



Annexe 4. Plan d'action pour la Économie circulaire

Annexe au E1.3.1 Stratégie commune
TWIST pour l'apprentissage mutuel et
la capitalisation des résultats des RIS3

Septembre 2019





Auteurs

L'équipe portugaise :

AdTA

IST

ISA

Contributeurs

L'équipe espagnole (CENTA)

Traduction

Jean-Marc Berland





Table des matières

1. Introduction	1
2. L'économie circulaire et le secteur des eaux usées.....	3
3. Liste des citations.....	17

Liste des figures

Figure 1.1 - Mission et objectifs stratégiques de TWIST	1
Figure 2.1 - Échelle des propositions de valeur croissante liées au traitement des eaux usées	10

Liste de tableaux

Table 2.1 - Catégories de réutilisation de l'eau.....	5
Table 2.2 - Coûts et avantages de la réutilisation de l'eau pour les principaux acteurs.....	7



Liste des acronymes et abréviations

PHA - Polyhydroxyalcanoate

RIS3 - Research and Innovation Smart Specialization Strategies (Stratégies de spécialisation intelligente en recherche et innovation)

TWIST - Transnational Water Innovation Strategy (Stratégie d'innovation transnationale dans le domaine de l'eau)

UE - Union Européenne



1. Introduction

La stratégie transnationale d'innovation dans le domaine de l'eau (TWIST) a inscrit le projet et ses objectifs dans le contexte stratégique et politique européen et a établi un cadre stratégique pour réaliser les objectifs définis.

La vision définie pour la stratégie TWIST est la suivante :

"Un territoire qui résiste au marché et aux changements climatiques, qui stimule la croissance économique et la protection de l'environnement en étant ancré dans l'innovation et l'engagement des parties prenantes".

Afin de réaliser la vision définie, une mission et quatre objectifs stratégiques ont été fixés, comme le montre la Figure 1.1.

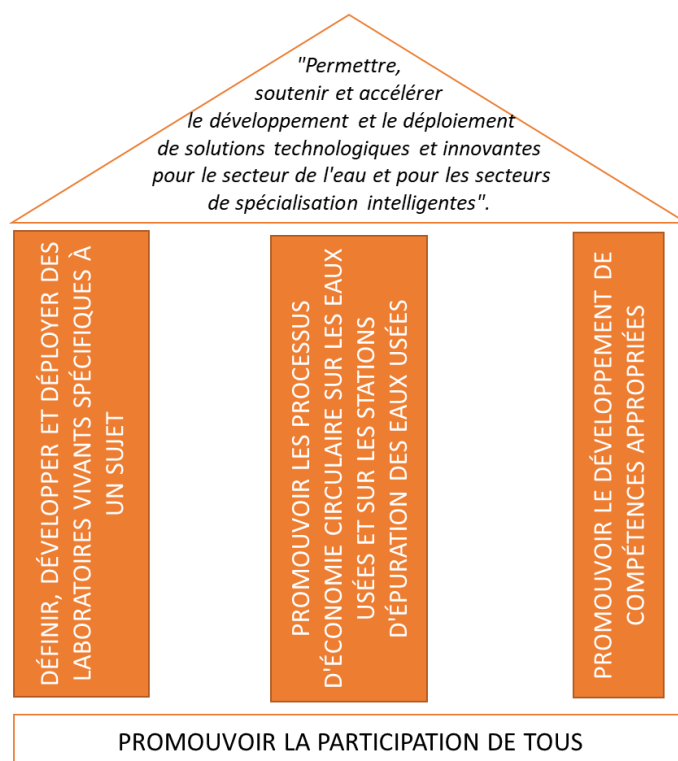


Figure 1.1 - Mission et objectifs stratégiques de TWIST



Il est donc prévu que la stratégie devienne un moteur d'innovation du secteur de l'eau dans les régions TWIST en utilisant comme levier les stratégies de spécialisation intelligentes de recherche et d'innovation (RIS3).

Ce plan d'action définit les étapes qui contribuent à l'adoption de processus d'économie circulaire sur les eaux usées, sur les stations de traitement des eaux usées et par la gestion de l'utilisation des sols, comme prévu dans l'objectif stratégique 2 de la stratégie TWIST.



2. L'économie circulaire et le secteur des eaux usées

Au cours des derniers siècles, les processus de production et les modes de consommation ont évolué de manière linéaire, l'approche "prendre-faire-utiliser-éliminer" prévalant, ce qui a eu des effets négatifs sur l'environnement, les entreprises et les personnes.

En conséquence, le paradigme évolue vers un modèle circulaire qui soutient les objectifs de développement durable et s'appuie sur des principes d'efficacité des matériaux et des ressources.

Compte tenu de l'augmentation de la demande en eau et en énergie et de son coût, des mesures de plus en plus strictes de contrôle et de prévention de la pollution imposées par l'UE, les secteurs de l'eau et des eaux usées ont cherché des solutions pour changer, en adhérant à une économie plus verte et circulaire guidée par les principes du développement durable.

Les eaux usées sont désormais considérées comme une source potentielle de ressources naturelles offrant la possibilité de récupérer de l'énergie, de l'eau, des nutriments et des matériaux.

La récupération de l'énergie, de l'eau et des matières premières du processus de traitement devient une pratique où les eaux usées traitées sont récupérées et les matériaux énergétiques, les nutriments (azote et phosphore), et les plastiques sont récupérés.

Ces matériaux, autrefois considérés comme des résidus, ne sont plus la fin de la chaîne de production et sont utilisés comme matières premières dans d'autres industries et processus, ce qui permet de maintenir les matériaux récupérés dans la boucle tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Ainsi, le modèle d'économie circulaire exige non seulement des changements dans les modèles de production et de consommation, mais aussi de nouveaux modèles et systèmes commerciaux. Changer l'ensemble du système de production et fermer les cycles de production est essentiel pour permettre un développement durable et la pérennité des ressources.

Le modèle d'économie circulaire, comparé au modèle linéaire, nécessite moins d'intrants et met en œuvre une utilisation plus efficace des ressources naturelles, permettant de réduire les émissions, les pertes et les résidus de matériaux.



Grâce aux changements à tous les stades du cycle de vie d'un produit, l'économie circulaire permet de minimiser les impacts environnementaux négatifs des produits manufacturés, d'améliorer les indicateurs macroéconomiques et le climat.

La récupération et la réutilisation des ressources peuvent découler de trois grands flux :

- Le flux d'eau ;
- Le flux de matériaux/ressources, et ;
- Le flux de récupération de l'énergie.

Le **flux d'eau** concerne la récupération et la réutilisation de l'eau traitée à des fins spécifiques autres que la boisson. Il peut s'agir notamment de réutiliser les eaux usées traitées pour des procédés industriels, en irrigation pour l'agriculture, pour les chasses d'eau des toilettes ou l'irrigation des parcs paysagers, golfs etc. ou pour reconstituer des aquifères. En outre, la technologie actuelle permettrait, dans l'absolu, à l'eau récupérée d'être d'une qualité qui peut être consommée en toute sécurité par l'homme. Cela peut s'avérer très utile dans des régions telles que les régions TWIST, qui sont constamment soumises à un stress hydrique. Ainsi, la réutilisation de l'eau traitée peut devenir un outil pour soulager la sécheresse et pour l'adaptation au changement climatique.

L'innovation et les progrès technologiques sont de la plus haute importance pour stimuler l'utilisation de l'eau recyclée en améliorant les processus de traitement, son efficacité et la qualité de l'eau recyclée. Parallèlement, il convient de s'engager auprès de la société civile et des utilisateurs finaux afin d'améliorer l'acceptation de l'eau recyclée dans la perspective "de la bonne eau pour le bon usage".

La réutilisation des eaux usées a de nombreuses utilisations potentielles après avoir été traitée de manière adéquate. La Table 2.1 présente certaines des catégories de réutilisation de l'eau¹.

¹De http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8390/-Water%20and%20Wastewater%20Reuse_%20An%20Environmentally%20Sound%20Approach%20for%20Sustainable%20Urban%20Water%20Management-20043596.pdf?sequence=3&isAllowed=y

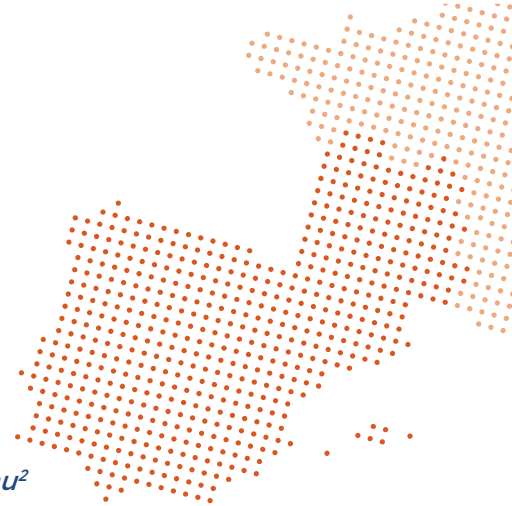


Table 2.1 - Catégories de réutilisation de l'eau²

Catégorie de réutilisation	Exemples de demandes
Usages urbains <ul style="list-style-type: none"> • Sans restriction • Restreint • Autres 	<p>Irrigation des parcs, des terrains de jeux, des cours d'école, des terrains de golf, des cimetières, des zones résidentielles, des ceintures vertes, de la fonte des neiges</p> <p>Irrigation des zones dont l'accès est peu fréquent et contrôlé</p> <p>Protection contre l'incendie, préparation aux catastrophes, construction</p>
Agriculture <ul style="list-style-type: none"> • Cultures vivrières • Cultures non alimentaires et cultures consommées après transformation 	<p>Irrigation des cultures destinées à la consommation humaine</p> <p>Irrigation pour le fourrage, les fibres, les fleurs, les cultures de semences, les pâturages, les pépinières commerciales, les gazonnières</p>
Utilisation à des fins récréatives <ul style="list-style-type: none"> • Sans restriction • Restreint 	<p>Pas de limitation des contacts corporels : lacs et étangs utilisés pour la baignade, la fabrication de neige</p> <p>Pêche, navigation de plaisance et autres activités récréatives sans contact</p>

² Asano et Levine, (1998)



Amélioration de l'environnement	Création de zones humides artificielles, amélioration des zones humides naturelles, débit des cours d'eau
Recharge des nappes phréatiques	Réapprovisionnement des nappes phréatiques pour l'eau potable, contrôle des intrusions d'eau salée, contrôle des affaissements
Réutilisation industrielle	Eau du système de refroidissement, eau de traitement, eau d'alimentation de la chaudière, toilettes, blanchisserie, eau de lavage de la construction, climatisation
Utilisation restreinte	Nettoyage, blanchisserie, toilettes, air conditionné
Reutilización agua potable	Mélange avec l'approvisionnement municipal en eau, approvisionnement de tuyau à tuyau

La Table 2.2 présente certains des avantages et des coûts de la réutilisation de l'eau pour les principales parties prenantes.

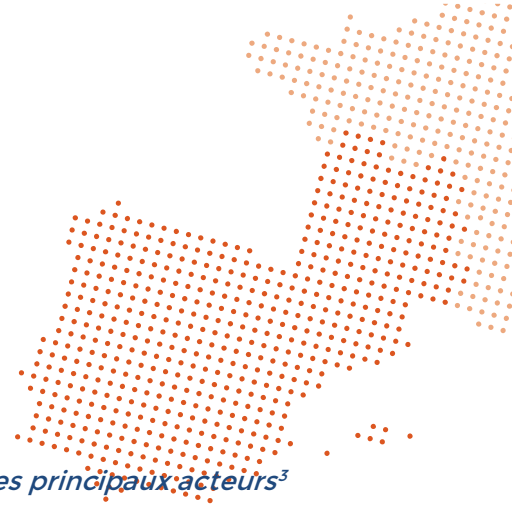


Table 2.2 - Coûts et avantages de la réutilisation de l'eau pour les principaux acteurs³

Partie prenante	Bénéfice	Coût	Facteurs clés
Gouvernement central	Évitement du coût d'un projet interétatique de gestion de l'eau douce ou d'autres grandes infrastructures nouvelles	Coût d'investissement initial du projet ; coût fiscal net des transferts et des compensations versées aux autres parties prenantes	Délimitation des responsabilités fiscales et financières entre les différents niveaux d'administration ; politique de tarification de l'eau ; accès aux financements externes ; normes obligatoires et environnementales (par exemple, UE)
Gouvernements des États, autorités régionales de l'eau	Recettes provenant de la vente d'eau potable en gros aux villes ; recettes fiscales provenant de la poursuite du développement des zones urbaines et rurales grâce à une plus grande sécurité de l'eau	Détermination des coûts de fonctionnement et d'entretien ; achats d'effluents des stations d'épuration municipales ; transferts fiscaux éventuels	Division et responsabilités financières et fiscales entre les gouvernements centraux régionaux et locaux ; réglementation locale en matière d'environnement et de santé publique
Services publics municipaux	Coûts évités des solutions alternatives pour	Coûts d'investissement et de fonctionnement	Politique tarifaire pour les effluents et l'eau douce ; répartition

³Andersson et al. (2016)



	l'eau ; économies sur les coûts de traitement des effluents ; revenus supplémentaires* provenant de la vente d'eau urbaine ; réduction des redevances sur la pollution	des nouvelles installations et infrastructures ; coût des mesures de santé publique et des restrictions sur les équipements publics	des coûts entre les utilisateurs et les autorités ; degré de pénurie urbaine actuelle et future
Agriculteurs	Plus grande fiabilité des effluents ; économies de prélèvement et de pompage ; économies d'engrais ; augmentation des rendements et du chiffre d'affaires	Restriction du coût des produits ; réduction du prix des terres	Quelle est la part du coût du projet supportée par les agriculteurs et récupérée auprès d'eux ; les alternatives disponibles, par exemple les eaux souterraines propres ; le prix facturé pour les effluents, comparé à celui de l'eau douce ; la possibilité de vendre les droits d'eau existants ; la sévérité des restrictions sur les produits

Le **flux de matières** comprend la réutilisation et la récupération d'une grande quantité de matières organiques et inorganiques provenant des eaux usées brutes, des flux d'eaux usées semi-traitées et des boues d'épuration.

Les boues traitées peuvent être appliquées comme engrais et comme conditionneur et stabilisateur de sol dans la sylviculture, dans les zones souffrant d'érosion ou dans la mise en valeur des terres.



La récupération du phosphore sous forme de struvite est également une opportunité susceptible d'apporter des avantages, car elle permettrait de récupérer une ressource rare dans l'espace européen tout en permettant de réaliser des économies sur l'entretien des stations d'épuration, car la struvite crée une nuisance en bouchant les tuyaux et les équipements.

L'industrie du ciment peut également utiliser les boues comme source de combustible de remplacement dans les fours à ciment, car elles ont une valeur calorifique. C'est pourquoi elles peuvent également être utilisées pour produire de l'énergie - thermique ou électrique selon la technologie disponible.

L'utilisation des boues pour la production d'énergie présente des avantages environnementaux et économiques, car elle contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre et la dépendance à l'égard des combustibles fossiles, et constitue donc un outil important pour atteindre les objectifs de l'UE en matière de développement durable. Même après leur combustion, les cendres de boues peuvent être utilisées pour produire de la struvite ou dans le secteur de la construction comme charge minérale, dans les mélanges de pavage d'asphalte ou dans la fabrication de briques. C'est également l'occasion de s'engager avec d'autres industries pour promouvoir la capture et la réutilisation des nutriments des eaux usées tout en évitant le rejet d'éléments responsables de l'eutrophisation et de contaminants dans le biote aquatique, maximisant ainsi les possibilités d'économie circulaire et la protection de l'environnement.

Les métaux précieux peuvent également être récupérés à partir des cendres qui restent après la combustion des boues d'épuration. Plus récemment, des plastiques biodégradables à base de polyhydroxyalcanoates (PHA) sont produits et testés, et des tentatives sont faites pour produire directement de l'électricité pendant le processus d'élimination des contaminants des eaux usées à l'aide de piles à combustible biologiques.

Le flux d'énergie peut être particulièrement pertinent en tant que levier de durabilité et en tant que mesure de réduction des coûts. La récupération de l'énergie peut se faire par la production de biogaz, par des pompes à chaleur dans les effluents des stations d'épuration et par la récupération de l'énergie de divers flux à haute température par échangeur de chaleur.

Cette approche est essentielle dans une économie circulaire et apporte des gains environnementaux et économiques à la fois au secteur de l'eau en tant que



fournisseur de ressources, et aux autres industries qui dépendent de ressources rares, limitées et à la merci de la concurrence mondiale des prix.

Les bénéfices sont nombreux et tendent à augmenter en valeur avec des investissements plus ambitieux en termes de durabilité. La figure 2.3 montre l'échelle des propositions de valeur croissante en fonction de l'augmentation des investissements et du potentiel de recouvrement des coûts⁴.

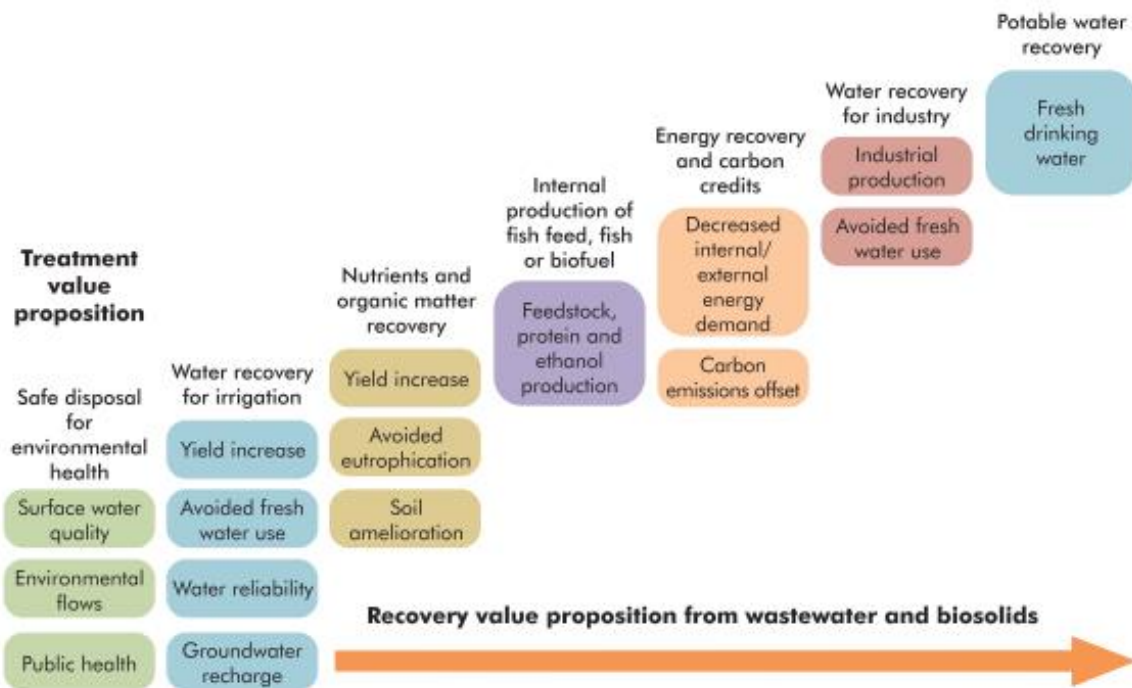


Figure 2.1 - Échelle des propositions de valeur croissante liées au traitement des eaux usées

La récupération et la réutilisation des ressources permettent de "boucler la boucle" du traitement des eaux usées et de combler le fossé avec d'autres secteurs. Des efforts doivent être déployés pour mettre en place des réseaux de communication cohérents entre tous les agents de la quadruple hélice, en

⁴ De : http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8390/-Water%20and%20Wastewater%20Reuse_%20An%20Environmentally%20Sound%20Approach%20for%20Sustainable%20Urban%20Water%20Management-20043596.pdf?sequence=3&isAllowed=y



identifiant les besoins de l'industrie et les ressources récupérées existantes (ou potentielles), créant ainsi des opportunités d'innovation commerciale, technologique ou organisationnelle. La promotion de structures similaires aux clusters est susceptible de présenter des avantages, car elle permettrait de rassembler en réseau les acteurs concernés qui promeuvent ainsi de nouvelles opportunités d'affaires.

Une base industrielle forte et intégrée est essentielle pour la croissance économique et la compétitivité, et l'utilisation des ressources récupérées peut être essentielle pour développer l'économie territoriale et certains secteurs technologiques, permettant l'accès aux matières premières énergétiques récupérées. Les PME et les centres de recherche peuvent jouer un rôle majeur dans la promotion de ces opportunités et dans la mise en place de chaînes de valeur complètes et intégrées, qui sont essentielles pour les gains de productivité.

D'autres options peuvent être explorées, à savoir la réflexion créative et les solutions innovantes indispensables pour rendre le secteur des eaux usées plus efficace, plus durable et plus rentable. Comme le suggère l'IWA (2017), il convient d'envisager des solutions de modernisation, de repenser et de ré-imaginer, en tenant compte de questions telles que l'inclusion de nouvelles unités dans les processus conventionnels, la modification des schémas de flux ou la création de concepts totalement nouveaux.

La gestion des ressources en eau par la gestion de l'utilisation des terres, en utilisant l'environnement naturel pour fournir des solutions de traitement, de stockage, de zones tampon et de loisirs, peut apporter de multiples avantages et des économies de coûts pour les stations d'épuration.

Selon la littérature, les ressources suivantes ont le potentiel d'être récupérées à partir des eaux usées :

- La cellulose ;
- Le phosphore ;
- Azote ;
- PHA ;
- Bioénergie - Biogaz ; biohydrogène ; biodiesel ;
- VFA ;
- Métaux (Fe ; Al ; Ti ; Zn ; Cu ; Sn ; Mn ; Cr ; Mo ; Ag ; Ni ; U ; V) ;
- Protéines monocellulaires ;
- Produits pharmaceutiques
- Enzymes

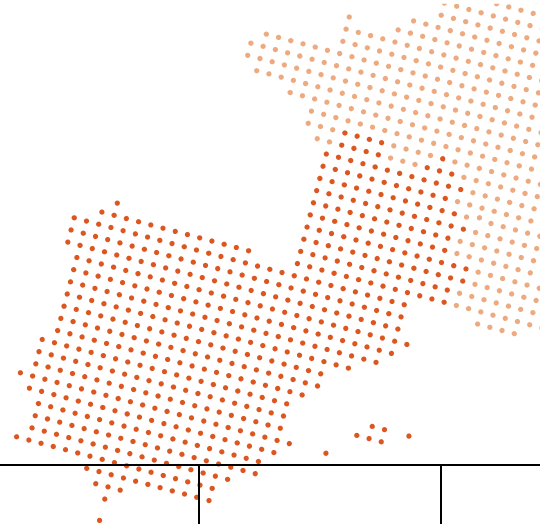


- Hormones.

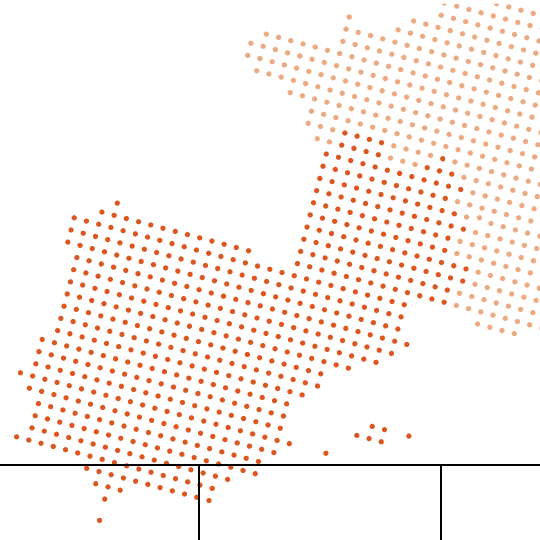
Les actions proposées pour promouvoir l'adoption du modèle d'économie circulaire sont énumérées ci-dessous. Certaines ne peuvent pas avoir lieu si un précédent n'est pas réalisé, mais d'autres peuvent être mises en œuvre de manière indépendante, en fonction uniquement de la prise de décision.



ACTIONS	OBSERVATIONS	QUI	QUAND	COMMENT	Résultats
A1 -Identification des sous-produits de traitement	Les sous-produits et les ressources susceptibles d'être récupérés dépendront des caractéristiques de l'effluent, qui diffèrent donc de celles des stations d'épuration	Services publics chargés du traitement des eaux usées.			
A2-Identification des secteurs industriels qui utilisent les ressources récupérées comme matières premières					
A3 - Identification des industries et des fabricants locaux tout au long de la chaîne d'approvisionnement qui sont susceptibles d'utiliser les différents sous-produits de traitement					
A4 - Liaison avec les industries et les fabricants locaux pour déterminer leurs besoins en					



ressources et leur ouverture à l'utilisation des sous-produits					
A5 - Travail de sensibilisation des industries, des agriculteurs et du public à l'utilisation sûre des produits récupérés et à son importance	<p>S'engager avec les autorités locales et régionales pour promouvoir des événements de sensibilisation du public</p> <p>Cela peut également servir de base pour promouvoir auprès du gouvernement la création de réglementations spécifiques</p>				
A6 - Assurer la liaison avec les PME, les universités, les centres de recherche et les fournisseurs de technologies pour promouvoir					



la R&D&I en ce qui concerne les nouvelles applications commerciales possibles des sous-produits de traitement et le développement de nouvelles technologies de traitement					
A7 - identifier les besoins/potentialités pour améliorer l'efficacité des installations existantes					
A8 - Travailler avec l'industrie pour identifier les mesures d'efficacité énergétique et d'utilisation des ressources					
A9 - Identifier les possibilités de co-digestion en utilisant d'autres types de biomasse, tels que les déchets alimentaires.					
A10 - Identifier les besoins/le potentiel de mise à niveau des installations					
A11 - Identifier les besoins/le potentiel de mise en œuvre des nouvelles technologies					

Interreg
Sudoe



TWIST 
European Regional Development Fund





3. Liste des citations

Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery. Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.

