

POSITION D'IFPEN

Quel cadre réglementaire pour un développement rationnel, efficace et pérenne du recyclage des plastiques ?

Innovater pour un monde décarboné et durable

≡ IFP Energies nouvelles

IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur public majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, de la mobilité et de l'environnement. Depuis les concepts scientifiques en recherche fondamentale jusqu'aux solutions technologiques en recherche appliquée, l'innovation est au cœur de son action, articulée autour de quatre orientations stratégiques : climat, environnement et économie circulaire ; énergies renouvelables ; mobilité durable ; hydrocarbures responsables.

IFPEN concentre ses efforts sur l'apport de solutions aux défis sociétaux et industriels de l'énergie et du climat, au service de la transition écologique. Partie intégrante d'IFPEN, IFP School, son école d'ingénieurs, prépare les générations futures à relever ces défis.



Ce qu'il faut retenir

La demande toujours plus forte de matière plastique pose deux défis majeurs :

- Les impacts associés à la production et aux déchets de plastique,
- L'utilisation massive de ressources fossiles.

L'amélioration de la gestion de la fin de vie des objets en plastique est donc un enjeu majeur qui repose sur les 3 leviers propres à une économie circulaire : « Réduire, Réutiliser et Recycler ».

Le recyclage des plastiques permet de limiter l'usage des ressources fossiles pour la production de plastique tout en valorisant au mieux les déchets générés. C'est donc un levier à actionner pour répondre à ces deux défis.

Aujourd'hui, l'essentiel du plastique recyclé provient du recyclage mécanique, technique maîtrisée mais qui présente néanmoins des limitations dans sa mise en œuvre : elle s'adresse à des flux de déchets plastiques homogènes, ne permet pas l'élimination des additifs et entraîne généralement une dégradation progressive des propriétés de la matière.

IFPEN est engagé par conséquent dans le développement de procédés de recyclage avancé (physique ou chimique) permettant d'éliminer les additifs et impuretés pour revenir à une qualité équivalente à la matière vierge.

Le déploiement à large échelle de ces procédés de recyclage nécessite des investissements industriels significatifs. Le coût de la matière première issue du recyclage avancé est supérieur au coût de production du plastique vierge. Ces nouvelles voies de production ne verront donc le jour que dans un cadre réglementaire favorable et pérenne. Il est tout particulièrement nécessaire de :

- Imposer des teneurs en matières recyclées dans les objets plastiques produits et ainsi prédéfinir des tailles de marché qui ouvriront des débouchés à la matière recyclée,
- Fixer les critères de sortie du statut de déchet au stade de la charge préparée (comprenant les opérations de collecte, tri et mise en forme) afin que les plateformes chimiques ou pétrochimiques puissent transformer ces matières sans exigence de classement plus contraignant du fait de la présence de déchets,
- Mettre en place un système de comptage et d'attribution des matières recyclées (*Mass Balance*) qui encourage le recyclage plastique vers plastique, tel que proposé par le compromis européen de *Fuel Exempt*,
- Respecter autant que possible la notion de « *circularité matière* » au niveau des polymères (les déchets de PET doivent alimenter les filières de PET...) pour préserver l'économie de chaque filière,
- Eviter les boucles de circularité liées aux objets plastiques mis sur le marché (pour un polymère donné) afin de massifier les filières de recyclage, de favoriser les effets d'échelle pour limiter les coûts,
- Favoriser autant que possible les filières existantes les plus vertueuses et prendre en compte les évolutions technologiques au cours du temps tout en donnant de la visibilité et une perspective aux projets qui utilisent les technologies éprouvées.

■ **Contexte**

Apparu dans les années 50, le plastique s'est rapidement imposé comme un matériau indispensable à la vie moderne. Sa légèreté, sa facilité de mise en œuvre, son faible coût de production, ses propriétés nombreuses et ajustables par formulation sont autant d'atouts qui expliquent une demande toujours plus forte.

Cette situation pose néanmoins deux défis majeurs. Le premier concerne les impacts environnementaux du plastique, associés à la production ou la gestion des déchets post-consommation collectés (incinération, mise en décharge), mais aussi aux pollutions diverses liées à la dispersion du plastique non collecté dans l'environnement. Le second concerne l'utilisation des ressources, la quasi-totalité du plastique consommé aujourd'hui étant produite à partir d'hydrocarbures fossiles (gaz-pétrole).

Utiliser des ressources alternatives pour la production de plastique telles que des matières biosourcées ou recyclées, ou encore du CO₂, représente donc un enjeu important, à la fois pour notre souveraineté et pour l'environnement. L'usage toujours croissant du plastique nous impose d'agir sur les modes de production, mais aussi la gestion des usages et la fin de vie, pour limiter au maximum les impacts environnementaux en utilisant les 3 leviers propres à une économie circulaire : « Réduire, Réutiliser et Recycler » et en s'appuyant au mieux sur l'écoconception des produits.

Dans ce contexte, l'un des enjeux majeurs est l'amélioration de la gestion de la fin de vie des objets en plastique. Cela passe tout d'abord par une intensification généralisée au niveau mondial de la collecte afin de limiter la dispersion des plastiques dans l'environnement. **Il faut également poursuivre le développement des filières de tri et de recyclage, pour valoriser au mieux les déchets en produisant des Matières Premières Recyclées (MPR) qui peuvent se substituer à des matières premières vierges.**

■ **Une multitude de flux complexes à traiter**

Plastique est une dénomination générique qui désigne une multitude de matériaux constitués en premier lieu de polymères mais aussi de nombreux additifs qui confèrent au plastique ses propriétés d'usage spécifique (colorants, stabilisants, plastifiants, opacifiants, retardateurs de flamme, etc...). Ces matériaux sont utilisés dans toutes les filières économiques (emballage, construction, automobile, agriculture...) avec des temps d'usage très variables allant de quelques jours à plusieurs dizaines d'années.

Même si la composition des plastiques mis sur le marché est maîtrisée par les industriels qui les produisent et si l'usage des additifs est de plus en plus réglementé, la composition exacte

des matières plastique après usage n'est pas connue des recycleurs, qui doivent néanmoins s'adapter aux flux de déchets qu'ils ont à traiter.

Par ailleurs, en amont du recyclage, l'organisation de la collecte, du tri du plastique, dans les déchets ménagers ou industriels / commerciaux, est complexe et varie d'un pays à l'autre. La mise en place de filières REP (Responsabilité Élargie des Producteurs) permet, filière par filière, d'organiser et de financer, au moins partiellement, la gestion des déchets et le développement des structures permettant de valoriser au mieux ces déchets. La France fait figure de pionnière dans ce domaine avec la création dès 1992 d'Eco-

Emballage (maintenant Citéo) pour gérer la fin de vie des emballages.

Les développements de procédés de recyclage doivent donc se faire en articulation avec la mise en place / l'évolution des filières de collecte, de tri et de préparation des déchets pour les transformer en des charges valorisables. L'investissement dans des projets de recyclage ambitieux nécessite alors une connaissance approfondie des gisements pour identifier et sécuriser la ressource et s'assurer

de son adéquation avec les capacités de traitement du procédé de recyclage considéré.

Aujourd'hui, même si dans de nombreux pays la collecte et la valorisation des déchets sont de mieux en mieux organisées, il reste encore des marges de progrès importantes pour optimiser la collecte et le traitement des flux collectés, mais aussi pour **standardiser les flux triés** afin de faciliter ensuite leur recyclage et diminuer les coûts.

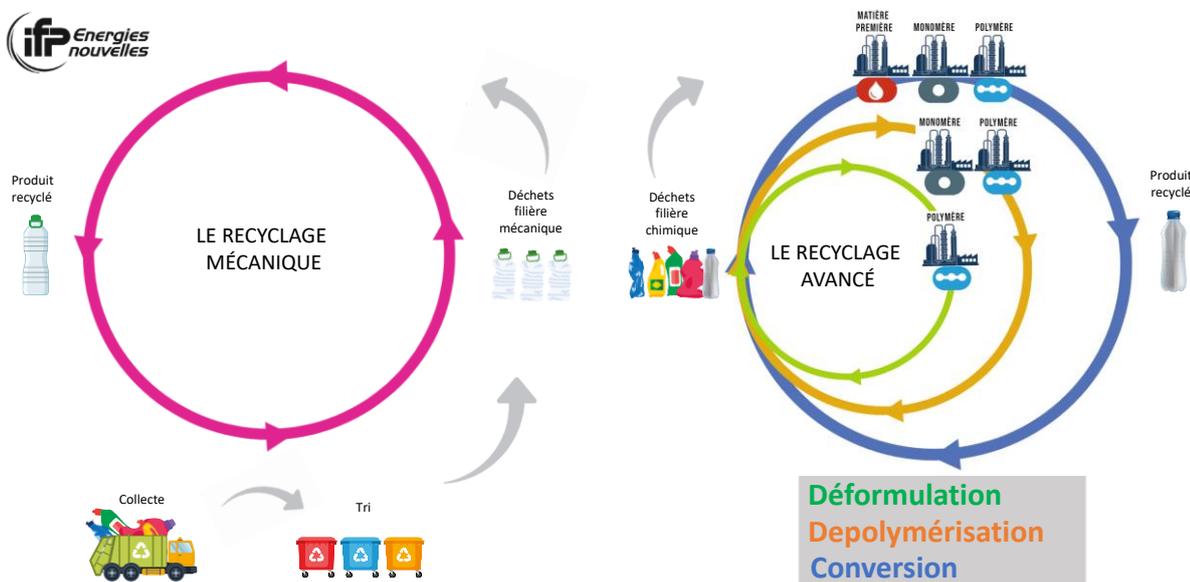
Le recyclage du plastique

Aujourd'hui, l'essentiel du plastique recyclé provient du recyclage mécanique qui s'est développé au cours des 30 dernières années. C'est une technique bien maîtrisée qui répond à de nombreux besoins, mais qui présente néanmoins des limitations dans sa mise en œuvre :

- Il est limité à des flux de déchets très bien triés (souvent homogènes par le type de plastique ou les objets qui les composent) qui ne sont pas toujours disponibles ou accessibles,

- Il ne permet pas d'éliminer les additifs (colorants, phtalates, etc...),
- Il ne permet pas toujours de décontaminer les plastiques et de revenir au contact alimentaire,
- Il ne permet pas toujours de revenir à la matière initiale du matériau (boucle fermée) et conduit parfois à une dégradation d'usage (downcycling),
- Après quelques cycles de recyclage, le vieillissement de la matière conduit à une dégradation progressive des polymères et, par conséquent, des propriétés utiles des plastiques.

Recyclage des plastiques



Le recyclage avancé, complémentaire au recyclage mécanique, consiste à traiter chimiquement ou physiquement le plastique en fin de vie en procédant à sa déformulation, sa dépolymérisation ou sa conversion. Les différents procédés de recyclage avancé permettent d'éliminer les additifs et autres impuretés présents dans les déchets pour revenir au plastique initial, en empruntant des voies de transformation plus ou moins longues, et en favorisant donc le recyclage en boucle fermée.

Dans ce contexte, IFPEN est engagé aujourd'hui activement dans le développement des procédés de recyclage avancé pour l'industrie. Les trois voies de recyclage précisées ci-dessous sont explorées en adéquation avec les besoins des filières (voir en annexe).

Tous les procédés de recyclage des déchets en plastique ont un impact environnemental qui dépend de la nature des traitements et des

étapes nécessaires à la transformation de la matière. Les boucles courtes, utilisant la déformulation, permettent d'obtenir directement des polymères recyclés alors que les boucles plus larges, utilisant la conversion, nécessitent d'effectuer des transformations chimiques plus nombreuses avant de revenir au polymère. On considère donc généralement que plus on élargit la boucle de recyclage, plus les impacts environnementaux attribuables aux MPR sont importants, même s'ils restent en général bien inférieurs à ceux attribuables à des matières vierges équivalentes qui sont produites à partir d'hydrocarbures fossiles.

Le recyclage du plastique est aujourd'hui un défi considérable compte-tenu de la complexité et de la variété des flux à traiter. Toutes les voies sont donc à considérer pour tendre vers une économie véritablement circulaire des plastiques et quand cela est techniquement possible, il faut d'abord privilégier le recyclage mécanique, puis la déformulation, la dépolymérisation et enfin la conversion.

Bâtir un cadre réglementaire permettant un développement rationnel, efficace et pérenne du recyclage des plastiques

Les investissements à réaliser pour accroître les capacités de gestion des déchets plastiques avec le recyclage avancé sont significatifs, et beaucoup plus importants que les investissements réalisés jusqu'à présent pour le recyclage mécanique. Cela génère souvent un coût additionnel par rapport à la production de plastique vierge, qui est, en général, réalisée avec des unités de production déjà largement amorties. Il est donc important de donner le cadre nécessaire, qui permet de justifier et de sécuriser les investissements, pour rassurer et encourager les investisseurs. Pour cela, il est en particulier indispensable de poursuivre la mise en place d'un cadre réglementaire incitant à la substitution des matières plastiques vierges par leurs équivalents recyclés, pour stimuler au niveau industriel l'émergence d'une vraie

circularité en boucle fermée autour des matières plastiques et évitant, autant que possible, les dégradations d'usage avec « downcycling ».

Aujourd'hui, l'Europe a donné un cadre réglementaire (EU2022/1616) au recyclage avancé. Il faut maintenant accompagner son développement et confirmer son statut en intégrant les boucles de recyclage avancé dans la hiérarchie de prévention et de gestion des déchets.

1. Favoriser l'usage des MPR

Un moyen efficace pour accroître l'usage des MPR et encourager la demande de plastique recyclé par rapport au plastique vierge, est d'imposer des teneurs en matières recyclées dans les produits finis. C'est ce qui est proposé pour les emballages dans le projet de règlement PPWR (Proposal Packaging and Packaging Waste Regulation) en cours de finalisation au niveau européen. Les taux d'incorporation imposés vont définir implicitement la taille des marchés. Des mesures similaires sont envisagées dans les industries textile ou automobile, et il serait souhaitable qu'à terme toutes les industries utilisant du plastique soient concernées. Compte-tenu des temps de mise en place des filières de collecte, de tri, de préparation matière et des installations de recyclage, les taux d'incorporation doivent être décidés suffisamment à l'avance et prendre en compte la maturité technologique très variable des différentes filières.

L'usage croissant des MPR dans les produits de consommation doit permettre le développement des filières de recyclage, dans une logique territoriale de maîtrise de nos déchets et de réappropriation de nos ressources.

2. Définir une sortie du statut de déchet cohérente et adaptée aux usages industriels

Des dispositions doivent être mises en place pour favoriser la sortie du statut de déchets par le recyclage, tout en contrôlant le traitement et les flux de déchets. Des réflexions sont en cours sous l'égide du Centre commun de recherche de la Commission Européenne (JRC) pour homogénéiser le cadre de sortie du statut de déchets pour les filières plastique, textile et pneu.

En amont de l'opération spécifique de recyclage, il est nécessaire, quelle que soit la filière, de réaliser des opérations conséquentes de préparation des charges qui incluent la collecte, le tri, et la mise en forme des charges. Il s'agit en général d'opérations mécaniques réalisées par les acteurs du monde des déchets.

La préparation de charge est coûteuse (entre 100 et plus de 500€/t, en fonction des filières) et n'est donc réalisée que s'il existe un marché en aval. La charge ainsi préparée répond à un cahier des charges permettant le recyclage en aval, par voie mécanique ou chimique. Le recyclage mécanique est ensuite réalisé chez des transformateurs. Le recyclage avancé est, lui, en général envisagé sur des plateformes chimiques ou pétrochimiques (qui ne sont pas nécessairement habilitées à traiter des déchets).

Adopter un cadre réglementaire fixant **la sortie du statut de déchet au stade de la charge préparée et répondant au cahier des charges des usines de recyclage** paraît en conséquence pertinent et serait applicable à de nombreuses filières (plastique, pneus, textile...). Il permettrait :

- Le développement d'un marché de matières premières à recycler en amont des installations de recyclage, tout en limitant les exports de matières préparées, compte tenu de la valeur des charges produites,
- Le traitement des charges préparées sans devoir justifier d'habilitations de traitement des déchets, ce qui est essentiel pour les usines de recyclage avancé.

3. Mettre en place un système de comptage juste favorisant les voies de recyclage les plus pertinentes

Lorsqu'on effectue le recyclage avancé d'une matière plastique, il devient parfois difficile, voire impossible, de différencier la matière recyclée de la matière vierge, en particulier lorsqu'on utilise les voies de conversion. Il est donc nécessaire de mettre en place des systèmes de comptage robustes associés aux sites de production.

Le « *mass balance* » qui permet de comptabiliser et d'attribuer la valeur recyclée à la matière produite dans un procédé en fonction

des rendements et de la nature des intrants est donc un dispositif indispensable pour comptabiliser, tracer et valoriser les matières premières recyclées chimiquement. Le système de *mass balance* à mettre en place doit encourager la valorisation matière, et donc le recyclage plastiques vers plastiques et ne pas favoriser la combustion des produits obtenus, (notamment à travers la production de carburants pour les transports). Le système proposé aujourd'hui en Europe (*Fuel exempt*) est un compromis qui permet de favoriser le développement du recyclage avancé, dans un contexte où les incitations à utiliser les MPR sont encore limitées et pèsent exclusivement sur la filière de l'emballage.

Nous préconisons également que les dispositifs de *mass balance* permettent de respecter au mieux la « *circularité matière* » au niveau des polymères. Ainsi, des déchets de PET doivent préférentiellement alimenter des filières de PET. De même, des huiles de pyrolyse produites à partir de polyoléfines doivent préférentiellement être valorisées en polyoléfines. Il faut donc éviter qu'elles soient créditées pour une valorisation en PET recyclé par exemple. En effet, les coûts de recyclage sont spécifiques à chaque polymère. Il faut donc veiller à ce que l'économie d'une filière de recyclage d'un polymère, environnementalement vertueuse, ne soit pas mise en péril par le dumping lié à des coûts moindres dans une autre filière.

4. Vers quel niveau de circularité faut-il tendre ?

L'intensification des incitations au recyclage génère progressivement des tensions importantes pour accroître et maîtriser les gisements. De ce fait, la mise en place de boucles de circularité très contraignantes au niveau matière, mais également au niveau des filières, voire au niveau des objets, est aujourd'hui envisagées dans les différentes filières. Dans le cadre du recyclage du PET/polyester, on parle ainsi de filières « bouteille vers bouteille », « barquette vers barquette », « fibres vers fibres », voire « bouteille de lait vers bouteille de lait ». Or,

plus la boucle de circularité concerne des petits volumes, plus les coûts de mise en place des filières de collecte, de tri et de recyclage objet par objet seront importants.

Ainsi, pour développer des filières les plus économiques possibles, il faut maximiser les flux collectés localement pour favoriser le déploiement d'installations de capacités suffisantes à l'échelle d'un territoire, tout en minimisant les coûts de collecte, de tri, de préparation de charge et d'acheminement vers les centres de recyclage. Dans cette perspective, privilégier la circularité au niveau du polymère plutôt que d'imposer un niveau de circularité trop restreint, tout en veillant à respecter cependant les contraintes de chaque filière (contact alimentaire, etc...) semble être l'approche la plus pertinente.

5. Favoriser les filières les plus vertueuses et prendre en compte les évolutions des technologies

Le défi à relever pour recycler massivement le plastique et tendre vers une économie véritablement circulaire en boucles fermées est aujourd'hui considérable, compte-tenu de la complexité et de la variété des flux à traiter, de la structuration des filières de collecte et de tri et des investissements à réaliser à l'échelle mondiale. Il faut donc mobiliser l'ensemble des solutions disponibles adaptées en favorisant le développement et le déploiement des solutions les plus vertueuses en termes d'impacts environnementaux.

Pour un flux de déchet plastique donné, les dispositions réglementaires devraient donc encourager, quand cela est possible, les filières les plus vertueuses. Il est donc indispensable à cet égard d'évaluer objectivement **les impacts environnementaux réels** de l'ensemble des voies de recyclage qui sont industrialisées pour mieux apprécier les bénéfices réels de l'ensemble des solutions proposées.

Des efforts de recherche et d'innovation importants sont aujourd'hui consacrés, partout dans le monde, à la thématique du recyclage du plastique. De nouvelles technologies viables vont donc rapidement émerger pour faire

progresser les systèmes de collecte, de tri et de recyclage existants. Les dispositions réglementaires devront prendre en compte et

intégrer ces évolutions, tout en donnant de la visibilité et une perspective aux projets qui utilisent les technologies existantes.



Contact

Abdelhakim Koudil

Responsable de programme
Centre de résultats Chimie pour l'Industrie
IFP Energies nouvelles
abdelhakim.koudil@ifpen.fr

Michel Viktorovitch

Conseiller Europe auprès de la Direction
Générale
IFP Energies nouvelles
michel.viktorovitch@ifpen.fr

www.ifpenergiesnouvelles.fr

IFPEN travaille depuis plus d'une dizaine d'années sur des solutions technologiques pour limiter les impacts liés à la consommation toujours plus importante de plastique :

- En développant des solutions innovantes de production de monomères biosourcés, IFPEN vise à permettre la production de tous les principaux plastiques à partir de ressources renouvelables et locales,
- En travaillant sur des solutions innovantes de recyclage des plastiques, IFPEN vise à la fois à réduire l'impact du plastique sur l'environnement en permettant une meilleure gestion de la fin de vie des déchets mais aussi à réduire la dépendance aux ressources fossiles en le substituant par des produits recyclés de qualité identique ou voisine,
- En développant des solutions adaptées à la lutte contre la pollution plastique pour caractériser / éliminer les microplastiques dans l'environnement,
- De manière plus prospective, IFPEN instruit également la possibilité de transformer le CO₂ (capté sur des sites industriels ou directement dans l'atmosphère) en monomères.

En s'appuyant sur ses compétences développées au cours des 80 dernières années, IFPEN a développé des solutions avancées de recyclage avancé qui ont vocation à compléter les solutions de recyclage mécanique existantes. Les produits et procédés innovants développés par IFPEN sont industrialisés et commercialisés par sa filiale Axens ou ses partenaires industriels. Ces projets communs de recherche et développement constituent un modèle vertueux qui permet de porter des innovations sur le marché, afin qu'elles soient utilisées par l'industrie.

A titre d'exemple, dans le domaine de la déformulation, IFPEN travaille avec Axens en partenariat avec des industriels sur la dissolution des polyoléfines (PE / PP triés spécifiquement) et sur la déformulation du PVC (en faisant l'extraction et la valorisation des phtalates dans le PVC souple par exemple, ou en séparant les additifs contenant Pb et Cd dans le PVC rigide...).

Dans le domaine de la dépolymérisation, IFPEN a développé, en partenariat avec Axens et Jeplan, une start-up Japonaise, la technologie REWIND™ PET, démontrée à l'échelle semi-industrielle, pour recycler les flux d'emballage PET complexe (opaque, coloré, barquette), difficiles à recycler mécaniquement. La technologie utilise la glycolyse pour revenir au monomère, puis refaire du PET de qualité équivalente au vierge. Ce procédé pourra aussi traiter potentiellement des fibres textiles riches en polyester lorsque les filières amont de collecte, de tri et de préparation de charge seront opérationnelles.

Dans le domaine de la conversion, Axens propose la technologie de pyrolyse développée par Plastic Energy, visant à recycler les polyoléfines en mélange, préférablement les films plastiques aujourd'hui mal recyclés par le recyclage mécanique, et qui sont essentiellement incinérés ou mis en décharge. IFPEN, Axens et Repsol ont développé, par ailleurs, un procédé de traitement des huiles de pyrolyse REWIND™ MIX permettant d'utiliser ces huiles en grandes quantités dans des complexes de raffinage et de pétrochimie permettant d'obtenir de nouveaux polymères à partir de ces huiles. Il est également possible de gazéifier les déchets plastiques en mélange avec de la biomasse grâce au procédé BioTFuel développé sur une base multi-partenariale avec Axens et d'autres industriels. IFPEN développe également avec Axens un procédé de solvolyse des pneus, permettant d'obtenir une huile de solvolyse de haute qualité et du noir de carbone recyclés. Les solutions de conversion sont adaptées pour traiter des flux riches en plastiques mélangés mais difficiles à trier très précisément. Elles s'inscrivent donc en complément de la voie déformulation qui permet de traiter des flux de polyoléfines plus ciblés.

Le co-processing est aussi une voie potentiellement intéressante pour valoriser les déchets plastiques (quand les autres solutions ne sont pas accessibles), par exemple dans des procédés comme le craquage catalytique (FCC) qui produit des bases pétrochimiques (comme le propylène) utilisables ensuite en polymérisation. Cela fait donc l'objet d'études permettant de traiter les plastiques ou les huiles de pyrolyse dans ces procédés en mélange avec les charges hydrocarbonées conventionnelles.