalométhanes trop élevés en réseau, permettant d'assurer une protection adéquate contre les cyanobactéries et les cyanotoxines, devant être sécuritaire pour les opérateurs et permettant de réutiliser le plus possible les parties existantes de l'usine, représentait également des éléments clés à considérer.

Vue des façades des trains membranaires primaires

BÉNÉFICES SOCIAUX ET/OU ÉCONOMIQUES

Bénéfices sociaux

Depuis février 2015, la Ville de Sherbrooke distribue une eau potable conforme aux normes bactériologiques et physico-chimiques du Règlement sur la qualité de l'eau potable du Québec, ce qui est un avantage certain pour la préservation de la santé des usagers, et dont la turbidité moyenne se situe souvent à 0,011 UTN, presque 10 fois inférieure à l'exigence de 0,1 UTN, ce qui est exceptionnel.

Comme l'usine atteint des performances au-delà de la réglementation actuelle, elle possède une marge de manœuvre vis-à-vis tout resserrement futur des normes permettant simplement d'ajouter des modules membranaires sur les trains membranaires déjà installés pour combler une augmentation éventuelle du débit.

L'acceptabilité sociale du projet a été un franc succès du fait que le projet a été réalisé sur le site de l'usine actuelle et, surtout, qu'une planification bien orchestrée a assuré une continuité d'opération de l'usine sans interruption de ses activités pour le bénéfice des usagers. Mais plus encore, les citoyens de la Ville sont maintenant très heureux de boire une eau de qualité supérieure.

Le remplacement du chlore gazeux (très toxique lors de fuites éventuelles dans l'usine ou dans l'atmosphère) par le chlore liquide pour la désinfection finale est une indéniable amélioration de la sécurité des nombreux résidents de la Ville, des opérateurs de l'usine ainsi que du campus principal de l'Université de Sherbrooke, sis à côté de l'usine.

Système de désinfection au chlore liquide avec pompes doseuses et analyseurs en continu

La totalité de l'air devant transiter dans les réservoirs de produits chimiques, de préparation de solutions chimiques et de neutralisation, est isolée de l'air ambiant de l'usine, assurant ainsi le maintien d'une excellente qualité de l'air intérieur. La salle de filtration membranaire est également desservie par un puissant déshumidificateur diminuant de façon marquée le risque de corrosion des équipements par humidité excessive. Tous les équipements bruyants ont été isolés dans des salles dédiées. Une mise aux normes parasismiques du bâtiment existant a aussi été réalisée.

L'augmentation de la capacité des génératrices (ajout d'une génératrice de 1 000 kW ainsi que la récupération et la restauration d'une génératrice de 1 000 kW) avait pour objectif principal de pouvoir desservir la nouvelle filtration membranaire en cas de panne électrique et d'accroître la sécurisation de l'approvisionnement en électricité de la Ville. Les systèmes électriques raccordés à ces génératrices permettent aussi de faire du délestage d'électricité sur le réseau d'Hydro-Sherbrooke en période de pointe ou de panne majeure de courant électrique.

Nous avons apporté un soin particulier à l'entrée de lumière naturelle dans l'usine en favorisant notamment une plus large fenestration du côté sud du bâtiment. Quelques fenêtres sur la façade ouest permettent aux opérateurs d'avoir une vue sur le mont Orford et une partie de la ville de Sherbrooke.

L'UPEP de Sherbrooke fournit toutes les fonctionnalités requises pour ce type d'usine et l'envergure de son installation, ceci pour le bien-être des opérateurs. Ainsi, l'usine est équipée d'un laboratoire de chimie et d'un laboratoire de microbiologie très bien pourvus, d'une salle de contrôle à écrans d'ordinateur multiples et à pages

graphiques diversifiées, d'un atelier de travail, d'espaces de rangement, de bureaux, d'une salle de réunion, et autres espaces de vie pour les opérateurs tels une cuisine et salle à manger, des salles de toilettes et douches pour hommes et femmes, etc.

Les opérateurs de l'usine ont été consultés à plusieurs reprises pour valider si le concept d'aménagement intérieur de l'usine correspondait à leurs attentes. Plusieurs retouches ont été apportées lors de la préparation des plans et devis pour que le résultat satisfasse pleinement les opérateurs, facilite leur travail, et laisse entrer la lumière naturelle.

Laboratoire de microbiologie

Toutefois, le souci premier a toujours été la santé et la sécurité des travailleurs. L'aménagement extérieur permet la livraison sécuritaire de produits chimiques, notamment de l'oxygène liquide pur et la réception d'équipements lourds. De plus, **exp** a prévu des détecteurs d'oxygène, des détecteurs d'ozone dans l'air ambiant, des douches d'urgence et lave-yeux dans les salles de dosage de produits chimiques, des manchons de potence au haut des trappes d'accès des bassins pour assurer la sécurité en espace clos, un monte-charge hydraulique et un quai niveleur ainsi qu'un secteur clôturé et verrouillé autour du réservoir d'oxygène liquide pur avec dalle ignifuge en béton pour éviter les explosions en cas de déversement d'oxygène liquide lors des livraisons.

Salle de contrôle

Bénéfices économiques

Le procédé de production d'eau potable a été conçu dans l'optique de minimiser la consommation énergétique. Ainsi, des critères de performance énergétique ont été fixés pour les systèmes d'ozonation et de filtration membranaire. De plus, le procédé ne génère pas de pointe de consommation électrique puisque des **démarreurs de type entraînement à fréquence variable munis de systèmes anti-harmoniques** ont été installés sur toutes les pompes de grande capacité. Ils permettent de moduler la vitesse de rotation des moteurs et des pompes en fonction des besoins véritables. Les groupes pompe-moteur spécifiés et mis en opération sont tous à haut rendement énergétique.

Le très faible rejet à l'égout de cette usine a évité la nécessité d'agrandir la station d'épuration.

Les coûts d'exploitation d'une UPEP aussi technologiquement avancée sont moins élevés que pour une usine conventionnelle (25 % moins élevés) pour les raisons suivantes :

- la coagulation et floculation ne sont pas requises en amont de la filtration primaire. Considérant que l'injection d'un coagulant a pour conséquence de faire diminuer le pH de l'eau, un redressement du pH de l'eau filtrée n'est donc pas requis. Ainsi, l'UPEP évite d'injecter au moins trois produits chimiques en continu;
- le transfert d'une infime quantité de boues ou eaux résiduaires vers la station d'épuration est nettement inférieur par rapport à une usine conventionnelle;
- ces boues, plus concentrées, sont d'ailleurs plus faciles à épurer que les eaux sales, plutôt diluées, issues d'un lavage de filtre conventionnel;
- l'ozonation à très haute fréquence est aussi très peu énergivore.

Pour économiser de l'énergie, les lumières extérieures sont contrôlées par le biais de cellules photoélectriques.

Vue de la partie agrandie (bloc B) de l'usine

Réservoir d'oxygène liquide pur pour ozonation

En 2012, **le budget du projet** pour les travaux de mise aux normes et de restauration complète de l'usine était de **35 M$. Le projet s'est terminé en 2015 à un coût de 31,4 M$, soit 10 % de moins**, résultant de la présélection préalable du procédé de traitement, des préachats de quelques gros équipements d'envergure à long délai de livraison (deux transformateurs de 1 500 kW chacun de 25 000 V à 600 V, armoire de commutation blindée de 3 200 A, etc.), d'une mise en concurrence des entrepreneurs avec des plans et devis détaillés et d'un suivi serré des coûts en chantier tout le long de la période de construction de 2½ ans. Malgré quelques inévitables coûts d'imprévus de chantier, majoritairement liés à la partie existante du bâtiment, et quelques ajouts demandés par la Ville en cours de réalisation, **le projet s'est terminé à un coût bien en deçà des limites budgétaires prévues par la Ville**.

> Des coûts de construction inférieurs de 10 % au budget initial prévu!

BÉNÉFICES POUR L'ENVIRONNEMENT

Vue du Lac Memphrémagog, à proximité de la prise d'eau

Cette usine a été conçue en respectant les principes de développement durable et en fonction de minimiser l'énergie consommée et l'utilisation de produits chimiques.

Les eaux utilisées dans les processus de lavage chimique occasionnel des membranes sont toujours neutralisées in situ et leur qualité est contrôlée automatiquement avant qu'elles soient transférées à l'égout sanitaire. La qualité des eaux de rejet neutralisées surpasse largement les normes du Règlement sur les rejets à l'égout de la Ville de Sherbrooke.

Aucun autre produit chimique que le chlore liquide n'est injecté en continu dans la filière de traitement de l'eau brute en eau potable, ce qui est exceptionnel. Cette particularité, par rapport à une usine conventionnelle, a un impact positif sur la protection de la santé des usagers mais aussi sur l'environnement puisque la fabrication et le transport de ces produits ne sont pas requis contrairement à ailleurs.

Un destructeur d'ozone dans la salle d'ozonation détruit tout surplus d'ozone au haut des tours de contact d'ozone afin d'empêcher tout rejet d'ozone dans l'atmosphère.

De plus, il n'y a qu'une minime quantité de boues chimiques à rejeter à l'égout sanitaire contrairement aux procédés plus conventionnels (0,4 % de débit versus 10 % pour une usine conventionnelle).

L'utilisation de démarreurs de type entraînement à fréquence variable sur les pompes d'importance de l'usine minimise la consommation énergétique. La récupération de la chaleur des moteurs a également été une préoccupation de tous les instants. Elle sert au chauffage du bâtiment par le biais des systèmes de ventilation.

Destructeur d'ozone recyclé

Les aménagements architecturaux suivants ont aussi été retenus dans la conception de l'UPEP, et ce, de manière à minimiser les impacts environnementaux du projet :

- architecture de facture contemporaine s'intégrant harmonieusement avec le bâtiment existant et dans le milieu environnant;
- utilisation de la maçonnerie au lieu de colombages d'acier, la maçonnerie ayant un cycle de vie plus grand et nécessitant beaucoup moins d'énergie à produire;
- l'isolation du bâtiment est exemplaire puisqu'en plus de rendre le bâtiment peu énergivore, l'isolant en fibre de roche utilisé est lui-même fabriqué à partir de matériaux recyclés;
- la fenestration mise en place est de type « Low-e » avec argon, gaz non toxique, et réputé pour ses hautes capacités d'isolation;
- diminution des îlots de chaleur par la mise en place d'un toit de couleur blanche.

Un bassin de rétention avec régulateur de débit a été construit à la sortie de l'usine, en amont du cours d'eau récepteur, afin de diminuer les pointes de débit des eaux pluviales du toit et des stationnements et, de ce fait, atténuer l'impact sur le cours d'eau.

L'utilisation abondante de matériaux tels l'acier inoxydable 316 ou d'autres matériaux adaptés au transport de certains produits chimiques fait état d'une préoccupation certaine vis-à-vis la durée de vie du projet. Le bâtiment

existant, entièrement réutilisé, remplit d'importances fonctions de traitement grâce à sa remise à niveau et sa mise aux normes parasismiques. Notre conception a aussi pris en compte de possibles agrandissements de l'usine nouvellement construite. De plus, nous avons accordé une attention particulière au recyclage de matériaux pendant les travaux tels les ozoneurs, groupe électrogène, armoire de synchronisation, 6 microtamis, chlorateurs, etc.).

Salle des pompes de distribution d'eau potable en réseau (4 x 350 HP) avec entraînement à fréquence variable

L'éclairage extérieur orienté vers le bas a été conçu en accord avec les règles de protection de la Réserve internationale de ciel étoilé du Mont-Mégantic et dans une optique de lutte contre la pollution lumineuse. Des lumières de type HPS de couleur orange (1 700 kelvin) ont été utilisées pour s'assurer du maintien du ciel étoilé sans aucun flux lumineux vers le ciel. La réglementation pour protéger le ciel étoilé est une obligation pour la Ville de Sherbrooke puisqu'elle se situe dans le rayon de protection immédiat de la Réserve desservie par l'Observatoire.

Un partenariat à succès : exp – Ville de Sherbrooke

SATISFACTION DES BESOINS DU CLIENT

La firme **exp** a dû composer avec les besoins incontournables exprimés par la Ville de Sherbrooke qui, forte de son expérience d'exploitation de l'usine existante, a largement collaboré avec nous. Notre cliente nous a fait part de sa grande satisfaction vis-à-vis sa nouvelle usine, son rendement et sa facilité d'opération.

Parmi les points qu'il nous fallait satisfaire, mentionnons notamment :

- Respecter les normes de la réglementation québécoise.
- Élaborer un procédé de traitement capable de traiter une eau brute peu chargée et en mesure de contrôler les trihalométhanes en réseau et problèmes de goûts et d'odeurs.
- Élaborer une solution économique en immobilisations par la récupération maximale des ouvrages existants.
- Viser une exploitation facile et entièrement automatisée avec un excellent rendement.
- Veiller à concevoir une usine à exploitation économique.
- Tenir compte de l'exiguïté de l'espace de terrain disponible.
- Éviter l'agrandissement de la station d'épuration grâce à la génération d'un très faible débit d'eaux rejeté à l'égout.
- Minimiser les impacts sur le réseau d'égout récepteur et sur la station d'épuration des eaux usées qui atteignait sa capacité maximale d'exploitation.
- Assurer une protection adéquate contre les cyanobactéries et les cyanotoxines.
- Sécuriser les installations contre une fuite potentielle de chlore gazeux qui aurait pu causer des torts aux opérateurs de l'usine, à la population (grande proximité avec l'Université de Sherbrooke) et à l'environnement.

Tous ces points ont pu être respectés grâce à la chaîne de traitement avec filtration membranaire sous pression à 0,1 µm générant une turbidité ultrafaible de 0,011 UTN, la filtration membranaire secondaire pour minimiser les rejets, l'ozonation et la chloration sécuritaire au chlore liquide.

La continuité d'opération de l'usine pour la production et la distribution d'eau potable a été réalisée par une logistique serrée qui est le fruit d'une réflexion complexe élaborée en collaboration avec les opérateurs de l'usine.

L'usine de production d'eau potable de Sherbrooke, au cœur d'une ville de par son importance vitale au plan de la santé et de la sécurité publique, représente véritablement un modèle de symbiose réussie de nouvelles technologies de traitement performantes et innovantes utilisées et agencées dans une perspective de développement durable, en vue de produire une eau de qualité exceptionnelle. L'usine du futur est maintenant à votre portée!