



# Guide d'apprentissage du projet UPNYL-TEX pour la filière TLC

Des fibres polyamides à de nouveaux  
matériaux

Un projet soutenu et co-financé par **Re\_fashion**



# Sommaire

## **1. Contexte et objectifs**

## **2. Principaux défis**

## **3. Résultats expérimentaux**

## **4. Conclusion et perspectives**

# 1. Contexte et objectifs

- Le **polyamide**, couramment appelé nylon, est la **2<sup>ème</sup> fibre synthétique** la plus utilisée dans le domaine textile après le polyester et représente **5% du marché mondial global des fibres textiles** (6,7 millions de tonnes en 2023).<sup>1</sup>
- Parmi les textiles en polyamides usagés non réutilisables présents en centres de tri (toutes compositions de polyamide confondues), **environ 70% sont dirigés vers les flux CSR et déchets ultimes.**<sup>2</sup> **A peine 2% des fibres polyamides sont aujourd'hui recyclées,**<sup>1</sup> majoritairement par voies mécanique pour des applications de moindre valeur ajoutée.
- Bien que théoriquement plus prometteurs pour garantir une utilisation pérenne de la matière, les procédés chimiques développés restent rares (méthodes de dépolymérisation et de dissolution) et permettent uniquement de recycler la matière à un coût relativement élevé. Dans ces conditions, il est donc difficile pour un industriel de pouvoir rentabiliser son procédé.
- Il est donc essentiel de **développer de nouvelles méthodes de valorisation de ces déchets économiquement viables**, c'est-à-dire qui transforment ces fibres polyamides en produits à haute valeur ajoutée, pouvant être utilisés dans divers secteurs industriels existants.



<sup>1</sup> Materials Market Report, Textile Exchange, Septembre 2024

# 1. Contexte et objectifs

- Le projet UPNYL-TEX repose sur un **procédé chimique innovant de transformation des déchets polyamides en nouveaux matériaux polymères**. Via le procédé UPNYL-TEX, ils sont recyclés en de nouveaux matériaux à haute valeur ajoutée, plus précisément des polyamines, utilisables dans d'autres filières industrielles. Cette approche pourrait permettre de dégager plus facilement une marge financière.
- Les polyamines produites par UPNYL-TEX sont aujourd'hui inexistantes sur le marché car les voies de synthèse classiques sont complexes et reposent sur l'utilisation de réactifs toxiques et dangereux. UPNYL-TEX propose une **nouvelle voie de synthèse de ces matériaux à partir de déchets, plus économique et plus respectueuse de l'environnement**. Sous réserve de coûts de productions réalistes et d'un procédé robuste, ces polyamines pourraient être intéressants à vendre sur le marché.
- Ce projet repose sur des résultats de thèse obtenus au sein d'un laboratoire du CEA-Saclay (LCMCE). L'objectif d'UPNYL-TEX est de consolider la preuve de concept déjà obtenue et de **valoriser cette technologie par la création d'une start-up**.



## 2. Principaux défis

Le projet UPNYL-TEX visait:

- **Evaluer les sources de déchets textiles d'intérêt et les applications possibles** pour insérer le procédé dans une chaîne de valeur.
- **Valider la robustesse** du procédé par des tests sur des déchets textiles en 100% polyamide et en mélange de fibres (polyamide/élasthane), avec des compositions plus ou moins complexes (présence d'éventuels additifs, contaminants, *etc.*).



# 3. Résultats expérimentaux

✓ Identifier les gisements de déchets textiles polyamides



| Textiles contenant du polyamide                | Collants                                                                                                                                       | Lingerie                                                                                                                                                                                    | Vêtements imperméables                                                                                                                                                                                                  | Maillots de bain                                                                                                                                                                            | Chaussettes                                                                                                                                                                                    | Vêtements de sport                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Composition type du produit</b>             | <b>Polyamide / Elasthanne</b> (en proportion variable)                                                                                         | <b>Polyamide, Polyamide / Elasthanne</b> (en proportion variable)<br>Produit complexe (bonnets en mousse, armatures en plastique divers ou en métal, doublures en coton, etc.)              | Produit monocouche ou multicouche.<br>Composition variable en fonction des fabricants.<br>Polyester en majorité.                                                                                                        | Produit monocouche ou multicouche.<br>Composition variable en fonction des fabricants/collections (polyamide, élasthanne, polyester).<br><b>Polyamide</b> en majorité.                      | Composition variable en fonction des fabricants/collections (polyamide, élasthanne, polyester, coton, laine).<br><b>Polyamide utilisé dans les gammes techniques.</b>                          | Produit monocouche ou multicouche.<br>Composition variable en fonction des fabricants/collections (polyamide / élasthanne, polyester, coton, polypropylène, laine).<br>Polyester en majorité.  |
| <b>Organisation actuelle de la collecte</b>    | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)<br>- Essais de collecte en magasin par certaines marques               | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)<br>- Essais de collecte en magasin par certaines marques                                                            | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)                                                                                                                                                 | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)<br>- Essais de collecte en magasin par certaines marques                                                            | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)<br>- Essais de collecte en magasin par certaines marques                                                               | - Collecteurs de déchets textiles (associations et entreprises privées)<br>- Essais de collecte en magasin par certaines marques                                                               |
| <b>Devenir actuel de ces déchets après tri</b> | Déchets non revendus (pas ou peu de réemploi) et envoyés en CSR ou incinération                                                                | Déchets dirigés en réutilisation en priorité (export)                                                                                                                                       | Déchets dirigés en réutilisation en priorité (export, friperie)                                                                                                                                                         | Déchets dirigés en réutilisation en priorité (export)                                                                                                                                       | Déchets non revendus (pas ou peu de réemploi) et envoyés en CSR ou incinération                                                                                                                | Déchets dirigés en réutilisation en priorité (export)                                                                                                                                          |
| <b>Conclusion sur le gisement</b>              | --> Gisement facile à capter mais collecte à améliorer. Faible tonnage disponible (textiles très légers). Concurrence émergente sur ce marché. | → Gisement facile à capter mais collecte à améliorer. Produits très complexes (armatures, bonnets, etc.), étape de déliassage nécessaire. Faible tonnage disponible (textiles-très légers). | → Gisement difficile à capter à cause de compositions très variables selon les fabricants. Si identification précise du gisement (surtri), possibilité de capter le gisement. Faible tonnage car polyester prédominant. | --> Gisement difficile à capter à cause de compositions très variables selon les fabricants/collections. Si identification précise du gisement (surtri), possibilité de capter le gisement. | --> Gisement très difficile à capter et à identifier à cause de compositions très variables et complexes selon les fabricants/collections. Faible tonnage car coton et polyester prédominants. | --> Gisement très difficile à capter et à identifier à cause de compositions très variables et complexes selon les fabricants/collections. Faible tonnage car coton et polyester prédominants. |

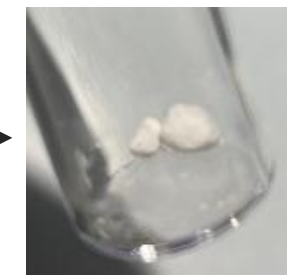
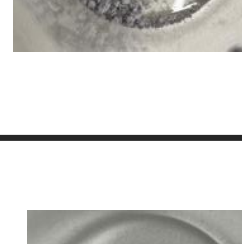
### 3. Résultats expérimentaux

- ✓ **Valider la robustesse** du procédé sur des échantillons de déchets textiles récupérés auprès d'opérateurs de tri conventionnés  
Refashion : obtention de quelques milligrammes de polyamines après transformation des textiles par le procédé UPNYL-TEX.

#### COLLANTS

Composition :

Polyamide/Elasthanne



#### POLYAMINES

**Via le procédé  
UPNYL-TEX**  
Après purification  
(reste impuretés  
inorganiques)

# 3. Résultats expérimentaux

- ✓ **Valider la robustesse** du procédé sur des échantillons de déchets textiles récupérés auprès d'opérateurs de tri conventionnés  
Refashion : obtention de quelques milligrammes de polyamines après transformation des textiles par le procédé UPNYL-TEX.

## MAILLOTS DE BAIN

**Composition :**  
Polyamide/Elasthanne  
Polyester  
(protection intérieure entre-jambe)

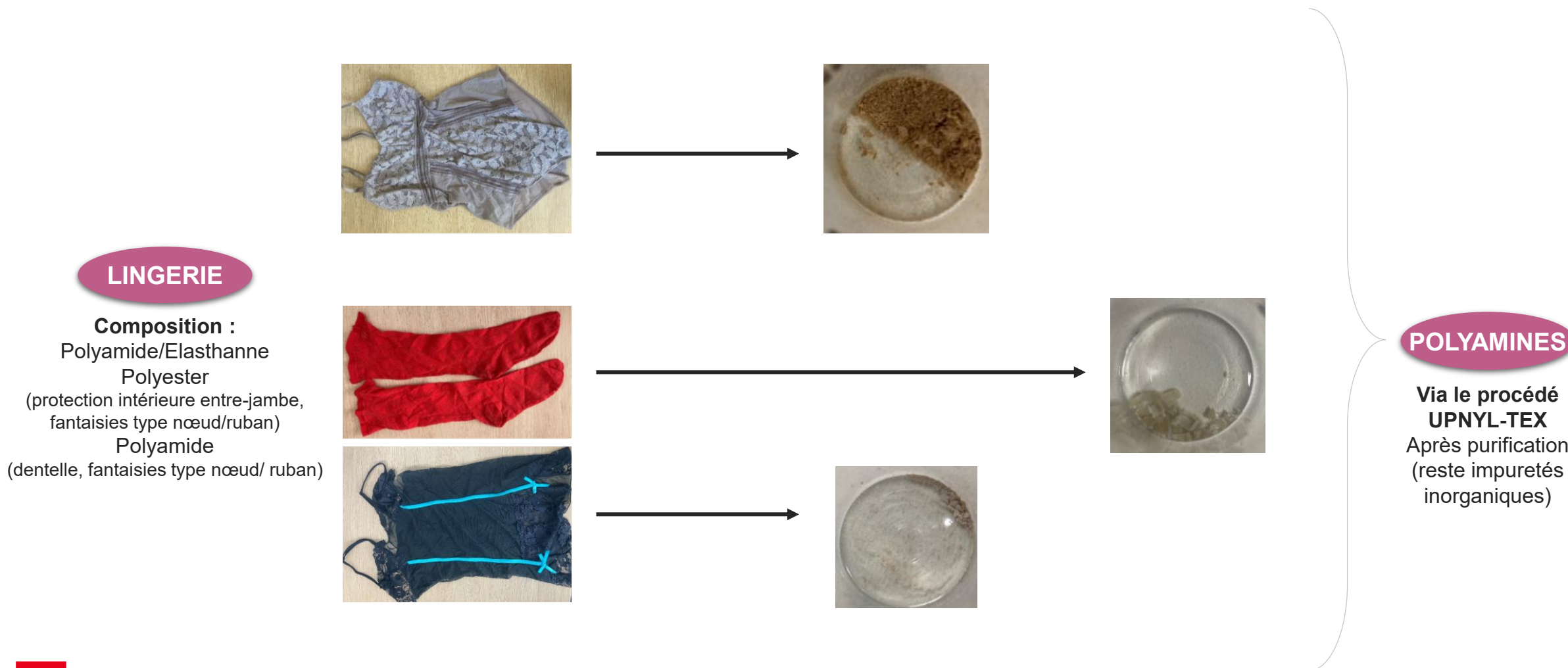


## POLYAMINES

**Via le procédé  
UPNYL-TEX**  
Après purification  
(reste impuretés  
inorganiques)

# 3. Résultats expérimentaux

- ✓ **Valider la robustesse** du procédé sur des échantillons de déchets textiles récupérés auprès d'opérateurs de tri conventionnés  
Refashion : obtention de quelques milligrammes de polyamines après transformation des textiles par le procédé UPNYL-TEX.



# 3. Résultats expérimentaux

- ✓ **Valider la robustesse** du procédé sur des échantillons de déchets textiles récupérés auprès d'opérateurs de tri conventionnés  
Refashion : obtention de quelques milligrammes de polyamines après transformation des textiles par le procédé UPNYL-TEX.

## IMPERMÉABLE

**Composition :**  
Polyamide  
Polyester  
(zip)



## SPORT

**Composition :**  
Polyamide  
Polyester  
(doublure, lacet, élastique, zip)



## POLYAMINES

**Via le procédé  
UPNYL-TEX**  
Après purification  
(reste impuretés  
inorganiques)

## 4. Conclusion et perspectives

- Pour le développement de toute technologie de valorisation de déchets textiles, il est nécessaire **d'améliorer la collecte des déchets textiles**. Ceci concerne davantage les petits articles polyamides (lingerie, collants) encore trop jetés aux ordures ménagères.
- Le tri des déchets textiles en centres de tri est aujourd'hui majoritairement manuel. Trier les gisements de textiles polyamides telles que **la lingerie et les collants**, où le polyamide est largement dominant, est possible. Mais les **tonnages sont faibles**.
- Le captage des fibres polyamides présentes de manière éparsée (dépendants des collections et des marques) dans certaines chaussettes, vêtements imperméables et maillots de bain se fera sous conditions d'**utiliser des technologies de tri matière automatisé des textiles et/ou de limiter le nombre de matières/matériaux utilisé(e)s et ce de manière concertée au sein de la filière textile**.



## 4. Conclusion et perspectives

- Le **procédé UPNYL-TEX** est très **robuste** face à la présence d'autres fibres (polyester, élasthanne) et d'additifs / contaminants (colorants, pigments, adoucissants, etc.). Il s'applique tant sur des fibres en polyamide 6 que 6.6. Il ne nécessite donc **pas de tri très sélectif envers les différentes natures de polyamides (6 ou 6.6) ni une préparation particulière des déchets textiles**. A noter que les fibres polyester et élasthanne sont quant à elles transformées en dérivés de leurs monomères (alcools et amines). A l'avenir, ces sous-produits pourraient également être valorisés.
- L'efficacité de ces transformations, à savoir le rendement, n'a pu être proprement calculée par manque de connaissances précises sur la composition des déchets textiles utilisés.
- A ce jour, cette technologie se concentre uniquement sur la valorisation des matières polyamides. Il est donc impératif de **cibler des gisements de déchets textiles contenant en grande majorité du polyamide pour valoriser un maximum de matière**.
- Les matériaux innovants UPNYL-TEX issus de cette valorisation de déchets textiles semblent intéressants pour diverses applications, entre autres environnementales (capture du CO<sub>2</sub> et traitement des eaux usées).
- *Poursuite de la maturation de cette technologie* : Démontrer les performances des polyamines d'UPNYL-TEX pour des applications industrielles spécifiques.





# Guide d'apprentissage du projet UPNYL-TEX pour la filière TLC

Des fibres polyamides à de nouveaux  
matériaux

**Porteuse du projet :**

Marie KOBYLARSKI

Ingénieure de recherche CEA Paris-Saclay (LCMCE)

[marie.kobylarski@cea.fr](mailto:marie.kobylarski@cea.fr)

