

SYNTHESE / EXTENDED ABSTRACT
FRANÇAIS / ENGLISH

REUTILISATION DES EAUX EN CONTEXTE INDUSTRIEL

**ORIGINES ET USAGES DES EAUX INTERNES / EXTERNES :
CADRE, POTENTIEL, TECHNOLOGIES ET RETOURS D'EXPERIENCES**

WATER REUSE IN AN INDUSTRIAL CONTEXT

***INTERNAL/EXTERNAL WATER SOURCES AND USES:
FRAMEWORK, POTENTIAL, TECHNOLOGIES, AND FEEDBACK***

Août 2026

R. DECLERCQ, S. DERIEN, J. EPAILLARD – Ecofilae



Créée à l'initiative du Ministère en charge de l'Environnement, l'association RECORD est depuis 1989, le catalyseur d'une coopération entre industriels, institutionnels et chercheurs.

Acteur reconnu de la recherche appliquée dans le domaine des déchets, des sols pollués et de l'utilisation efficace des ressources, RECORD a comme objectif principal le financement et la réalisation d'études et de recherches dans une perspective d'économie circulaire.

Les membres de ce réseau (groupes industriels et institutionnels) définissent collégialement des programmes d'études et de recherche adaptés à leurs besoins. Ces programmes sont ensuite confiés à des structures spécialisées, publiques ou privées.

Avertissement :

Les rapports ont été établis au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

Ces documents comprennent des propositions ou des recommandations qui n'engagent que leurs auteurs. Sauf mention contraire, ils n'ont pas vocation à représenter l'avis des membres de RECORD.

- ✓ Pour toute reprise d'informations contenues dans ce document, l'utilisateur aura l'obligation de citer le rapport sous la référence :

RECORD, Réutilisation des eaux en contexte industriel - Origines et usages des eaux internes / externes : cadre, potentiel, technologies et retours d'expériences, 2026, 101p, n°24-0337/1A

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l'ADEME (Agence de la transition écologique)
www.ademe.fr

© RECORD 2026

RESUME

Dans un contexte marqué par une demande en eau croissante, des sécheresses de plus en plus fréquentes et intenses, et le changement climatique, la réutilisation des eaux constitue un levier prometteur pour de nombreux territoires et secteurs d'activité. La réutilisation des eaux en milieu industriel recouvre de multiples formes et implique à la fois des sources et des usages en eau internes et externes aux sites. Cette diversité rend les approches et les textes réglementaires difficiles à standardiser.

Le cadre réglementaire français est très récent : il a permis en grande partie de clarifier et d'harmoniser ces exigences avec des règles qui diffèrent selon les usages et les origines de l'eau.

L'étude évalue le potentiel de réutilisation des eaux pour les industriels en France. Elle met en évidence des opportunités significatives, particulièrement en zones littorales, ou sur des synergies entre industriels, dans la logique de favoriser les échanges d'eau entre acteurs d'un même territoire.

Par ailleurs l'étude présente en détails plusieurs technologies de traitement adaptées à la réutilisation des eaux : elles permettent d'atteindre des niveaux de qualité compatibles avec différents usages identifiés.

Enfin, onze cas types, inspirés de retours d'expérience, sont analysés et détaillés sur des aspects techniques, réglementaires, économiques, juridiques, ou encore de gestion des risques. Ils illustrent la diversité des approches possibles et fournissent des exemples concrets de mise en œuvre.

MOTS CLES

Réutilisation des eaux; REUT ; Traitement tertiaire ; Qualité de l'eau ; Gestion des risques sanitaires ; Empreinte eau ; Conformité réglementaire ; Valorisation des effluents ; Eaux non-conventionnelles ; Refroidissement et chauffage industriels ; Nettoyage industriel ; Eau de pluie ; Eau pluviale ; Industries agro-alimentaires ; Usages domestiques ; Usages urbains ; Irrigation et épandage agricole

SUMMARY

Against a backdrop of rising water demand, increasingly frequent and intense droughts, and climate change, water reuse stands out as a promising lever for many territories and sectors of activity. Water reuse in industrial settings encompasses multiple forms and involves both internal and external sources and uses of water. This diversity makes approaches and regulatory texts difficult to standardize.

The French regulatory framework is very recent: it has largely helped clarify and harmonize these requirements, with rules that differ depending on water uses and sources.

The study assesses the potential for water reuse for industrial operators in France. It highlights significant opportunities, particularly in coastal areas, and in industrial synergies, aiming to promote water exchanges between actors within the same territory.

Furthermore, the study presents in detail several treatment technologies adapted for water reuse, enabling water quality levels compatible with the identified uses.

Finally, eleven typical case studies, inspired by real-life experience, are analyzed and detailed from technical, regulatory, economic, legal, and risk management perspectives. They illustrate the diversity of possible approaches and provide concrete examples of implementation.

KEY WORDS

Water reuse ; REUSE; Tertiary treatment ; Water quality ; Health risk management ; Water footprint ; Regulatory compliance; Valorization of effluents; Valorization of wastewater; Non-conventional water; Industrial cooling and heating; Industrial cleaning ; Rainwater ; Runoff water ; Food & Beverage Industry; Domestic uses ; Urban uses ; Agriculture irrigation and land spreading

Contexte et objectifs de l'étude

Le secteur industriel est amené à s'adapter dans un contexte croissant de périodes de sécheresse et de restrictions en eau. La **réutilisation des eaux non conventionnelles** apparaît comme une **solution opérationnelle et structurante** pour limiter les prélèvements en eau, mais également pour limiter l'impact des rejets. Elle s'inscrit dans une logique d'écologie industrielle, elle permet également aux industriels de s'intégrer localement et de s'adapter au contexte hydrique territorial.

Cette pratique reste récente, parfois complexe à mettre en œuvre, et multiple dans les formes qu'elle peut prendre. En France elle s'inscrit dans un cadre réglementaire en évolution, visant à concilier performance industrielle, protection des milieux et maîtrise des risques sanitaires.

Dans ce contexte, l'association RECORD a souhaité établir un **guide à destination des porteurs de projet** de réutilisation des eaux dans le secteur industriel. Ce guide se veut accessible pour les porteurs de projet novices sur la thématique. Il est associé et fait référence à un rapport d'étude détaillé, objet de la présente synthèse. Le plan ci-dessous suit le plan du rapport.

Eléments de cadrage

Dans une première section « Eléments de cadrage » sont détaillés : la **terminologie** couramment utilisée (principalement issue de la NF ISO20670), les principales **normes** françaises et internationales existantes, **les formes de réutilisation** rencontrées dans le secteur industriel (appelées ici des « types » de réutilisation), mais également **le cadre et les textes réglementaires** associés.

Si l'étude s'attache à renvoyer le lecteur vers les textes et références réglementaires associés à leur projet, elle n'intègre pas de synthèse réglementaire : les textes et les cas de figures sont trop nombreux. Seul le contexte pour les industries agro-alimentaire est précisé. Une analyse réglementaire comparative à d'autres pays est également intégrée à l'étude.

Trois types de réutilisation des eaux pour les industriels sont ainsi définis. Ils permettent une distinction claire selon l'origine de l'eau (le gisement), les usages, et les gestionnaires et propriétaires en charge et responsables du projet :

- Type 1 : Mobilisation d'un gisement en ENC non issu d'un site industriel, par exemple des eaux usées traitées rejetées par une STEU municipale, pour des usages sur un site industriel. Ce type peut impliquer un EPCI en charge de l'assainissement municipal ;
- Type 2 : Réutilisation d'un gisement en ENC issu d'un site industriel (eaux de pluie, eaux de process, eau de refroidissement, etc.) pour des usages sur un site industriel, identique ou différent du site d'origine des eaux. Ce type, qui ne fait intervenir que des industriels, se décline en trois sous-types :
 - Type 2a, réutilisation en boucle sur un même usage chez un unique industriel ;
 - Type 2b, réutilisation en cascade, l'eau produite par un usage A alimentant un usage B généralement moins exigeant en qualité ;
 - Type 2c, cascade identique mais entre deux industriels différents, dans une logique de synergie locale.
- Type 3 : Réutilisation d'un gisement en ENC issu d'un site industriel (eaux de pluie, eaux de STEI, eaux de process, eau de refroidissement, etc.) pour des usages non industriels sur le territoire environnant le site (par ex : usages municipaux, agriculteurs, recharge de milieux...).

Context and objectives of the study

The industrial sector is having to adapt to an increasing number of drought periods and water use restrictions. The **reuse of non-conventional water** appears as an **operational and structuring solution** to limit water withdrawals, while also limiting the impact of discharges. It is part of an industrial ecology approach, and it also allows industrial operators to integrate locally and adapt to the local water context.

This practice is still recent, sometimes complex to implement, and can take many different forms. In France it is governed by an evolving regulatory framework, aimed at reconciling industrial performance, protection of the environment and management of health risks.

In this context, the RECORD association wished to produce **a guide for project developers** involved in water reuse in the industrial sector. This guide is intended to be accessible to project developers who are new to the subject. It is linked to, and refers to, a detailed study report, which is the subject of this summary. The outline below follows the outline of the report.

Framework elements

A first section, "Framework elements", details: the **terminology** commonly used (mainly drawn from NF ISO20670), the main French and international **standards** currently in force, **the forms of reuse** encountered in the industrial sector (referred to here as "types" of reuse), and also **the framework and regulatory texts** involved.

While the study aims to direct the reader towards the regulatory texts and references associated with their project, it does not provide a regulatory summary: the texts and possible situations are too numerous. Only the context for the agri-food industry is detailed. A comparative regulatory analysis of other countries is also included in the study.

Three types of industrial water reuse are thus defined. They allow a clear distinction based on the origin of the water (the source), the uses, and the managers and owners in charge of and responsible for the project:

- Type 1: mobilisation of a non-conventional water source not originating from an industrial site, for example treated wastewater discharged by a municipal wastewater treatment plant (WWTP), for uses on an industrial site. This type may involve a local authority in charge of municipal sanitation;
- Type 2: reuse of a non-conventional water source originating from an industrial site (rainwater, process water, cooling water, etc.) for uses on an industrial site, whether the same site or a different one from which the water originated. This type, which only involves industrial operators, is broken down into three sub-types:
 - Type 2a, reuse in a closed loop for a single use at one industrial site;
 - Type 2b, cascading reuse, where water produced by use A supplies use B, which generally requires a lower quality level;
 - Type 2c, an identical cascade but between two different industrial operators, as part of a local synergy.
- Type 3: reuse of a non-conventional water source originating from an industrial site (rainwater, industrial WWTP water, process water, cooling water, etc.) for non-industrial uses within the surrounding territory (e.g. municipal uses, farmers, environmental recharge, etc.).

Le **cadre et les textes réglementaires** diffèrent selon le type de réutilisation des eaux. Ils diffèrent également selon la nature de l'usage : la réutilisation des eaux est ainsi possible et encadrée pour les **familles d'usages** suivantes :

- La famille 1 regroupe les usages domestiques (chasses d'eau, arrosage des espaces verts et jardins potagers, lavage du linge et des sols intérieurs, nettoyage des surfaces extérieures, alimentation de fontaines décoratives...), fixés par une liste fermée issue du décret n°2025-239 du 14 mars 2025.
- La famille 2 couvre la préparation des denrées et marchandises alimentaires dans les entreprises du secteur agro-alimentaire.
- La famille 3 regroupe tout autre usage, distingué entre les usages internes à l'établissement industriel (procédés, lavage de véhicules, refroidissement...) et les usages externes au territoire environnant (irrigation, épandage, propreté urbaine).

Seule l'eau destinée à la consommation humaine reste autorisée pour les usages domestiques les plus sensibles (boisson, cuisson, hygiène corporelle) ainsi que pour la préparation des denrées alimentaires.

Le **corpus réglementaire mobilisé est riche et très récent** : décret et arrêté du 14 mars 2025 pour les usages domestiques en ICPE, décret n°2024-33 et arrêté du 8 juillet 2024 pour les eaux réutilisées en agro-alimentaire, décret du 29 août 2023 et arrêtés du 14 et du 18 décembre 2023 pour les eaux de pluie et les eaux usées traitées, entre autres textes. De nombreuses situations, comme la réutilisation des eaux pluviales ou d'exhaure, ne relèvent cependant d'aucun cadre spécifique : les Services de l'État privilégient alors une approche au cas par cas, via des guichets uniques mis en place au sein des DDTM. Des **logigrammes croisant les trois familles d'usages et les trois types de réutilisation** permettent au porteur de projet d'identifier les textes qui s'appliquent à son cas.

La **comparaison aux réglementations des autres pays** (Italie, Espagne, États-Unis et Australie) met en évidence que tous imposent l'établissement d'un plan de gestion des risques en complément du respect de seuils minimaux. Ces valeurs seuils minimales sont difficilement comparables d'un pays à l'autre étant donné que les conditions et contraintes spécifiques d'usages diffèrent.

Un **cadre normatif** se structure à trois échelles : international avec l'ISO, européen avec le CEN, et national avec l'AFNOR, au sein de laquelle une commission « RENC » (Recours aux eaux non conventionnelles) comporte un groupe de travail dédié aux usages industriels. Il n'existe pas encore, à ce jour, de groupe de travail européen équivalent. Au niveau international, le comité technique ISO/TC 282 pilote la normalisation de la réutilisation de l'eau ; ses sous-comités couvrent directement les usages industriels.

Démarche projet et analyse de risques

Une seconde section du rapport, complétée par le guide pratique associé, détaille les **étapes que doit suivre un porteur de projet**, depuis l'idée initiale jusqu'à une mise en œuvre durable et sécurisée, avec un focus particulier sur les méthodologies d'analyse des risques sanitaires.

La démarche projet suit globalement cinq étapes :

- **Identification des moteurs de la démarche** : réduction des prélèvements (raisons financières, contraintes environnementales, recherche d'autonomie) et/ou réduction des rejets (vers le milieu ou vers le réseau collectif d'assainissement) ;

*The **framework and regulatory texts** differ depending on the type of water reuse. They also differ depending on the nature of the use: water reuse is thus possible and regulated for the following **categories of use**:*

- *Category 1 groups domestic uses (toilet flushing, watering of green spaces and vegetable gardens, washing of laundry and indoor floors, cleaning of outdoor surfaces, decorative fountains, etc.), set out in a closed list under Decree No. 2025-239 of 14 March 2025.*
- *Category 2 covers the preparation of food and food products in companies of the agri-food sector.*
- *Category 3 groups all other uses, distinguished between uses internal to the industrial site (processes, vehicle washing, cooling, etc.) and uses external to the surrounding territory (irrigation, land spreading, urban cleaning).*

Only water intended for human consumption remains authorised for the most sensitive domestic uses (drinking, cooking, personal hygiene) as well as for the preparation of food products.

*The **body of regulatory texts mobilised is extensive and very recent**: the decree and order of 14 March 2025 for domestic uses within regulated industrial installations, Decree No. 2024-33 and the order of 8 July 2024 for water reused in the agri-food sector, the decree of 29 August 2023 and the orders of 14 and 18 December 2023 for rainwater and treated wastewater, among other texts. Many situations, such as the reuse of rainwater or groundwater dewatering, are nevertheless not covered by any specific framework: State authorities then favour a case-by-case approach, through single points of contact set up within the DDTM (departmental territorial and maritime directorates). **Flowcharts cross-referencing the three categories of use and the three types of reuse** allow project developers to identify the texts that apply to their case.*

*The **comparison with other countries' regulations** (Italy, Spain, the United States and Australia) shows that all of them require a risk management plan to be drawn up in addition to compliance with minimum thresholds. These minimum threshold values are difficult to compare from one country to another, given that usage conditions and constraints differ.*

*A **standardisation framework** operates at three levels: international with ISO, European with CEN, and national with AFNOR, within which a "RENC" commission (use of non-conventional water) includes a working group dedicated to industrial uses. No equivalent European working group currently exists. Internationally, ISO technical committee TC 282 leads the standardisation of water reuse; its subcommittees directly cover industrial uses.*

Project approach and risk analysis

*A second section of the report, complemented by the accompanying practical guide, details the **steps a project developer should follow**, from the initial idea through to a sustainable and secure implementation, with a particular focus on health risk assessment methodologies.*

The project approach generally follows five steps:

- *Identification of the **drivers behind the initiative**: reducing withdrawals (financial reasons, environmental constraints, search for autonomy) and/or reducing discharges (to the environment or to the public sewage network);*

- **Diagnostic des flux d'eau sur le site**, visant à caractériser les sources, les usages et les eaux usées produites en termes de volumes, débits et qualité, pouvant nécessiter la mise en place de suivis spécifiques ;
- **Étude de faisabilité**, croisant l'analyse du cadre réglementaire applicable, une étude technico-financière des solutions de desserte et de traitement, le montage opérationnel avec les éventuels partenaires, la recherche de financements, ainsi qu'une approche coûts-bénéfices multicritères intégrant les impacts sur la ressource en eau ; cette étape doit conduire à une décision « **GO / NO GO** ».
- **Procédures réglementaires** (autorisation, déclaration, modification d'un arrêté du site) à mener en lien étroit avec les Services de l'État, généralement accompagnées d'une analyse des risques sanitaires et environnementaux.
- **Mise en œuvre** : études de maîtrise d'œuvre, conventions avec les partenaires, dossiers de financement, construction, puis suivi spécifique du projet fondé sur des indicateurs de risques et de performance, complété si nécessaire par un suivi analytique de la qualité des eaux imposé par les Services de l'État.

A noter l'importance de partager au plus tôt cette démarche avec les Services de l'État et avec les autres acteurs du territoire impliqués et/ou impactés.

L'analyse des risques sanitaires articule évaluation et gestion des risques sur une méthodologie inspirée de la démarche HACCP, préconisée par l'ANSES et adaptée aux risques sanitaires relatifs à la réutilisation des eaux. Elle repose sur quatre étapes :

Un focus spécifique est également porté sur les **risques professionnels** liés à l'utilisation des ENC : ces risques, qui incluent des pathologies ainsi que l'exposition à des substances chimiques, doivent être intégrés au document unique d'évaluation des risques professionnels du site. La prévention repose notamment sur la séparation des réseaux d'ENC et d'eau potable dès la conception, la signalisation des points d'utilisation, la limitation des techniques génératrices d'aérosols, l'automatisation des opérations de nettoyage et, si les mesures collectives s'avèrent insuffisantes, la mise à disposition d'équipements de protection individuelle adaptés.

Potentiel de réutilisation des eaux pour les industriels

En 2022, le volume total des prélèvements déclarés en France métropolitaine et en Corse s'élève à environ 33845 Mm³, dont la majeure partie pour le secteur de l'Énergie, essentiellement le nucléaire d'EDF, dont les prélèvements représentatifs approchent 21 500 Mm³/an. La catégorie « Industrie et activités économiques » représente quant à elle 2243 Mm³ prélevés en 2022. Le potentiel de substitution y est nettement plus élevé pour les prélèvements souterrains, de l'ordre de 856 Mm³/an et davantage liés aux process industriels, que pour les prélèvements de surface, environ 1257 Mm³/an et souvent associés au refroidissement en boucle ouverte, ou pour les prélèvements littoraux, environ 130 Mm³/an, à faible enjeu de réutilisation compte tenu de leur salinité et de leur retour rapide au milieu. Les secteurs les plus consommateurs et les plus ciblés par la réutilisation des eaux sont la chimie, la métallurgie, les industries agroalimentaires et le papier-carton ; à l'échelle nationale, la chimie et la métallurgie concentrent 47% des usages en eau identifiés dans l'analyse du potentiel de Type 1, une proportion qui atteint 72% sur le littoral.

Le potentiel de chacun des trois types de réutilisation a été approché séparément :

- **Diagnosis of water flows on the site**, aimed at characterising the sources, uses and wastewater produced in terms of volumes, flow rates and quality, which may require the implementation of specific monitoring;
- **Feasibility study**, combining an analysis of the applicable regulatory framework, a technical and financial study of suitable supply and treatment solutions, the operational set-up with any partners involved, the search for funding, and a multi-criteria cost-benefit approach factoring in the impacts on water resources; this step should lead to a "GO / NO GO" decision.
- **Regulatory procedures** (authorisation, declaration, amendment of a site permit) to be carried out in close cooperation with State services, generally accompanied by a health and environmental risk assessment.
- **Implementation**: detailed engineering studies, agreements with partners, funding applications, construction, followed by dedicated project monitoring based on risk and performance indicators, complemented where necessary by analytical water quality monitoring required by State services.

It should be noted how important it is to share this approach as early as possible with State services and with the other stakeholders in the territory involved and/or affected.

The health risk analysis links risk assessment and risk management through a methodology inspired by the HACCP approach, recommended by ANSES and adapted to the health risks associated with water reuse. It is based on four steps:

*Specific attention is also given to **occupational risks** associated with the use of non-conventional water: these risks, which include health conditions as well as exposure to chemical substances, must be included in the site's single occupational risk assessment document. Prevention relies in particular on separating non-conventional water networks from drinking water networks from the design stage, signposting points of use, limiting techniques that generate aerosols, automating cleaning operations and, where collective measures prove insufficient, providing suitable personal protective equipment.*

Potential for industrial water reuse

In 2022, total declared water withdrawals in metropolitan France and Corsica amounted to around 33,845 Mm³, the majority of which was for the Energy sector, mainly EDF's nuclear operations, whose representative withdrawals are close to 21,500 Mm³/year. The "Industry and economic activities" category accounted for 2,243 Mm³ withdrawn in 2022. The potential for substitution is markedly higher for groundwater withdrawals, around 856 Mm³/year and more closely linked to industrial processes, than for surface water withdrawals, around 1,257 Mm³/year and often associated with open-loop cooling, or for coastal withdrawals, around 130 Mm³/year, which offer limited reuse potential given their salinity and rapid return to the environment. The sectors that consume the most water and are most targeted for reuse are chemicals, metallurgy, the agri-food industry and the paper and cardboard industry; at national level, chemicals and metallurgy account for 47% of the water uses identified in the Type 1 potential analysis, a proportion that rises to 72% along the coast.

The potential of each of the three types of reuse was assessed separately:

- *For **Type 1**, the analysis considers regulated industrial sites located within a 5 km radius of urban WWTPs serving*

- Pour le **Type 1**, l'analyse croise les sites industriels ICPE situés dans un rayon de 5 km autour de STEU urbaines de plus de 50 000 équivalents-habitants. À l'échelle nationale, le gisement potentiel disponible, estimé à 2970 Mm³/an, est largement supérieur aux besoins des industriels identifiés, de l'ordre de 1715 Mm³/an ; sur le littoral en revanche, gisements (650 Mm³/an) et usages potentiels (750 Mm³/an) s'équilibrent davantage, ce qui confirme l'intérêt particulier des zones côtières mis en avant par l'étude, notamment autour des zones industrielles.
- Pour le **Type 2**, plus difficile à quantifier à l'échelle nationale faute de données homogènes sur la tension quantitative des ressources en eau selon les territoires, l'étude illustre le potentiel de mutualisation inter-industrielle où des industriels proches pourraient envisager des échanges d'eau selon leurs usages et rejets respectifs.
- Pour le **Type 3**, l'analyse cible les industries agro-alimentaires disposant d'un rejet isolé à proximité de grandes cultures céréalières, sur plus de 50 hectares dans un rayon d'un kilomètre : 151 sites industriels répondent à ces critères en France métropolitaine, représentant un gisement potentiel de 47 Mm³/an pour environ 15000 hectares de cultures, soit environ 3100 m³ par hectare et par an.

À l'échelle européenne, une étude de 2023 estime les eaux usées produites par les industriels de l'Union européenne à plus de 25500 Mm³/an, dont jusqu'à 80% pourraient théoriquement être réutilisées grâce à des technologies de traitement adaptées, pour un coût représentant environ 1,5% du PIB européen et une hausse d'environ 4,1% de la consommation énergétique industrielle.

Revue globale des principaux procédés de traitement

Une revue globale des principaux procédés de traitement utilisés pour la réutilisation des eaux a permis d'établir **neuf fiches techniques** détaillant, pour chaque procédé, les principes de fonctionnement, les niveaux de performance, les principaux avantages et les principales limites (sans se substituer à une étude technique au cas par cas selon les projets). Ces procédés se répartissent en quatre familles.

- Les **procédés de prétraitement** comprennent la coagulation-floculation, efficace sur les matières en suspension, les colloïdes et les métaux, à coût faible à moyen mais générant des boues à traiter, ainsi que la filtration mécanique, simple, robuste et peu coûteuse, mais inefficace sur les virus, les bactéries et les micropolluants.
- Les **procédés d'épuration complémentaire** regroupent la filtration membranaire et l'osmose inverse, qui permettent d'atteindre une très haute qualité d'eau en éliminant sels, virus, bactéries et micropolluants, mais à un coût moyen à très élevé et avec, pour l'osmose inverse, une consommation énergétique importante et la production d'un rejet concentré.
- Le **procédé thermique** de cristallisation par évaporation permet un rejet minimal et une éventuelle récupération minérale, au prix d'une opération complexe, très coûteuse et énergivore.
- Enfin, les **procédés de finition et de désinfection** incluent le traitement UV, rapide et sans résidu chimique mais sans effet rémanent, l'oxydation avancée, à large spectre d'action mais coûteuse et complexe, la chloration, efficace et peu coûteuse mais génératrice de sous-produits potentiellement toxiques, et l'ozonation, très efficace sur les micro-organismes et les composés organiques mais coûteuse et sans effet rémanent.

more than 50,000 population equivalents. At national level, the available potential resource, estimated at 2,970 Mm³/year, is far greater than the needs of the industrial operators identified, around 1,715 Mm³/year; along the coast, however, the available resource (650 Mm³/year) and the potential uses (750 Mm³/year) are more closely balanced, confirming the particular interest of coastal areas highlighted by the study, notably around industrial zones.

- *For **Type 2**, which is harder to quantify at national level due to the lack of consistent data on quantitative pressure on water resources across territories, the study illustrates the potential for inter-industrial pooling, whereby neighbouring industrial operators could consider exchanging water depending on their respective uses and discharges.*
- *For **Type 3**, the analysis targets agri-food sites with an isolated discharge point located near large cereal farmland, covering more than 50 hectares within a one-kilometre radius: 151 industrial sites in metropolitan France meet these criteria, representing a potential resource of 47 Mm³/year for around 15,000 hectares of farmland, equivalent to roughly 3,100 m³ per hectare per year.*

At European level, a 2023 study estimates that wastewater produced by industrial operators in the European Union exceeds 25,500 Mm³/year, of which up to 80% could theoretically be reused using suitable treatment technologies, at a cost representing around 1.5% of European GDP and an increase of around 4.1% in industrial energy consumption.

Overview of the main treatment processes

*A comprehensive review of the main treatment processes used for water reuse resulted in **nine technical fact sheets** detailing, for each process, its operating principles, performance levels, main advantages and main limitations (without replacing the need for a project-specific technical study). These processes fall into four families.*

- **Pre-treatment processes** include coagulation-flocculation, effective against suspended solids, colloids and metals, at a low to moderate cost but generating sludge that must be treated, as well as mechanical filtration, simple, robust and low-cost, but ineffective against viruses, bacteria and micropollutants.
- **Advanced treatment processes** include membrane filtration and reverse osmosis, which achieve very high water quality by removing salts, viruses, bacteria and micropollutants, but at a moderate to very high cost and, for reverse osmosis, with significant energy consumption and the production of a concentrated reject stream.
- **The thermal process** of evaporative crystallisation achieves minimal discharge and potential mineral recovery, at the cost of a complex, very expensive and energy-intensive operation.
- **Finally, finishing and disinfection processes** include UV treatment, fast and free of chemical residue but with no lasting effect, advanced oxidation, broad-spectrum but expensive and complex, chlorination, effective and low-cost but generating potentially toxic by-products, and ozonation, highly effective against micro-organisms and organic compounds but expensive and with no lasting effect.

Etudes de cas types

Pour finir **onze cas types de réutilisation des eaux** ont été étudiés. Ils sont très inspirés de retours d'expérience (REX) sur des sites opérationnels ou en cours d'étude, mais ils sont « fictifs » : ils compilent parfois des éléments issus de plusieurs REX, et ont été volontairement adaptés afin de pointer des cas de figures et des contraintes spécifiques.

La sélection et la définition de ces cas types a été réalisée conjointement entre les auteurs et le comité de suivi de l'étude RECORD. Ces onze cas types visent à être :

- Complémentaires et représentatifs pour couvrir toute la « gamme » des formes de réutilisation des eaux d'intérêt pour les industriels définies précédemment ;
- D'intérêt socio-économique et environnemental sur le territoire français.

Ils illustrent ainsi la réutilisation d'eaux issues de STEU urbaines pour des usages de refroidissement (cas type n°1) ou de nettoyage et d'abattage de poussières (cas type n°2) ; le recyclage d'eaux acides de régénération (cas type n°3, partagé par EDF pour la centrale de Blénod) ou d'eaux de purge de chaudière (cas type n°4, partagé par EDF pour la centrale de Martigues) pour l'alimentation de réseaux industriels ; la valorisation d'eaux pluviales de ruissellement pour du nettoyage industriel (cas type n°5) ; la réutilisation, en agro-alimentaire, d'eaux issues de matières premières pour la préparation de denrées (cas type n°6) ou d'eaux issues d'une STEI industrielle pour le nettoyage de locaux et d'équipements (cas type n°7) ; la réutilisation d'eaux de toiture industrielle pour des usages domestiques, y compris en blanchisserie (cas type n°8) ; la valorisation énergétique de la vapeur produite par un industriel au bénéfice du réseau de chauffage d'un second industriel, où l'eau agit davantage comme vecteur de chaleur que comme ressource réutilisée à proprement parler (cas type n°9) ; la réutilisation d'eaux issues d'une STEI industrielle pour des usages urbains publics tels que le nettoyage et l'arrosage d'espaces verts (cas type n°10) ; et la réutilisation d'effluents bruts ou traités en agriculture, pour l'irrigation ou l'épandage (cas type n°11).

Case studies

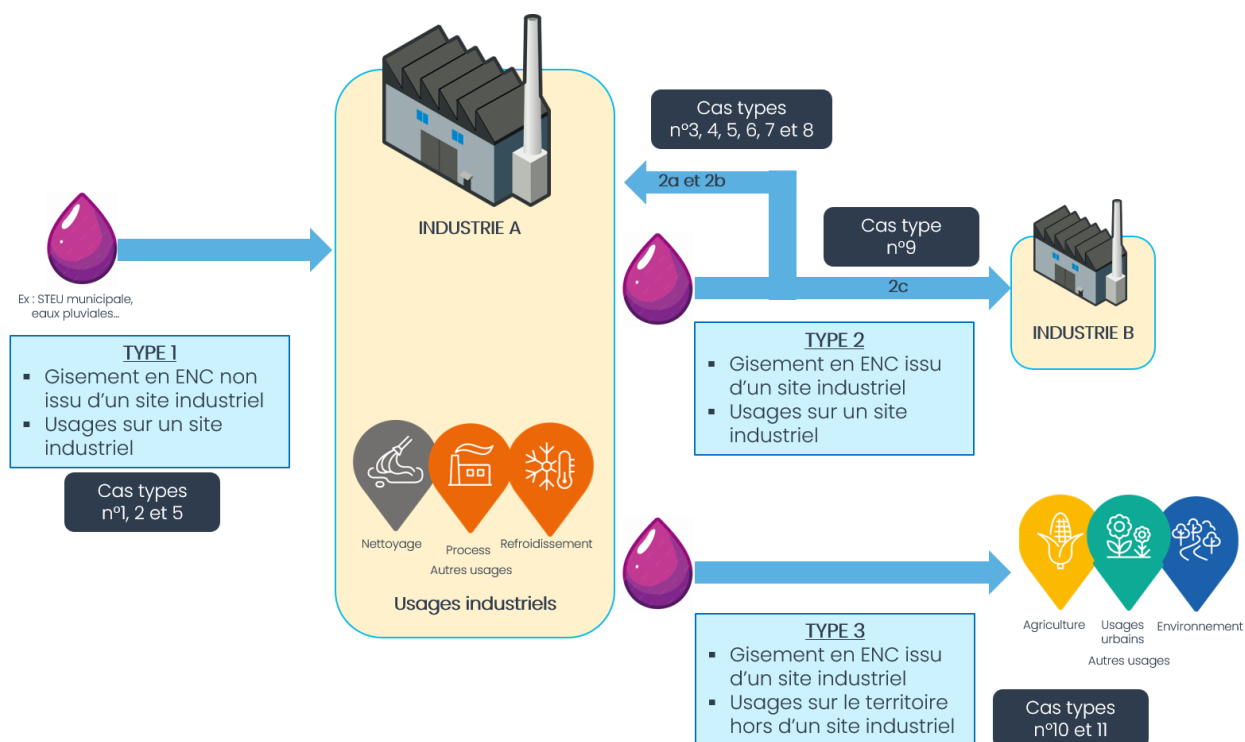
Finally, **eleven typical case studies of water reuse** have been examined. They are closely inspired by feedback from experience (REX) on operational sites or sites currently under study, but they are "fictional": they sometimes combine elements drawn from several real cases, and have been deliberately adapted to highlight specific situations and constraints.

The selection and definition of these case studies was carried out jointly by Ecofilae and the RECORD study steering committee. These eleven case studies aim to be:

- Complementary and representative, so as to cover the full "range" of forms of water reuse of interest to industrial operators defined previously;
- Of socio-economic and environmental interest within the French territory.

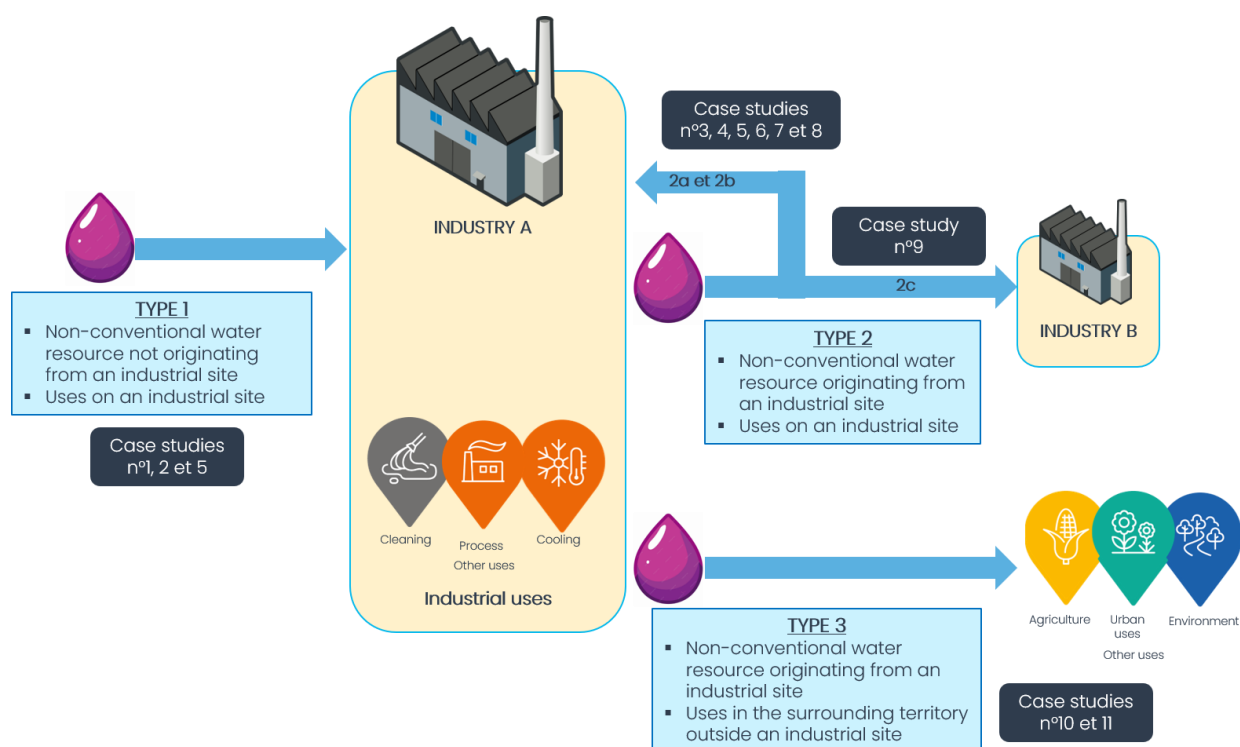
They thus illustrate the reuse of water from urban WWTPs for cooling purposes (case study No. 1) or for cleaning and dust suppression (case study No. 2); the recycling of acid regeneration water (case study No. 3, shared by EDF for the Blénod power plant) or boiler blowdown water (case study No. 4, shared by EDF for the Martigues power plant) to supply industrial networks; the recovery of stormwater runoff for industrial cleaning (case study No. 5); the reuse, in the agri-food sector, of water from raw materials for food preparation (case study No. 6) or of water from an industrial WWTP for cleaning premises and equipment (case study No. 7); the reuse of industrial roof runoff for domestic-type uses, including in laundries (case study No. 8); the energy recovery of steam produced by one industrial operator for the benefit of a second operator's heating network, where water acts more as a heat carrier than as a reused resource in the strict sense (case study No. 9); the reuse of water from an industrial WWTP for public urban uses such as cleaning and watering of green spaces (case study No. 10); and the reuse of raw or treated effluent in agriculture, for irrigation or land spreading (case study No. 11).

Synthèse des cas types étudiés



N°	Secteur industriel	Gisement(s)	Usage(s)
1	Divers dont Énergie	Eaux en sortie de STEU urbaine	Refroidissement (TAR ou boucle ouverte)
2	Travaux et chantiers	Eaux en sortie de STEU urbaine	Nettoyage et rabattement de poussières
3	Divers dont Énergie	Eaux acides de régénération	Alimentation et acidification d'un réseau industriel
4	Divers dont Énergie	Eaux de purge de chaudière	Alimentation d'un réseau industriel
5	Tous secteurs	Eaux pluviales (ruissellement)	Nettoyage et rabattement de poussières
6	Agro-alimentaire (IAA)	Eaux issues de matière première	Préparation de denrées alimentaires
7	Agro-alimentaire (IAA)	Eaux en sortie de STEI industrielle	Nettoyage de locaux, d'installations et d'équipements
8	Tous secteurs (dont blanchisseries)	Eaux de toiture	Usages domestiques (espaces verts, nettoyage de sols intérieurs...)
9	Divers dont Énergie	Vapeur produite par un industriel A	Chauffage des installations d'un industriel B
10	Tous secteurs	Eaux en sortie de STEI industrielle	Usages urbains publics (nettoyage et arrosage d'espaces verts)
11	Divers, dont IAA (le plus favorable)	Effluent brut ou traité (selon nature)	Agriculture - Irrigation agricole / Epandage

Summary of the case studies analyzed



N°	Industrial sector	Source(s)	Use(s)
1	Various including Energy	Effluents from municipal WWTP	Cooling (cooling towers or open loop systems)
2	Construction and worksites	Effluents from municipal WWTP	Cleaning and dust suppression
3	Various including Energy	Acid regeneration waters	Supply and acidification of an industrial network

4	Various including Energy	Boiler blowdown water	Supply to an industrial network
5	All sectors	Stormwater (runoff)	Cleaning and dust suppression
6	Agri-food industry	Water from raw materials	Food preparation
7	Agri-food industry	Effluents from industrial WWTP	Cleaning of premises, installations, and equipment
8	All sectors (including laundries)	Roof runoff water	Domestic-type uses (green spaces, indoor floor cleaning, etc.)
9	Various including Energy	Steam produced by industrial site A	Heating of installations at industrial site B
10	All sectors	Effluents from municipal WWTP	Public urban uses (cleaning and watering of green spaces)
11	Various, including agri-food (most suitable)	Raw or treated effluent (depending on quality)	Agriculture – irrigation / land spreading

Ces cas types font écho à plusieurs retours d'expérience emblématiques, français et internationaux, également présentés dans le guide.

- À Los Angeles, les eaux usées traitées de la STEU Hyperion El Segundo, qui dessert 11 millions d'équivalents-habitants, alimentent depuis 1985 des circuits de refroidissement industriels grâce à un traitement complémentaire combinant bioréacteurs à membranes, osmose inverse et désinfection UV couplée à une oxydation avancée.
- En Australie, à Wollongong, les eaux usées traitées de la station municipale alimentent depuis 2005 l'aciérie BlueScope de Port Kembla, en Nouvelle-Galles du Sud, notamment pour le rabattement de la poussière issue du charbon.
- La symbiose industrielle de Kalundborg, au Danemark, initiée dès les années 1970, illustre un fonctionnement en cascade entre plusieurs industriels de l'énergie, de la raffinerie et de la pharmacie, permettant d'économiser plusieurs millions de mètres cubes d'eau par an tout en limitant les rejets.
- En France :
 - L'agglomération de Guéret, dans la Creuse, mobilise une retenue ouverte de 65000 m³ d'eaux pluviales de ruissellement, offrant une autonomie de trois mois, pour alimenter un réseau collectif desservant plusieurs industriels d'une même zone d'activités.
 - Sur la centrale à cycle combiné gaz d'EDF à Martigues, dans les Bouches-du-Rhône, le recyclage des eaux de purge de chaudière vers le réseau d'eau industrielle réduit de 25 à 30% les prélèvements en eau brute, soit environ 90000 m³/an, sans nécessiter de traitement chimique complémentaire.
 - La coopérative COOPERL, à Lamballe dans les Côtes-d'Armor, recycle une partie des eaux de process issues de la filière porcine, après un traitement biologique complété par ultrafiltration et osmose inverse, pour des usages de nettoyage au sein de ses ateliers.
 - Sur le site industriel de Monin, dans le Cher, près de 45000 m³/an d'eaux usées traitées — soit près de 90% des effluents — sont réutilisés depuis 2024 pour des usages de nettoyage, les concentrats sucrés étant par ailleurs valorisés par méthanisation.
 - Enfin, le sucrier Cristal Union valorise en agriculture, auprès d'agriculteurs coopérateurs, plus de 7 millions de m³ d'eau par an issus du lavage et de l'extraction des pulpes de betteraves, par épandage à l'automne et en hiver puis irrigation des cultures au printemps et en été.

These case studies echo several emblematic examples of feedback from experience, both French and international, which are also presented in the guide.

- *In Los Angeles, treated wastewater from the Hyperion El Segundo WWTP, which serves 11 million population equivalents, has been reused since 1985 to supply industrial cooling circuits, thanks to advanced treatment combining membrane bioreactors, reverse osmosis and UV disinfection coupled with advanced oxidation.*
- *In Australia, at Wollongong, treated wastewater from the municipal plant has been supplying the BlueScope steelworks at Port Kembla, in New South Wales, since 2005, notably for suppressing coal dust.*
- *The Kalundborg industrial symbiosis, in Denmark, launched in the 1970s, illustrates a cascading system linking several industrial operators from the energy, refining and pharmaceutical sectors, saving several million cubic metres of water per year while limiting discharges.*
- *In France:*
 - *The Guéret urban area, in the Creuse department, draws on an open reservoir holding 65,000 m³ of stormwater runoff, providing three months of autonomy, to supply a shared network serving several industrial operators within the same business park.*
 - *At EDF's combined-cycle gas power plant in Martigues, in the Bouches-du-Rhône department, recycling boiler blowdown water back into the industrial water network reduces raw water withdrawals by 25 to 30%, or around 90,000 m³/year, without requiring any additional chemical treatment.*
 - *The COOPERL cooperative, in Lamballe in the Côtes-d'Armor department, recycles part of the process water from its pork processing activities, after biological treatment combined with ultrafiltration and reverse osmosis, for cleaning purposes within its facilities.*
 - *At the Monin industrial site, in the Cher department, nearly 45,000 m³/year of treated wastewater — close to 90% of effluents — has been reused since 2024 for cleaning purposes, with sugar-rich concentrates additionally recovered through methanisation.*
 - *Finally, the sugar producer Cristal Union recovers more than 7 million m³ of water per year, from beet washing and pulp extraction, for use in agriculture by partner farmers, through land spreading in autumn and winter followed by crop irrigation in spring and summer.*

Conclusion

L'étude et le guide associés dressent ainsi un **panorama complet de la réutilisation des eaux pour les industriels** en France :

- Un **cadre réglementaire** récent, structurant mais encore incomplet et en construction ;
- Un **potentiel significatif** mais très hétérogène selon les types de réutilisation et les territoires, en particulier sur le littoral et au sein de synergies inter-industrielles ;
- Des **technologies de traitement** matures permettant d'atteindre les niveaux de qualité requis pour chaque usage ;
- Et une **diversité de retours d'expérience opérationnels**, français et internationaux, démontrant la faisabilité technique, réglementaire et économique de la démarche.

Le rapport et le guide associé offrent ainsi aux porteurs de projet industriels un **cadre méthodologique complet**, depuis l'identification des moteurs de la démarche jusqu'à la mise en œuvre sécurisée de leur projet, tout en soulignant l'importance d'un dialogue précoce avec les Services de l'État et les autres acteurs du territoire concernés ou impactés.

Conclusion

*The study and its accompanying guide thus provide a **comprehensive overview of industrial water reuse** in France:*

- *A **regulatory framework** that is recent and structuring but still incomplete and under development;*
- *A **significant potential** that is nonetheless highly uneven depending on the type of reuse and the territory concerned, particularly along the coast and within inter-industrial synergies;*
- *Mature **treatment technologies** capable of achieving the quality levels required for each use;*
- *And a **diversity of operational feedback from experience**, both French and international, demonstrating the technical, regulatory and economic feasibility of the approach.*

*The report and its accompanying guide thus offer industrial project developers a **comprehensive methodological framework**, from identifying the drivers behind the initiative through to the secure implementation of their project, while underlining the importance of early dialogue with State services and other stakeholders concerned or affected within the territory.*