

InovaYa a développé un prototype de biofiltre pour réduire la charge en matières organiques des effluents industriels avant les étapes de nanofiltration ou d'ultrafiltration, biofiltre adapté, entre autres, pour la REUT dans l'industrie agroalimentaire.

ARTICLE INTERACTIF

Réutilisation de l'eau : l'agroalimentaire entre doucement dans le réel

Adrien Ruffert

Abstract

Longtemps freinée par les contraintes sanitaires, le manque de cadre réglementaire et des modèles économiques encore difficiles à justifier, la réutilisation de l'eau commence à changer de dimension dans l'industrie agroalimentaire. Sécheresses, tensions sur la ressource et risque d'arrêt de production poussent désormais les industriels à accélérer. Derrière les premiers pilotes et démonstrateurs, un nouveau sujet émerge : celui de la résilience industrielle.

La réutilisation de l'eau dans l'industrie agroalimentaire est longtemps restée un sujet relativement limité en France. Les technologies existent depuis un long moment. Quelques industriels avaient lancé des projets ciblés, mais dans un pays où l'eau reste peu coûteuse, rares sont les usines qui voyaient un intérêt immédiat à investir dans des installations complexes de traitement et de réutilisation.

« *Nous mettons en œuvre, de façon presque systématique, le* reuse *depuis une trentaine d'années dans le domaine du traitement de surface, mais les toutes premières applications dans l'industrie agroalimentaire remontent à une dizaine d'années en France. Il s'agissait de petites installations de recyclage, peu complexes et peu onéreuses, comme le lavage de fruits. Nous avons ensuite répondu à des projets de* reuse *aux débits plus importants, en sortie de station d'épuration (STEP). Nous nous sommes d'ailleurs appuyés sur une expérience acquise en Belgique avant*

que la législation française l'autorise», se souvient Matthieu Delaunay, directeur commercial d'Aquaprox I-Tech. «*La cadre réglementaire et les technologies sont effectivement plus avancés en Belgique qu'en France. Portés par notre expérience et nos clients belges, nous mettons ce savoir-faire au service du marché français*», confirme Julien Moinot, ingénieur commercial senior chez Ekopak France.

2022 a marqué un tournant. Les épisodes de sécheresse et les restrictions d'usage ont replacé la question de l'eau au cœur des préoccupations industrielles. Certaines usines ont découvert qu'un manque d'eau pouvait directement ralentir leur production. «*Les industriels se sont rendu compte que cela pouvait potentiellement freiner leurs productions. Et, ça, c'était nouveau !*», se souvient David Gautier, directeur commercial de Nalco Water, An Ecolab Company.

Le sujet dépasse désormais la seule question environnementale. Pour beaucoup d'acteurs, la priorité consiste avant tout à sécuriser l'activité industrielle. «*Si l'on doit baisser de 10 ou 15 % la production d'une usine, on parle de millions d'euros*», renchérit David Gautier. Cette prise de conscience s'est accélérée avec le Plan eau lancé en 2023 et les évolutions réglementaires qui ont progressivement clarifié le cadre autour de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Les industriels ont commencé à multiplier les études et les projets pilotes, notamment dans les secteurs les plus consommateurs d'eau.

Le marché reste toutefois encore prudent. Les investissements sont lourds et les contraintes sanitaires demeurent importantes. Dans de nombreux groupes industriels, la tendance consiste d'abord à tester les technologies sur un premier site avant d'envisager un déploiement plus large. Les projets avancent souvent par étapes, avec une attention particulière portée aux performances des installations, aux conditions d'exploitation et à la qualité sanitaire de l'eau réutilisée.

SÉCURISER LA RÉUTILISATION : UN CADRE DÉSORMAIS STRUCTURÉ

La réutilisation des eaux usées traitées dans l'agroalimentaire a longtemps été freinée par l'absence d'un cadre clair. Les industriels disposaient certes de quelques solutions techniques, mais les possibilités de réutilisation restaient limitées et souvent complexes à valider. Jusqu'à encore récemment, de nombreux acteurs du secteur considéraient la réglementation comme l'un des principaux freins au développement des projets.

Or la situation a évolué ces dernières années. Le Plan eau a accéléré le sujet et plusieurs textes sont venus préciser les conditions de réutilisation de l'eau dans les industries agroalimentaires. Le cadre est exigeant, mais il paraît désormais plus lisible tant pour les industriels que pour les bureaux d'études.

Le secteur agroalimentaire conserve toutefois des contraintes spécifiques. «*Les exigences techniques et réglementaires peuvent fortement varier selon les usages*», rappelle Alain Nguyen, expert en traitement des eaux municipales et industrielles, UV et ozone chez Bio-UV Group. L'eau utilisée pour le nettoyage d'équipements ou certaines opérations



© Benjamin Legrand-Hôte

Bio-UV Group conçoit et fabrique ses équipements de traitement et de désinfection de l'eau (ici, l'assemblage d'un réacteur UV) destinés aux applications industrielles et agroalimentaires.

de refroidissement ne présente pas les mêmes contraintes que celles d'une eau susceptible d'entrer en contact avec un produit alimentaire.

«*En règle générale, il existe trois cas d'usage de l'eau réutilisée : l'alimentation des utilités (chaudières, tours aéroréfrigérantes [TAR]…) – ce sont les applications les plus usuelles et, souvent, les premières phases de la* reuse *–, le nettoyage en place (NEP) et le traitement des eaux ingrédients*», identifie Matthieu Delaunay, d'Aquaprox I-Tech.

Tous les usages ne présentent donc pas le même niveau de sensibilité sanitaire. Certains projets concernent des usages

REUT EN AGROALIMENTAIRE : CE QUE CHANGE RÉELLEMENT LA RÉGLEMENTATION

La sécheresse de 2022 a servi d'électrochoc pour l'industrie agroalimentaire. Plusieurs sites ont découvert qu'un manque d'eau pouvait directement ralentir, voire interrompre, une production, et, donc, coûter cher. Le sujet de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) est alors progressivement sorti du seul champ environnemental pour devenir un enjeu industriel et stratégique. Le Plan eau présenté par le gouvernement en 2023 a marqué une accélération claire, avec un objectif ambitieux : porter la REUT de moins de 1 % aujourd'hui à 10 % d'ici 2030 et faire émerger 1 000 projets de réutilisation en cinq ans[1]. Depuis, plusieurs décrets et arrêtés publiés entre 2023 et 2024 encadrent plus précisément les projets dans l'agroalimentaire. Les industriels souhaitant réutiliser leurs eaux traitées doivent désormais déposer des dossiers d'autorisation complets, démontrer la maîtrise sanitaire des installations, assurer une traçabilité des usages et mettre en place des contrôles réguliers. La machine réglementaire semble donc pousser les industriels vers la REUT, sans toutefois mettre de couperet fatal. Si bien que la tendance est aux essais, mais pas encore aux déploiements grande échelle.

1. *https://www.elysee.fr/emmanuel-macron/2023/03/30/presentation-du-plan-eau.*



© Aquaprox I-Tech

Pour réaliser une analyse fine du dimensionnement à faire, Aquaprox I-Tech dispose d'un parc pilote qui se présente sous la forme d'un conteneur de 40 pieds et qui intègre de nombreuses technologies.

périphériques comme le lavage de sols, le nettoyage extérieur ou certains besoins techniques, et semblent donc logiquement plus simples à gérer. Alors que d'autres applications nécessitent, au contraire, des niveaux de traitement beaucoup plus élevés afin de garantir l'absence de risque microbiologique notamment. « *Sur une même installation agroalimentaire, nous ne dimensionnons pas la même dose d'UV-C entre l'eau qui sera utilisée à la fabrication des fromages, celle au nettoyage des équipements et celle encore à l'abreuvement des bêtes* », rappelle Thierry Salomon, directeur commercial de MPC UV.

Cette dimension sanitaire structure désormais une grande partie des projets, et les industriels doivent démontrer leur capacité à maîtriser la qualité de l'eau réutilisée sur la durée. Cela implique des analyses régulières, une traçabilité des usages et un suivi précis des installations. « *Dans un projet de réutilisation des eaux usées, le traitement UV intervient généralement en étape finale, après des traitements tels que la filtration, la décantation, ou encore les membranes*, précise Alain Nguyen, de Bio-UV Group. *Il agit comme une barrière sanitaire complémentaire, essentielle pour sécuriser l'eau et atteindre les niveaux de qualité exigés selon les usages* ».

On observe également, globalement, une montée en puissance des démarches de validation et de contrôle. La qualité de l'eau en entrée, les variations de débit, ou encore les niveaux d'abattement bactériologique attendus doivent être précisément caractérisés avant toute mise en œuvre industrielle. Le développement de la REUT dans l'agroalimentaire repose donc autant sur les performances techniques des installations que sur la capacité des industriels à démontrer la maîtrise sanitaire de leurs procédés.

DE L'INTENTION AU PROJET : COMMENT LES INDUSTRIELS S'ORGANISENT

Dans de nombreux projets, la réutilisation de l'eau ne commence pas par le choix d'une technologie. La première difficulté consiste souvent à comprendre précisément comment l'eau est utilisée sur le site industriel. Les volumes globaux sont généralement connus, mais le détail des consommations reste parfois approximatif à l'échelle des ateliers, des équipements ou des opérations de nettoyage. « *On intervient souvent très tôt dans les projets*, explique Khaled Al Mezayen, cofondateur d'InovaYa. *Chez certains clients, il existe déjà des sous-compteurs et quelques analyses de flux, mais cela reste encore très artisanal. Quelqu'un vient relever des données une fois par semaine ou une fois par mois…* ».

Cette absence de visibilité fine pousse de plus en plus d'industriels à installer des outils de télérelève et de supervision des consommations. L'objectif n'est pas uniquement de mesurer les volumes consommés, mais aussi d'identifier les usages les plus critiques, les dérives de nettoyage, ou encore les différences de pratiques entre plusieurs opérateurs. « *On arrive alors assez facilement à réduire de 10 à 15 % les consommations* », poursuit Khaled Al Mezayen. Les gains concernent aussi les produits lessiviels, certains consommables et le temps passé sur les opérations de nettoyage.

Cette phase d'optimisation précède souvent les projets de REUT plus complexes. Les industriels cherchent d'abord à réduire leurs consommations puis à réutiliser certaines eaux à l'intérieur même des procédés. Les acteurs du secteur parlent alors davantage de « *reuse* » que de REUT. Contrairement à la REUT, qui implique un traitement plus poussé des eaux usées avant leur réutilisation, le *reuse* repose surtout sur des réutilisations locales entre plusieurs étapes de production.

Pour Manon Antoine-Bouysse et Coralie Van Riet de l'Office international de l'eau (OiEau), cette approche progressive devient désormais centrale dans les projets industriels. « *La REUT n'est pas, voire jamais, la première étape*, observent-elles. *Les industriels commencent généralement par travailler sur la sobriété,*



© MPC UV et TMR

Avec son partenaire TMR, MPC UV a fabriqué un conteneur pour le traitement d'eau de process avant réutilisation dans des tours aéroréfrigérantes.


© Inovaya

Le procédé irYs d'InovaYa combine préfiltration et traitement membranaire (nanofiltration ou ultrafiltration) pour produire une eau de grade A ou A+ à partir d'eaux usées agroalimentaires.

la réduction des consommations et les possibilités de réemploi internes, avant d'envisager des traitements plus lourds ». Les projets deviennent ensuite beaucoup plus spécifiques selon les filières industrielles, les contraintes sanitaires et la qualité des effluents. Une laiterie, un site de transformation de viande ou une usine de boissons ne produit pas les mêmes eaux usées et ne recherche pas les mêmes niveaux de qualité en sortie. « *Avant de parler de REUT, on vérifie déjà que l'on a bien optimisé tous les process* », synthétise David Gautier, chez Nalco Water.

Après avoir réalisé une étude technico-économique, Aquaprox I-Tech propose une solution intégrant différentes technologies de traitement selon le besoin, les contraintes, les objectifs et les enjeux, afin de garantir le résultat recherché en termes de qualité d'eau. Pour Matthieu Delaunay, « *il est simpliste de penser qu'il suffit de prendre l'eau en sortie de STEP, ou depuis la STEP, de la rendre propre en ajoutant un étage de traitement puis de la renvoyer. Il faut en fait comprendre comment fonctionne la station de traitement et l'impact de la REUT sur les normes de rejets. La REUT consiste à prendre une partie de l'eau en sortie et, usuellement, à la traiter par un procédé d'osmose inverse. Ceci revient à concentrer la très grande majorité des polluants dans une fraction et à réutiliser l'autre. La partie concentrée, rejetée, constitue alors tout ou partie du rejet de la station. Donc, si la STEP fonctionne déjà aux limites normatives pour un ou plusieurs paramètres (azote, DCO [demande chimique en oxygène]…), la REUT ne pourra être mise en œuvre que dans la cadre d'une solution globale. Le prérequis est alors d'optimiser la station existante pour la rendre compatible au nouveau process* ». Cette complexité explique le rôle croissant des accompagnements techniques et des phases pilotes. Les industriels cherchent à mesurer la variabilité réelle des effluents, à tester les performances des équipements et à mieux anticiper les futurs coûts d'exploitation. Les grands groupes avancent souvent progressivement, avec des démonstrateurs ou des pilotes déployés sur un premier site avant d'envisager une duplication plus large.

« *Dans 80 à 90 % des cas, nos projets reuse commencent toujours par un essai de pilotage, dont les résultats servent à une analyse fine du dimensionnement à faire. Nous disposons d'un parc pilote, un véritable couteau suisse avec de nombreuses technologies, qui traite jusqu'à 2 m³/h et qui se présente sous la forme d'un conteneur de 40 pieds. Avec des pilotes plus petits – l'effet d'échelle est alors énorme entre le pilote et l'installation finale – , on passe souvent à côté de problèmes. Aquaprox Mobile Services, autre filiale du groupe Aquaprox, propose des conteneurs de reuse plus simples en location courte, moyenne ou longue durée, pour répondre à une période de sécheresse* », indique Matthieu Delaunay. Nereus systématise cette approche par les essais avant tous engagements de dimensionnement. Non par prudence excessive mais parce que les essais pilotes permettent de caractériser précisément la qualité des effluents, d'évaluer les performances des différentes filières de traitement et de sécuriser le dimensionnement des installations futures. En plus d'être adaptées aux contraintes spécifiques de chaque site et de limiter les risques techniques lors du passage à l'échelle industrielle (*voir ultérieurement*), ces unités modulaires et évolutives permettent au fabricant d'accompagner industriels et collectivités dans la mise en œuvre rapide de solutions de reuse destinées à renforcer leur résilience face aux épisodes de sécheresse. « *La raison pour laquelle nous insistons autant sur le pilote est que nous avons vu des installations dimensionnées sur des bilans "eau" théoriques se retrouver en difficulté dès le premier changement de recette ou la première campagne de nettoyage intensive* », précise Patrick-Jean Pichavant, directeur commercial de Nereus. C'est également dans le cadre d'accompagnements techniques et de phases pilotes que Forafrance commence souvent à intervenir auprès de clients industriels. La société conçoit en effet des unités pilotes containerisées sur mesure dans son atelier situé près de Rennes (Ille-et-Vilaine). Comme le souligne Thomas Cornu, directeur commercial de Forafrance, « *il est important de disposer des moyens pour adapter les briques techniques un peu comme un Lego, car la REUT est souvent du cousu main* ». L'organisation interne des industriels évolue elle aussi et les projets de réutilisation de l'eau impliquent désormais plusieurs services qui travaillaient parfois séparément : production, maintenance, environnement, mais aussi qualité et sécurité sanitaire. L'acculturation des équipes est donc non négligeable dans un tel projet. Et, dans l'agroalimentaire, certaines équipes Qualité imposent même des niveaux d'exigence supérieurs au cadre réglementaire afin de limiter les risques opérationnels et réputationnels. La REUT devient ainsi un projet industriel global. Les installations de traitement ne représentent qu'une partie du sujet, poussant les industriels à revoir


© Apro Industrie

Apro Industrie conçoit et fabrique des cuves modulaires, en acier et sur mesure pour s'adapter aux contraintes spécifiques de chaque projet de REUT dans des STEP.



© Atlantique Industrie

Une coopérative agricole a mis en place une solution de réutilisation des eaux de lavage, conçue par Atlantique Industrie, pour réduire sa consommation d'eau potable et limiter ses rejets.

leurs pratiques, leurs outils de suivi et, parfois, leur manière même de gérer l'eau sur leurs sites.

TECHNOLOGIES ET USAGES : QUELLES SOLUTIONS POUR QUELS BESOINS ?

Les grandes familles de technologies utilisées dans les projets de réutilisation de l'eau sont connues depuis longtemps dans l'industrie du traitement de l'eau, ainsi que les acteurs tels que 1h2o3, Apro Industrie, Aquaprox I-Tech, Atlantique Industrie (groupe AquaSphère), Bio-UV Group, BioFiltro, BWT, Chemdoc Water Technologies, Desotec, Ekopak, EMO, Eurochlore, Faure Industrie, Forafrance, Gazechim, ICE Water Management, InovaYa, KWI, Lhoist, MPC UV, Nalco Water, néEau, Nereus, Nijhuis Saur Industrie (NSI) Mobile Water Solutions, OiEau, Olimpe Technology, Ovive, Saur, Suez, TMR, UVRER, Veolia, Vivlo, Xylem (marque Evoqua)…

Membranes, ultrafiltration, osmose inverse, UV ou ozone sont déjà largement utilisés dans de nombreux secteurs industriels. Il n'est d'ailleurs même pas question d'une rupture technologique majeure à venir dans les prochaines années. Les évolutions portent davantage sur l'optimisation des filières, le pilotage des installations, voire la capacité à adapter les traitements aux contraintes spécifiques de chaque site industriel.

Plus spécifiquement dans l'agroalimentaire, les projets de REUT reposent rarement sur une technologie unique. Les industriels assemblent plusieurs étapes de traitement afin d'atteindre le niveau de qualité adapté aux usages visés. Une eau chargée en matières grasses ou en résidus de nettoyage ne nécessitera pas les mêmes traitements qu'une eau principalement destinée au refroidissement ou à certains lavages techniques.

Les systèmes membranaires dominent aujourd'hui une grande partie des projets de REUT dans l'industrie agroalimentaire. Si l'ultrafiltration est fréquemment utilisée pour retenir les matières en suspension et réduire une partie de la charge organique avant des traitements plus poussés, les projets visant des usages plus sensibles intègrent des étapes de nanofiltration ou d'osmose inverse afin d'abaisser la salinité, la quantité de certains micropolluants, ou encore la charge microbiologique résiduelle.

Ces technologies imposent toutefois des conditions d'exploitation exigeantes. Les variations de production, les pics de charge organique ou certains résidus issus des opérations de nettoyage peuvent accélérer l'encrassement des membranes et dégrader les performances des installations. Le but recherché est donc de sécuriser au maximum les prétraitements afin de stabiliser les filières dans le temps. Éric Guillaume, spécialiste du traitement de l'eau chez Lhoist, précise qu'« *en fin de filière, en aval d'une osmose inverse, par exemple, une reminéralisation de l'eau par un dosage de dioxyde de carbone* (CO_2) *et l'utilisation d'un réactif calcique peuvent s'avérer très utiles pour éviter la dégradation prématurée des matériaux constituant les réseaux* ».

Dans les effluents agroalimentaires, la charge organique est souvent le premier verrou à traiter avant toute étape membranaire. Parmi les procédés contribuant à la stabilisation des filières, celui développé par BioFiltro, basé sur la biofiltration par vers de terre (vermifiltration) et intégré en amont des membranes, réduit la charge organique de façon efficace – plus de 90 % des contaminants organiques peuvent

LIFE ZEUS : MONIN TESTE L'USINE AGROALIMENTAIRE « ZÉRO REJET LIQUIDE »

À Bourges (Cher), le fabricant de sirops Monin expérimente l'un des projets de réutilisation de l'eau les plus avancés de l'agroalimentaire français. Baptisé Life Zeus (*Zero Liquid discharge water reUse*)[1], le démonstrateur vise à recycler jusqu'à 80 % des effluents industriels du site tout en réduisant d'environ 60 % les prélèvements d'eau. Le projet a mûri en 2014, lors de la construction de la nouvelle usine. À l'époque, Monin cherche déjà à anticiper les futures tensions sur la ressource. L'usine prélève alors plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes d'eau par an, notamment pour les nettoyages en place (NEP), qui représentent, à eux seuls, 45 % de la consommation totale du site. Entre 2019 et 2023, la consommation d'eau est déjà passée de 2,8 litres à 1,9 l par litre de sirop produit grâce à différentes optimisations internes.

Après plusieurs années d'essais pilotes, Monin retient finalement une filière membranaire développée avec Chemdoc Water Technologies. Le procédé associe microfiltration, nanofiltration et osmose inverse afin de produire une eau compatible avec les exigences du contact alimentaire. Les concentrats sucrés issus du traitement sont ensuite envoyés en méthanisation afin de produire du biogaz. Le démonstrateur, dimensionné pour traiter jusqu'à 400 m^3 d'effluents par jour, représente environ 4,5 millions d'euros d'investissement et mobilise Monin, Chemdoc, l'Institut national des sciences appliquées (INSA) de Toulouse et l'Office international de l'eau (OiEau) pendant plus de 42 mois. Surprise : ce n'est pas forcément un retour sur investissement qui est attendu, mais plutôt éviter un potentiel arrêt d'usine. À méditer.

1. *https://www.life-zeus.eu/fr/.*



Les réacteurs UV de Bio-UV Group sont utilisés en étape finale de traitement afin de sécuriser la qualité microbiologique de l'eau avant sa réutilisation dans les procédés industriels et agroalimentaires.

être retirés en 4 h – et la consommation énergétique jusqu'à 90 % (sans boues à gérer). Soit cette technologie traite, seule, les eaux usées et fournit une eau de qualité B conforme à la réglementation pour des usages comme l'irrigation, le nettoyage (hors contact alimentaire) ou l'arrosage, soit elle s'intègre comme prétraitement biologique dans une filière complète – en amont des étapes membranaires ou de désinfection – pour des applications plus exigeantes (eaux de process ou en contact alimentaire indirect).

La désinfection constitue un autre maillon central des installations. Dans de nombreux projets, les UV sont utilisés en sortie de filière afin de sécuriser la qualité microbiologique de l'eau avant sa réutilisation. Une même installation peut ainsi associer clarification, membranes, charbon actif, désinfection UV ou ozone selon les usages recherchés. Cette redondance vise à maintenir un niveau de sécurité suffisant malgré les variations possibles des effluents industriels. « *En collaboration avec notre partenaire TMR, nous proposons des solutions conteneurisées clé en main, qui intègrent plusieurs de ces technologies pour des projets d'économie d'eau. S'ils sont souvent utilisés en finition, les UV servent également à protéger les technologies en amont afin d'éviter le colmatage des membranes, par exemple, ou encore la génération de nids à bactéries dans les adoucisseurs et/ou les résines* », précise Stéphane Menard, gérant de MPC. Et Thierry Salomon, de MPC UV, d'ajouter : « *Nous travaillons à faire en sorte que les industriels puissent conserver l'eau le plus longtemps possible dans leurs process en installant nos lampes UV-C immergées Microspear et Microfloat directement dans leurs équipements (cuve de stockage, rinçage, TAR…) pour une désinfection 24h/24 7j/7, ce qui contribue à réduire les consommations.* »

Dans l'industrie agroalimentaire, où les exigences sanitaires sont particulièrement élevées, le chlore gazeux demeure une solution de référence pour la désinfection des eaux grâce à son efficacité microbiologique, sa capacité à maintenir un résiduel désinfectant dans les réseaux et son coût d'exploitation. « *Dans un contexte où la présence de chlorates fait l'objet d'une surveillance accrue en raison de leurs effets potentiels sur la santé, notamment sur la fonction thyroïdienne, le chlore gazeux apparaît également comme une alternative à l'hypochlorite de sodium, dont le stockage et le vieillissement peuvent favoriser la formation de ce sous-produit* », rappelle Karine Hervieu, responsable marketing développement Pôle Gaz chez Gazechim. « *Au-delà de l'enjeu des chlorates – ce sujet est aujourd'hui récurrent dans les projets agroalimentaires et de réutilisation des eaux – , les exploitants doivent garantir la sécurité de leurs installations, leur conformité réglementaire et leur performance dans le temps. C'est précisément sur ces attentes que nous sommes le plus souvent sollicités* », souligne Matthieu Barreau, Business Manager chez Eurochlore.

Les outils de supervision prennent, quant à eux, une place croissante dans les projets récents, afin de se doter d'un suivi temps réel des consommations, des débits, des conductivités, ou encore de certaines dérives microbiologiques afin d'anticiper les écarts de performance. « *La télérelève et le suivi en temps réel deviennent essentiels pour comprendre ce qui se passe réellement et finement sur les installations* », observe Khaled Al Mezayen, d'InovaYa. Au-delà de la simple supervision, les outils numériques évoluent et ouvrent la voie à une exploitation plus intelligente des unités de traitement. « *Nous développons notamment des IHM performantes permettant une prise en main et un suivi à distance des installations. L'essor de l'intelligence artificielle* (IA) *devrait, par ailleurs, accélérer cette transformation*



Les analyseurs de chlore (ici, un modèle colorimétrique CL17sc Ultra Low Range de Hach) font partie des instruments déployés pour la surveillance et le pilotage des moyens de traitement.

en apportant des capacités d'analyse prédictive, de détection automatique des anomalies et d'optimisation continue des performances des unités de traitement », explique Patrick-Jean Pichavant, de Nereus. Les analyses réalisées en continu sur les procédés de réutilisation de l'eau peuvent être classées en deux catégories selon les paramètres mesurés. « *Il y a d'abord la surveillance et le pilotage des moyens de traitement au travers des mesures de chlore, d'ozone, d'absorbance UV, par exemple, puis, en aval, le contrôle du résultat des traitements sur la qualité de l'eau produite – le carbone organique total (COT), la turbidité, la conductivité et le pH sont les paramètres les plus courants. Grâce à sa méthode soude+ozone, notre analyseur de COT B3500c bénéficie d'une autonomie complète (réactifs compris) de six mois d'opération, simplifiant grandement le suivi en continu de ce paramètre* », signale Jean-Pierre Molinier, spécialiste produits chez Hach France. Les usages restent enfin très hiérarchisés dans l'agroalimentaire. Les premiers projets se concentrent encore souvent en périphérie, comme avec le refroidissement, certains lavages ou opérations de nettoyage sans contact direct avec les aliments. Les applications plus sensibles imposent des niveaux de traitement beaucoup plus élevés et restent encore limitées sur le marché français. La question des concentrats issus des traitements membranaires devient elle aussi un sujet de plus en plus important. Certaines filières de REUT génèrent des volumes concentrés en sels, matières organiques ou résidus chimiques qu'il faut ensuite traiter ou évacuer. Cet aspect peut fortement influencer les coûts globaux et le dimensionnement des installations. Il faut alors rechercher des voies de valorisation adaptées à ces coproduits pour diminuer ces coûts (par exemple, la valorisation des concentrats organiques vers des filières agronomiques et énergétiques), la gestion des concentrats faisant partie intégrante d'un projet de REUT. Tout cela repose sur un équilibre entre performance environnementale, conformité réglementaire et viabilité économique, car le traitement des concentrats peut générer des coûts d'investissement (Capex) et des coûts d'exploitation (Opex) significatifs.

Les acteurs du secteur observent, malgré tout, une montée en puissance progressive des projets. Les technologies ne constituent plus réellement le principal verrou. Les difficultés portent davantage sur l'exploitation dans la durée, les coûts énergétiques, la maîtrise sanitaire et la capacité des industriels à intégrer ces nouvelles filières dans leurs procédés existants. Ce que confirme Nicolas Meudal, fondateur de 1h2o3 : « *Il n'est plus question, aujourd'hui, de savoir si les technologies fonctionnent – elles fonctionnent –, mais comment les intégrer correctement dans une usine. Au lieu de commencer par la technologie – c'est une erreur classique –, il faut commencer par l'usage : quelle eau l'industriel veut-il réutiliser, pour quel besoin, avec quel niveau de risque sanitaire et pour quel coût d'exploitation acceptable ?* ». Tous les usages ne se valent pas et viser systématiquement la classe A peut être rassurant sur le papier, mais ce n'est pas toujours la bonne approche industrielle d'un point de vue technico-économique, car cette classe d'eau alourdit inutilement les coûts de consommables, d'énergie et de maintenance. « *Chez 1h2o3, nous défendons une approche pragmatique : avec nos skids de REUT, disponibles en location avec option d'achat, les industriels peuvent tester, sur site, la variabilité réelle des effluents, les cycles de production et de nettoyage, ainsi que l'acceptation par les équipes de production et de qualité, avant d'investir. Un essai en laboratoire ne suffit pas à valider une REUT en agroalimentaire* », précise Nicolas Meudal.



© Forafrance

Forafrance commence souvent à intervenir auprès de clients industriels au travers de la fourniture d'unités pilotes containerisées sur mesure fabriqués dans son atelier rennais.



© BioFiltro

Le procédé développé par BioFiltro est basé sur la biofiltration par vers de terre (vermifiltration). Intégré en amont des membranes, il réduit la charge organique et la consommation énergétique de façon très efficace.



© Ekopak

En optant pour le « Water-as-a-Service » d'Ekopak, le spécialiste de la pomme de terre Clarebout ne paie que pour l'eau fournie, sa qualité étant garantie.

RETOURS D'EXPÉRIENCE : DES PROJETS QUI CHANGENT D'ÉCHELLE

Avec près de 430 millions de mètres cubes d'eau consommés chaque année[1], l'industrie agroalimentaire figure parmi les secteurs industriels les plus exposés aux tensions sur la ressource. Si les activités industrielles ne représentent que 4 % des consommations d'eau en France, leur impact peut devenir localement très significatif selon les territoires et les périodes de sécheresse. Les industriels commencent donc progressivement à considérer l'eau comme un sujet de continuité d'activité autant que de performance environnementale.

Khaled Al Mezayen cite notamment une prise de parole récente d'Éric Ducournau, P-DG des Laboratoires Pierre Fabre : « *Une entreprise qui ne gère pas l'eau dans son établissement n'aura plus de valeur dans cinq ans* ». Cette évolution reflète un changement plus large dans l'industrie. L'eau n'est plus uniquement perçue comme une ressource disponible à faible coût mais comme un facteur susceptible de ralentir, voire d'interrompre, certaines productions.

Les industriels avancent pourtant encore avec prudence. Les projets de REUT réellement déployés à grande échelle restent peu nombreux dans l'agroalimentaire français et les retours d'expérience consolidés demeurent encore limités. Plusieurs acteurs du secteur reconnaissent manquer de recul sur certains usages industriels, notamment lorsque les taux de réutilisation deviennent élevés ou que les contraintes sanitaires augmentent fortement.

Cette situation s'explique d'abord par la relative jeunesse du marché. La plupart des projets actuellement engagés reposent encore sur des démonstrateurs, des pilotes ou des premières phases de déploiement. Les industriels cherchent avant tout à sécuriser certains usages ciblés plutôt qu'à basculer immédiatement vers des taux de recyclage très élevés.

Pour Manon Antoine-Bouysse et Coralie Van Riet, de l'OiEau, cette approche progressive reste cohérente avec la maturité actuelle du marché. « *Les industriels avancent étape par étape* », observent-elles. Timidement, pourrait-on même dire. Les premières démarches portent généralement sur des usages périphériques ou des réemplois internes avant d'envisager des projets plus ambitieux de REUT. Afin de réduire sa consommation d'eau potable et de limiter ses rejets, une coopérative agricole spécialisée dans le conditionnement de légumes a mis en place une solution de réutilisation des eaux de lavage. L'objectif était de recycler les eaux issues des lignes de process, tout en garantissant une qualité compatible avec les exigences sanitaires de l'activité. Atlantique Industrie a conçu une filière de traitement associant un tamis rotatif Roto-Sieve RS24 (1,5 mm), des pompes auto-amorçantes Varisco, un hydrocyclone avec table vibrante, un décanteur lamellaire en inox et une cuve de stockage des eaux traitées. Une station de surpression permet ensuite la réutilisation de l'eau sur les chaînes de lavage, et l'installation est complétée par un système de contrôle comprenant un canal de comptage, une mesure de pH, un préleveur automatique et une supervision via IHM. Parmi les autres objectifs, cette solution permet aussi d'améliorer la performance environnementale du site.

Les tensions croissantes autour de la ressource accélèrent toutefois les réflexions. Un rapport des Nations unies[2] publié en 2019 estimait déjà qu'à horizon 2050, les risques liés aux sécheresses ou aux inondations pourraient menacer 45 % du PIB mondial ainsi que 40 % de la production céréalière.



© Gazechim

Cette installation de chloration gazeuse est équipée d'un système de fermeture Actech, de Gazechim, assurant la sécurisation de l'installation et la maîtrise des risques liés au chlore.

1. *https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2026-02/Guide%20Collectivites%20Eau%20et%20Industrie_V3-11_0.pdf.*
2. *Rapport mondial des Nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2019 [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367305].*



© Nereus

Une distillerie installée en Martinique réutilise, depuis 2022, 100 % de l'eau extraite (soit un débit de 770 m³ par jour) grâce à une installation de Nereus.

Ces perspectives poussent progressivement certains groupes industriels à anticiper les futures contraintes hydriques sur leurs sites de production.

Les projets les plus avancés commencent néanmoins à fournir des premiers indicateurs concrets. Une brasserie basque engagée dans un programme de recyclage de ses eaux industrielles annonce ainsi pouvoir recycler jusqu'à 84 % de ses effluents et économiser près de 34 440 m³ d'eau par an[3]. De manière analogue, Forafrance accompagne actuellement un major du domaine du lait en Europe pour la réutilisation de 30 % des eaux en sortie de sa STEP, ce qui représentera quand même 300 000 m³ par an d'eau non puisée en rivière. Ces eaux seront alors utilisées comme eau d'appoint de la chaudière vapeur, eau de refroidissement et eau de lavage. On peut encore citer une distillerie installée en Martinique, qui réutilise, depuis 2022, 100 % de l'eau extraite (soit un débit de 770 m³ par jour) grâce à une installation de Nereus. « *Notre technologie innovante d'électrolyse en ligne de l'eau a été retenue par une importante laiterie afin de sécuriser d'un point de vue bactériologique ses eaux de concentration de la matière laitière (ECML). Le client a d'abord procédé à une phase pilote sur une période de trois mois, afin de mesurer les résultats obtenus sur la durée. Lors de leur passage dans la cellule d'électrolyse de l'équipement installé sur la boucle d'une cuve de stockage des ECML, ces dernières sont désinfectées et acquièrent elles-mêmes un pouvoir de désinfection, qui permet d'assainir la cuve de stockage. Le client a constaté une parfaite conformité bactériologique des ECML sur toute la durée de la phase pilote, ainsi qu'un gain de temps pour les opérateurs, notamment parce qu'il n'est désormais plus nécessaire de procéder à des nettoyages périodiques de la cuve de stockage. Notre solution permet la réutilisation de 150 m³ par jour d'ECML pour les process de nettoyage, notamment pour la NEP* », indique Stéphane Leyssale, cofondateur et président d'Olimpe Technology, dont la technologie est aujourd'hui utilisée par un nombre croissant d'acteurs de l'industrie agroalimentaire. Ce type de résultats reste encore relativement rare dans l'agroalimentaire français mais illustre les niveaux de performance désormais visés sur certains sites industriels.

Les retours terrain montrent aussi que les projets les plus efficaces ne reposent pas uniquement sur les technologies de traitement. Les industriels doivent souvent revoir leurs pratiques de nettoyage, renforcer le suivi des consommations, ou encore améliorer la coordination entre production, maintenance et qualité. Dans l'industrie, on souligne que les projets de REUT deviennent progressivement des projets industriels transverses, impliquant autant l'exploitation quotidienne des sites que les équipements eux-mêmes.

La montée en puissance de la REUT dans l'agroalimentaire semble donc engagée, mais le secteur reste encore dans une phase d'apprentissage. Les industriels cherchent moins à atteindre immédiatement des performances maximales qu'à construire des modèles robustes, exploitables et compatibles avec les fortes exigences sanitaires de leurs activités.

LES CONDITIONS DU PASSAGE À L'ÉCHELLE

Le passage à l'échelle de la REUT ne se jouera pas uniquement sur les performances des technologies de traitement. Il dépendra surtout de la capacité des industriels à absorber des investissements structurants, souvent pensés pour les 10, 15 voire 20 prochaines années. Une installation de réutilisation engage durablement une usine, aussi bien sur ses infrastructures que sur ses modes d'exploitation ou les contraintes sanitaires associées.

Le sujet des Capex reste donc central. Ajouter des étapes, des systèmes et machines (prétraitement, membranes, supervision, etc.) représente rapidement plusieurs millions d'euros sur certains sites industriels. Mais les Opex deviennent eux aussi déterminants : énergie, maintenance, nettoyage des membranes, analyses, exploitation quotidienne ou gestion des concentrats peuvent fortement influencer l'équilibre économique des projets dans le temps. C'est précisément pour lever l'équation Capex/Opex, qui reste l'un des freins réels au déploiement à grande échelle, que la biofiltration de BioFiltro peut apporter une réponse concrète du fait de ses avantages en termes de faible consommation énergétique, d'absence de production de boues à traiter et de maintenance réduite. Sur des sites à forte charge organique, ce procédé peut significativement améliorer la viabilité économique d'une filière de réutilisation. Julien Moinot, d'Ekopak France, prend l'exemple de Clarebout : « *Cet acteur mondial de l'industrie de la pomme de terre a opté pour notre formule* "Water-as-a-Service" *(WaaS). Dans le*

3. *https://brasseriedupaysbasque.com/pionniere-du-recyclage-de-leau-en-france/.*

cadre de cette dernière, nous nous chargeons du financement, de la conception, de la construction et de la maintenance. La qualité de l'eau reste garantie, tandis que le client ne paie que pour l'eau fournie. »

Face à cette équation économique souvent délicate, Nereus propose une approche qui va au-delà de la seule fourniture d'équipements, en proposant des montages de type BOO (*Build Own and Operate*) ou BOT (*Build Own and Transfer*) qui permettent, aux porteurs de projets, de limiter l'impact sur leur trésorerie tout en accélérant la mise en œuvre des installations. Il devient ainsi possible d'intégrer le financement de la solution, sa maintenance et son exploitation dans un modèle global permettant à l'industriel de raisonner en coût complet plutôt qu'en investissement initial. « *Le véritable frein dans de nombreux projets n'est pas la technologie, mais le Capex. Un industriel qui fait du fromage ou de la charcuterie n'a pas vocation à immobiliser plusieurs millions d'euros dans une installation d'eau, aussi pertinente soit-elle. Notre réponse est de lui proposer un modèle où il paie une performance, pas un équipement* », précise Patrick-Jean Pichavant, de Nereus. Cette équation économique reste d'autant plus complexe que le coût de l'eau demeure encore relativement faible en France : on raisonne donc moins en économie directe d'eau qu'en sécurisation de l'activité industrielle face aux futures tensions hydriques.

Cette évolution pousse aussi certains acteurs à proposer des modèles plus intégrés. Les industriels cherchent parfois à externaliser une partie du pilotage d'installations devenues beaucoup plus complexes à exploiter au quotidien. « *Quand on fait du jambon, son métier n'est pas de piloter des plans d'eau complexes !* », sourit David Gautier, de Nalco Water.

L'innovation se déplace ainsi progressivement vers la donnée, le logiciel et le pilotage des installations. Les technologies de traitement continuent d'évoluer mais sans rupture majeure annoncée à court terme. Les gains les plus attendus concernent davantage la supervision des équipements, l'anticipation des dérives, ou encore l'optimisation énergétique des filières. « *Il y a un vrai sujet tant sur la partie surveillance et anticipation que sur la gestion et le pilotage avec l'IA* », estime Khaled Al Mezayen, d'InovaYa. « *Nos installations, monitorées à distance 24h/24 7j/7, nous permettent d'analyser finement leur fonctionnement et d'évaluer la nécessité d'une maintenance préventive ou non. La qualité d'eau est ainsi sécurisée en temps réel* », affirme Julien Moinot, d'Ekopak France.

L'exploitation des données pourrait notamment permettre d'anticiper certains phénomènes d'encrassement, d'ajuster plus finement les nettoyages, ou encore de mieux corréler les variations de production avec les performances des installations de traitement. L'objectif n'est pas d'automatiser entièrement les usines mais plutôt de rendre ces installations plus robustes et plus simples à exploiter dans la durée. Par exemple, BioFiltro Europe travaille sur l'articulation entre traitements biologiques (à faible empreinte énergétique, dans son cas) et filières avancées afin de rendre la REUT également économiquement soutenable. « *Dans l'industrie agroalimentaire, le rôle des équipes est de produire, non de piloter une mini-usine de traitement d'eau. Il faut évidemment des équipements robustes, mais surtout simples d'exploitation et (souvent) capables de sécuriser automatiquement les flux en cas de dérive. Le point critique n'est pas seulement de produire une eau conforme, c'est aussi d'empêcher automatiquement qu'une eau non conforme parte vers le mauvais usage* », indique Nicolas Meudal (1h2o3).

La REUT entre donc dans une phase moins démonstrative mais probablement plus structurante pour l'industrie agroalimentaire. Après les premiers pilotes et les premiers retours de terrain, le véritable enjeu consiste désormais à rendre ces installations exploitables, pilotables et économiquement soutenables sur le long terme. ●