

## L'innovation au service de l'environnement

### [ Innovation for the environment ]

**Youness FARHANE<sup>1</sup>, Nabil FARHANE<sup>2</sup>, and Driss AMEGOUZ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Industrial Engineering, USMBA/LPE2D/ENSA/EST, Fez, Morocco

<sup>2</sup>Physics, USMBA/LESSI/FSDM, Fez, Morocco

<sup>3</sup>Industrial Engineering, USMBA/LPE2D/EST, Fez, Morocco

---

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Technical progress and innovation must play a very important role in protecting the environment by meeting the needs of present generations without compromising the ability of future generations. The challenges of the environment are universal: the daily erosion of biodiversity, the generation of waste and the consumption of excess energy, have all become the concerns of all industrial and academic actors. Studies show that the majority of waste thrown into the wild is no longer collected for possible recycling and negatively influences biodiversity. This research article proposes two innovations to reduce the impact on the environment of two products used frequently in everyday life: the whiteboard marker and the toothbrush, which generate a lot of indirect waste during their production and waste. direct in nature after their end of life. Our innovation is the design of an "eco-marker" and an "eco-brush" that are not all disposable in whole. Both solutions are to keep the body of the marker for a very long time, and to keep the handle of the toothbrush and just change the head: which will significantly reduce the generation of waste.

**KEYWORDS:** eco-toothbrush, eco-marker, end of life, eco-materials, hygiene, plastic waste, teaching.

**RESUME:** Le progrès technique et l'innovation doivent jouer un rôle très important dans la protection de l'environnement en répondant aux besoins des générations présentes sans compromettre à la capacité des générations futures. Les enjeux de l'environnement sont universels : l'érosion quotidienne de la biodiversité, la génération des déchets et la consommation excédée d'énergie, sont tous devenus les soucis de tous les acteurs industriels et académiques. Les études montrent que la majorité des déchets jetés dans la nature ne sont plus collectés pour un éventuel recyclage et influencent négativement la biodiversité. Cet article de recherche propose deux innovations pour réduire l'impact sur l'environnement de deux produits utilisés fréquemment au quotidien : « le marqueur pour tableau blanc » et « la brosse à dents », c'est deux objets domestiques génèrent beaucoup de déchets indirects lors de leurs productions et des déchets directs dans la nature après leur fin de vie. Notre innovation consiste en la conception d'un « éco-marqueur » et d'une « éco-brosse » qui ne sont pas jetable tous en entiers. Les deux solutions proposent de garder le corps du marqueur pour une très longue durée, et à garder la manche de la brosse à dents et changer juste la tête : ce qui va réduire d'une manière considérable la génération des déchets.

**MOTS-CLEFS:** éco-brosse à dents, éco-marqueur, fin de vie, éco-matériaux, hygiène, déchets plastiques, enseignement.

## 1 INTRODUCTION

De nos jours l'utilisation intensive et abusive des ressources et le rejet des déchets dans la nature contribuent à la détérioration de notre planète. Ces déchets ne sont pas uniquement un problème environnemental mais aussi une perte économique [1]. Le problème des déchets surtout les déchets ménagers se pose avec de plus en plus d'acuité à cause de la croissance de la population et l'élévation du niveau de vie qui provoquent non seulement un accroissement considérable de leur volume, mais aussi une diversification croissante de leur composition avec une augmentation importante des matières plastiques et des matières toxiques.

Le recyclage et la valorisation ne sont pas toujours des moyens d'élimination très fiables [2] dans la mesure où les quantités en jeu sont disproportionnées par rapport aux possibilités d'élimination de ces deux façons de traitement de déchets (qu'il faut tout de même encourager) au moins un plan civique. Mais, outre un effort de réduction des déchets à la source est la solution la plus performante.

Réduire les déchets depuis la source implique l'intégration de l'innovation dans toutes les étapes du processus de production et l'utilisation des matériaux écologiques (les éco-matériaux) qui constituent une alternative aux matériaux traditionnellement utilisés dans l'industrie [3]. Ces matériaux, beaucoup plus respectueux de l'environnement, permettent d'intégrer le produit dans son environnement et non d'adapter l'environnement au produit. C'est une solution qui aide à réduire d'une manière importante la production des déchets, donc prévoir l'utilisation des éco-matériaux est une action primordiale d'une démarche d'innovation.

L'innovation recommandent aux industriels de procéder à un ensemble d'opérations écologiques de rationalisation de la production (optimisation des consommations énergétiques et matérielles, minimisation des déchets à la source, réutilisation des rejets pour servir de matières premières à d'autres processus de production, utilisation de nouvelles matières) [2]. Comment on peut profiter de l'innovation pour réduire ces déchets pour parvenir à des résultats à la fois écologiquement soutenables mais aussi économiquement pérennes ? Pourquoi nous avons choisi les brosses à dents et les marqueurs comme sujet de recherche ? Nous allons essayer de répondre à ces questions durant notre article scientifique.

Certains produits sont considérés comme très polluants car ils génèrent beaucoup de déchets directs à cause de leur durée de vie très courte et parce qu'ils produisent des résidus dangereux. Donc ils doivent être remplacés impérativement par des produits alternatifs utilisant des solutions innovantes qui permettent d'avoir une durée de vie plus longue et de générer des résidus moins dangereux en choisissant des matières premières écologiques et biodégradables ou même en proposant des produits avec zéro déchet direct.

Notre idée dans ces travaux de recherches est la proposition des solutions innovantes pour freiner la dégradation continue de nombreux indicateurs environnementaux provoquée par des produits très utilisés au quotidien et qui participent d'une manière considérable dans la croissance de la production des déchets, ce sont les « brosses à dents » et les « marqueurs pour tableau blanc », vu que ces produits ménagers classiques qui existent actuellement sur la marché génèrent une grande quantité de déchets en plastiques qui est considéré comme substance dangereuse. La solution proposée par cet article, consiste en un « éco-marqueur » et une « éco-brosse » non jetables qu'après une durée de vie très grande.

## 2 MÉTHODE ET PROBLÉMATIQUE

### 2.1 PROBLÉMATIQUE

Nous utilisons et jetons chaque année l'équivalent de notre poids corporel en plastique (résultat obtenu par un ratio moyen consommation/population : 40 kg/an au niveau mondial en 2015, 63 en Europe et 68 en France) [3], 90% de ces déchets persisteront longtemps après notre propre disparition. On retrouve partout cette matière plastique : marqueurs, brosses à dents, sacs, emballages, bouteilles, instruments scolaires (stylos, règles...).

Le plastique est très utilisé car il présente beaucoup d'avantage technique et économique : c'est un matériau simple à fabriquer, solide, léger, résistant à la corrosion, économique, il a aussi favorisé notre hygiène de vie grâce à la conservation des aliments. Mais le problème du plastique est son danger sur la santé vu qu'il est issu du pétrole, et il a souvent une utilisation unique [3].

Petits par leur taille mais grands par leur pouvoir polluant, les marqueurs pour tableau blanc et les brosses à dents fabriqués en plastique constituent l'un des plus dangereux produits domestiques pour la planète. En effet, 35% à 50% des plastiques usagés, les brosses à dents et les marqueurs en font partie, sont dispersés de façon incontrôlée dans notre environnement, 20% à 40% sont regroupés dans des stations d'enfouissement où, mélangés à d'autres déchets, ils sont retenus dans des

géotextiles, eux-mêmes en plastique, quand ces derniers seront dégradés, nos plastiques enfouis seront libérés. Au total, plus des trois quarts (en masse) des plastiques usagés finissent leur vie dans nos terres, nos eaux douces et nos océans et selon le type de plastique, le temps de leur dégradation se situe entre 100 et 1 000 ans. Le quart restant est réparti entre recyclage et incinération [2]. Selon [4], entre 9% et 14% sont incinérés pour être transformés en énergie, en composés volatils et résidus solides qui viendront grossir le rang des déchets toxiques persistants dont on ne sait que faire.

C'est l'un des objets du quotidien souvent insoupçonnés qui fait partie des plus polluants, la brosse à dents provoque en effet chaque année beaucoup de dégâts à la nature : chaque année, c'est plus de 4,7 milliards de brosses à dents qui finissent dans les décharges et vont jusque dans nos océans [5]. Comme le rappelle [6] rien qu'une seule « brosse à dents représente 1,5 kg de « déchets cachés » qui sont liés à sa fabrication ». De plus la majorité des brosses à dents classiques aux manches en plastique ne se recyclent pas car elles sont en fait composées de plusieurs types de plastique. Ce type de brosses à dents classiques représente plus de 90% des brosses à dents existant sur le marché [5], avec leurs matières qui ne respectent pas l'environnement présentent des déchets dangereux pour l'écosystème.

On trouve aussi sur le marché des brosses à dents électriques, qui sont des produits innovants, mais leur contrainte de changer des piles (déchets toxiques de plus) à chaque fois ou charger des batteries (consommation de l'énergie dans la phase d'utilisation), présente des impacts direct sur l'environnement : en plus de devenir des déchets plastiques, deviennent des déchets électroniques, encore plus polluants et difficiles à recycler, un autre point faible de ces brosses à dents électriques est sûrement leur fiabilité qui n'est pas très grande [6].

De leur côté les marqueurs pour tableau blanc sont des produits très utilisés au quotidien dans les milieux scolaires et universitaire pour écrire, schématiser ou simplifier les parties substantielles d'un cours, dans l'optique de réaliser des schémas d'activités ou des plans, néanmoins, ces marqueurs présentent un grand danger pour la planète. En effet, plus de 85% des marqueurs existant sur le marché présentent les déchets les plus dangereux pour l'écosystème [1], vu qu'ils utilisent les matières en plastique qui ne respectent pas l'environnement.

On trouve beaucoup de marqueurs écologiques pour tableau blanc de nouvelle génération, la plupart de ces marqueurs innovations (utilisent une encre écologique à base d'eau) existent depuis longtemps dans le marché sont des marqueurs recyclables et rechargeables : soit sont rechargeables par pointes interchangeables, soit rechargeables par capillarité sur la recharge d'encre, et ils ont un corps en polypropylène, donc ils remplissent parfaitement le besoin du client, mais la durée de vie de ces marqueurs est très réduite ce qui nécessite le réapprovisionnement d'un nouveau marqueur à chaque fois que l'encre est épuisée, donc ces marqueurs ne sont plus efficace écologiquement surtout à long terme, ce qui les rend une source de pollution et de dégradation de l'environnement, d'une manière directe (déchets après la fin de vie) [7].

On constate d'après cette analyse critique, que la conception classique des brosses à dents et des marqueurs pour tableau blanc existants n'intègre pas l'environnement d'une manière efficace dans tout le cycle de vie la brosse à dents (conception, fabrication, logistique et transport, utilisation, fin de vie), surtout l'étape fin de vie. Dans la partie qui va suivre nous allons présenter la méthode que nous avons opté pour faire une étude bien détaillée afin de recenser les informations nécessaires pour notre projet d'innovation.

## 2.2 MÉTHODE

### 2.2.1 MARQUEUR

Nous avons consacré notre étude, dans un premier temps, pour le cas du Maroc, et plus précisément au secteur de l'éducation nationale et l'enseignement supérieur [8] qui constitue le consommateur majeur des marqueurs pour tableau blanc. Puis en France (un exemple intéressant de pays développé) après une étude officieuse sera alors faite à l'échelle mondiale en faisant une extrapolation des études faites pour le Maroc et la France. Pour avoir une idée sur le nombre de marqueurs consommés par ce secteur au Maroc, nous avons effectué des enquêtes pour voir le nombre des établissements, des professeurs et des étudiants existants pour pouvoir en tirer d'une manière approximative le nombre possible de marqueurs consommés (Tableau 1 et tableau 2).

Tableau 1. Statistiques secteur publique

	Précolaire	Primaire	Collège	Qualifiant	Post-second	Supérieur
<b>Nombre des étudiants</b>	726917	3508992	1524521	919472	8198	781 505
<b>Nombre des professeurs</b>	40555	113017	50974	49208	-	13 770
<b>Nombre d'établissements</b>	23090	7700	1956	1177	244	14

Tableau 2. Statistiques secteur privé

	Pré-scolaire	Primaire	Collège	Qualifiant	Post-second	Supérieur
<b>Nombre des étudiants</b>	-	701684	156603	92375	3000	43616
<b>Nombre des professeurs</b>	40555	37181	18320	14489	-	6277
<b>Nombre d'établissements</b>	23090	2929	1322	-	100	50

D'après les deux tableaux ci-dessus le nombre total des étudiants de l'éducation nationale et de l'enseignement supérieur (privé et publique) est de 8 463 883 étudiants, les statistiques de la consommation annuelle des marqueurs bien sûr dépendent des niveaux scolaire (primaire, secondaire, universitaire) mais aussi de la zone où se trouve les établissements (rurale ou urbaine).

Les statistiques faites pour trois écoles supérieures publiques, une université privée, une école primaire publique et un groupe scolaire privé montrent qu'une classe moyenne de 40 étudiants consomme en moyen dix marqueurs par an (minimum), on peut admettre donc que le nombre total des marqueurs consommés correspond au quart du nombre total des étudiants tous niveaux compris, c'est-à-dire que le secteur de l'éducation nationale et de l'enseignement supérieur peut consommer lui seul plus de 2 millions de marqueurs par an. C'est à dire plus de 2 millions de déchets sous forme de marqueurs seront jetés chaque année au Maroc, ce chiffre va augmenter d'une manière exponentielle avec les années, ce qui constitue un grand danger pour l'environnement.

En France, selon [7], l'année dernière 12,5 million marqueurs ont été vendus, sachant que cette quantité provoque bien sûr des déchets directs et aussi des déchets indirects importants dus au transport. Outre, « Il n'existe pas de filière de recyclage en France pour les instruments d'écriture », donc pas de seconde vie pour les marqueurs.

Les deux exemples précédents, le premier d'un pays en voie de développement (le Maroc) et le deuxième d'un pays développé (la France) peuvent nous donner une estimation de la consommation mondiale des marqueurs pour tableau blanc, en faisant une extrapolation sur le fait que les pays en voie de développement consomment « le nombre de leur population sur 20 » marqueurs pour tableau blanc (la référence est le Maroc : 2 millions de marqueurs pour 40 millions habitants) et pour les pays développés on suppose que leur consommation de marqueurs représente « le un sixième de leur population » (la référence est la France : 12,5 Millions de marqueurs pour 67 Millions d'habitants). La population des pays en voie de développement est de plus de 5,5 Milliards donc leur consommation annuelle peut atteindre 275 Millions de marqueurs de même si on sait que la population des pays développés est de plus d'un 1,5 Milliards d'habitants on peut déduire que leur consommation approximative des marqueurs pour tableau blanc est de 250 Millions donc on aura plus de 500 000 000 de marqueurs jetés dans la nature chaque année dans le monde entier.

### 2.2.2 BROSSE À DENTS

Le Maroc comptait plus de 35 millions d'habitants, nous avons effectué une étude rétrospective sous forme d'une enquête auprès d'un échantillon d'étudiants et des professeurs et leurs familles pour avoir une idée sur l'utilisation des brosses à dents par les citoyens Marocains, 30% des Marocains achètent au moins une brosse à dents par an, soit plus de 10 millions de brosses à dents, donc 10 millions de brosses rejetées comme déchets dans la nature. Autre fait, les marocains ont tendance à nettement s'urbaniser donc ce chiffre va se multiplier avec le temps.

En France, il se vend 9,3 brosses à dents par seconde chaque année, soit 294,3 millions d'unités dans les hypermarchés et supermarchés français. Les Français achètent en moyenne 2,4 brosses à dents par an [1], ce qui leur rend de faire partis des derniers consommateurs de brosses à dents, en effet, la consommation moyenne au Japon par exemple est de 5 brosses par, c'est à peine mieux que les Grecs, les Italiens ou les Espagnols et bien moins que les Suédois ou les Allemands. Sachant que ce nombre est loin du compte annuel qui devrait être de 6 brosses à dents recommandés par les dentistes, que les clients commencent à le prendre en considération de plus en plus.

Au niveau mondial, chaque année plus de 4,7 milliards de brosses à dents, finissent dans la nature plus exactement dans les océans [1]. Les débris de plastique s'accumulent dans les environnements terrestres et marins du monde entier, se décomposant lentement en petites pièces toxiques qui peuvent être consommées par les êtres vivants à tous les niveaux de la chaîne alimentaire. Dans l'avenir proche il est prévu que plus de 12 milliards de brosses à dents seront vendues dans le monde entier et la plupart de ces brosses à dents, plus exactement 10 milliards, sont des brosses à dents classique qui sont fabriquées en plastique.

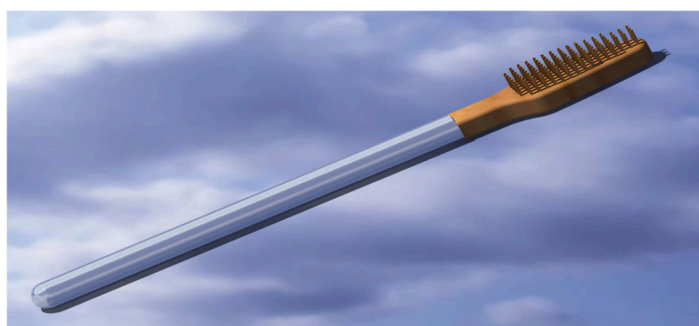
### 2.2.3 CONSTAT

Alors on constate que, même les marqueurs qui restent des instruments simples d'écriture et les brosses à dents même si elles sont de petites tailles, et vu leur utilisation quotidienne, engendrent des déchets effrayants surtout que leurs quantités fabriquées augmentent chaque année, ce qui constitue un danger inquiétant pour notre planète. C'est pourquoi notre objectif de ce travail de recherche est de proposer une solution réalisable et efficace afin de réduire leurs impacts directs et indirects sur l'environnement de ces deux produits domestiques.

## 3 RESULTATS ET CONCEPTIONS

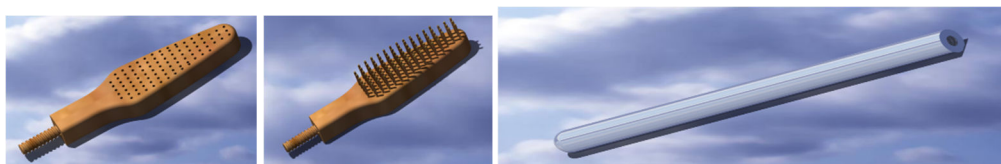
### 3.1 ECO-BROSSE À DENTS

La nouvelle brosse à dents que nous avons proposé « éco-brosse » interchangeable, elle sera constituée de deux parties : une tête contenant les fibres, avec un support fileté, et un manche avec un trou taraudé, comme le montre la figure 1 :



*Fig. 1. Eco-brosse à dents complète*

Pour le choix de la matière, le manche sera fabriqué en aluminium qui est un matériau très respectueux de l'environnement et qui joue un rôle clé dans l'écologie, c'est pourquoi on l'appelle métal vert. L'aluminium est 100% recyclable à l'infini sans perte de qualité. Le recyclage de ce matériau permet d'économiser 95% de l'énergie nécessaire pour produire de l'aluminium brut. Il permet donc d'économiser les ressources naturelles et de l'énergie. On va utiliser le Siwak pour la partie tête de la brosse (méthode objet d'un brevet en cours).



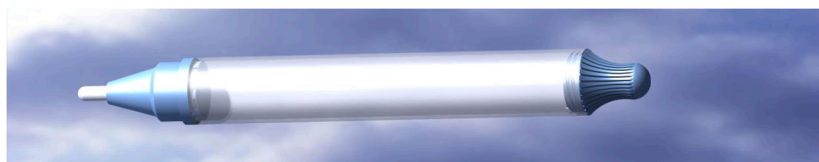
*Fig. 2. Tête + poils et la manche*

### 3.2 ÉCO-MARQUEUR

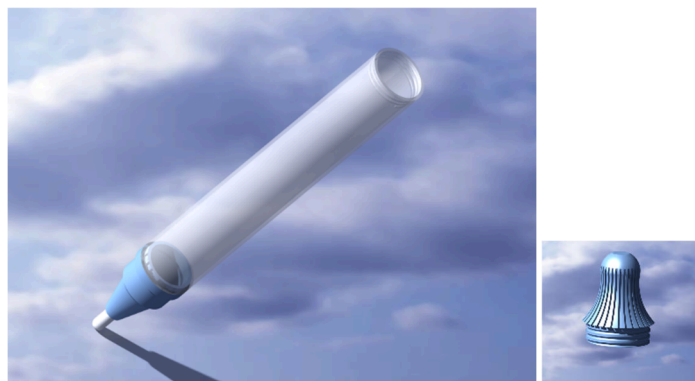
La solution proposée est un « kit » constitué de : Marqueurs, le support des marqueurs et le réservoir d'encre.

Le marqueur proposé, qui ne sera jamais jeté, sera montée sur support près du tableau (un marqueur de même couleur par classe, au lieu de plusieurs marqueurs par professeur), pour qu'il soit utilisé par plusieurs professeurs (toute personne voulant écrire sur le tableau), le marqueur sera constitué de 4 parties :

- Le corps : c'est un tube cylindrique transparent contenant l'encre sera en Polyéthylène Téréphtalate (PETE)
- Un bouchon : pour permettre l'alimentation en encre et sera en Polyéthylène Téréphtalate (PETE)
- Support tête : c'est la pièce qui va maintenir la pointe et sera en Polyéthylène Téréphtalate (PETE)
- La tête : la pointe pour écrire est changeable et sera en coton naturel

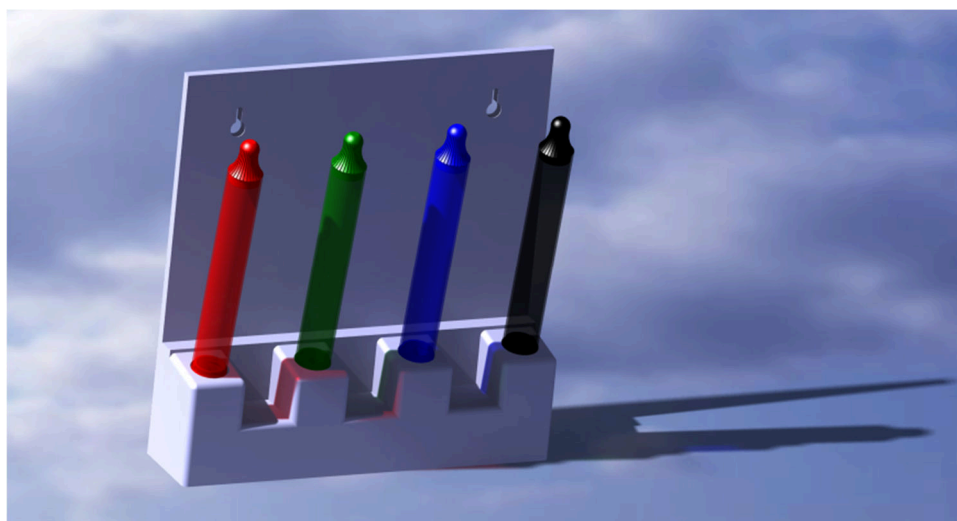


**Fig. 3. Eco-marqueur proposé**



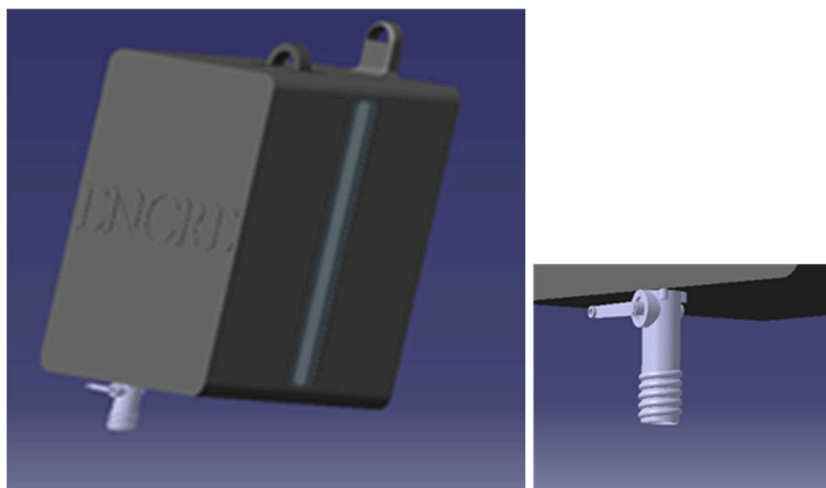
**Fig. 4. Corps de l'éco-marqueur (trou d'alimentation) et bouchon fileté**

Le support des marqueurs sera fixé à côté du tableau, premièrement, il va servir de couvercle pour protéger le marqueur et deuxièmement pour pousser l'utilisateur à le remettre à sa place et non pas le prendre chez lui (par oubli). Le support contient un logement qui protège la tête pour qu'elle reste embuée, et sera en Polyéthylène Téréphtalate (PETE).



**Fig. 5. Support éco-marqueurs (plusieurs couleurs possibles)**

Le réservoir externe qui va alimenter les marqueurs est de forme parallélépipédique de 5 à 10 litres de volume, avec une partie transparente pour pouvoir voir le niveau de l'encre restant (à remplir une fois la limite indiquée sur le réservoir a été atteinte). Avec une vanne qui va permettre de contrôler et d'arrêter l'encre d'alimentation des éco-marqueurs. Ce réservoir externe il sera commun pour tout l'établissement ou par département.



*Fig. 6. Réservoir et vanne d'alimentation*

#### 4 DISCUSSION

Les Marocains consomment en moyenne 2 millions de marqueurs classiques par an, et d'après les caractéristiques techniques, ces marqueurs pèsent en moyenne 20 grammes (sans prendre en compte la masse de l'encre), c'est-à-dire la production annuelle sous forme de déchets plastique causée par les marqueurs classiques seules dépasse les 40 tonnes. Les Français de leur côté consomment plus de 12,5 Millions de marqueurs classiques, pour une moyenne de 20 grammes de masse des marqueurs, ça engendre plus de 250 tonnes de déchets plastique par an. En faisant une extrapolation des rapports nombre de marqueurs consommés par la population du Maroc (en voie de développement) et la France (pays développé), nous avons déduit que la consommation mondiale approximative dépassera les 500 000 000 de marqueurs, ce qui donne 10 000 tonnes de déchets plastiques jetés en totalité dans la nature chaque année dans le monde entier.

Pour la première innovation que nous avons proposée, les éco-marqueurs ne vont être jamais (à long terme) jetés, car ils seront alimentés directement par des réservoirs spéciaux non jetable aussi, donc on peut dire que le marqueur que nous avons proposé présentera zéro déchet direct ce qui va permettre de réduire le nombre de marqueurs utilisés c'est-à-dire fabriqués donc de réduire aussi même les déchets indirects.

La masse d'une brosse à dents classique en moyenne est de 15 grammes. Si on raisonne sur la base de quatre brosses par an par personne, donc la quantité de déchets engendrée sera égale à :  $1 \text{ an} * 4 \text{ brosses} * 15 \text{ grammes}$ , donc ça fait des déchets directs de 60 grammes par personne par an, dans ce qui suit nous allons faire l'analyse sur la moyenne de deux brosses à dents par personne par an, ce qui signifie 30 grammes par personne par de matière plastique jetée sous forme de brosse à dents.

Pour Le Maroc comptait plus de 35 millions d'habitants, 30% des Marocains achètent au moins deux brosses à dents par an, soit plus de 20 millions de brosses à dents achetées, donc 20 millions de brosses rejetées, donc pour une masse moyenne de 15 grammes, ça fait 300 tonnes comme déchets plastique. Les marocains ont tendance à nettement s'urbaniser donc cette masse de déchets plastique générés par les brosses à dents va se multiplier avec le temps. En France, les Français achètent plus de 294,3 millions brosse à dents classique par an, en moyenne 2,4 brosses à dents par an (nombre loin du compte annuel qui devrait être de 6 brosses à dents recommandés par les dentistes), ce qui engendre des déchets de plus de 4 400 tonnes de plastique, cette quantité va augmenter avec les années, car les clients commencent à le prendre en considération de plus en plus. Si on raisonne sur le niveau mondial, et sachant que chaque année plus de 4,7 milliards de brosses à dents, finissent dans la nature plus exactement dans les océans, nous estimons une de 70 500 tonnes des débris de plastique s'accumulent dans les environnements terrestres et marins du monde entier, causés juste par les brosses à dents, qui se décomposent lentement en petites pièces toxiques qui peuvent être consommées par les êtres vivants à tous les niveaux de la chaîne alimentaire.

La deuxième innovation que nous avons présentée dans ces travaux de recherche : « l'éco-brosse à dents » ne va engendrer aucun déchet direct qui vont nuire l'environnement (surtout la matière plastique), la partie qui sera changée (la tête avec ses poils) n'aura aucun danger sur l'environnement, sachant qu'on peut se débarrasser en l'enterrant dans le jardin, car elle est en matière végétale.

Dans un autre coté qui concerne l'influence indirecte sur l'environnement, il est clair que l'énergie nécessaire pour produire une quantité « n » de marqueurs classiques ou de brosses classiques sera largement supérieure à l'énergie nécessaire pour

fabriquer la même quantité d'éco-marqueurs ou d'éco-brosses à dents que nous avons proposés, de même la logistique en générale, et le transport en particulier (source de pollution et de consommation d'énergie) des marqueurs classiques et des brosses à dents classiques sera largement supérieure à ceux des éco-marqueurs et des éco-brosses à dents.

Le tableau ci-dessous récapitule les gains estimés en termes de diminution de déchets directs générés par les marqueurs classiques et les brosses à dents classiques en comparaison avec les solutions innovantes : éco-marqueurs et éco-brosses à dents.

**Tableau 3. Tableau comparatif produit classique et innovation**

	Marquer actuel	Eco-marqueur	Brosse Actuelle	Eco-brosse
Déchets/an (Maroc)	40 tonnes	0	600 tonnes	0
Déchets/an (Europe)	250 tonnes	0	4 400 tonnes	0
Déchets/an (Monde)	10 000 tonnes	0	70 500 tonnes	0

## 5 CONCLUSION

En tant que chercheurs, on s'est trouvé obligés à penser à des solutions innovantes pour des produits d'utilisation domestique et quotidienne, qui permettent de minimiser les déchets après leur fin de vie, nous avons réussi à proposer des innovations de produits existants, pour obtenir un nouveau produit avec une durée de vie qui est très grande, qui génère zéro déchet directs pour une période très longue, donc pas besoin de recyclage, qui n'est pas si simple si le produit a de petites dimensions et grande quantité produite.

L'innovation est une démarche nécessaire et majeure qui peut aider à résoudre les problèmes dus aux impacts des produits sur l'environnement pour préserver la nature et rendre l'environnement durable par la prise en compte de la contrainte « environnement » dès la phase de la conception.

Dans cet article, nous avons proposé une innovation pour les marqueurs pour tableau blanc et une innovation pour les brosses à dents classiques, qui vont permettre de réduire voire d'annuler les déchets causés par la quantité énorme de ces marqueurs et brosses jetés par an, le marqueur proposé « éco-marqueur » ne sera jamais jeté mais rechargé à partir d'un réservoir externe, et il sera attaché à un support près du tableau (un marqueur par classe, au lieu de plusieurs marqueurs par professeur), pour qu'il soit utilisé par plusieurs professeurs (toute personne voulant écrire sur le tableau). Cette solution va permettre de réduire d'une manière considérable les déchets générés par les marqueurs classiques. On a pu avoir des résultats très encourageants grâce à notre nouvelle conception de la brosse à dents qui ne génère pas de déchets. La solution proposée qui consiste à décomposer la brosse en deux parties, une partie (la tête et poils en siwak) jetable et la deuxième partie (la manche en aluminium) permanente. Le montage et le démontage est assuré par une liaison filetée qui permet un assemblage rigide et démontable facilement pour changer la tête, et une utilisation pratique.

Sur la même période d'un an nous allons réaliser un gain en termes de minimisation des déchets directs de 100 % : par exemple au niveau mondial des déchets sont de 70 500 tonnes de déchets plastiques générés par les brosses à dents classiques et grâce à « l'éco-brosse » nous n'aurons pas de déchets directs produits. De même pour les éco-marqueurs ils vont nous permettre de passer de 10 000 tonnes de déchets plastiques à zéro déchet direct rejeté à l'échelle mondiale.

Ce travail va permettre de mieux appréhender l'utilité et l'importance de l'innovation pour protéger l'environnement, surtout pour les produits d'utilisation quotidienne. Ainsi l'importance du côté environnemental qui devient un critère indispensable pour les chercheurs et les entreprises qui doivent s'intégrer de plus en plus dans le concept 'du développement durable'. En outre de ces solutions techniques innovantes, et pour plus de crédibilité, il faut faire des études bien détaillées sur les déchets cachés, la consommation de l'énergie de production et le transport du nouveau marqueur.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions toute personne qui nous a aidé pour mener à bien ce travail, notamment les gens et les établissements qui ont participé aux enquêtes et qui ont répondu aux questionnaires.



## REFERENCES

- [1] Le Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies.
- [2] [Online] Available: <https://www.encyclo-ecolo.com/Eco-matières>
- [3] MILLET D. Prise en compte de l'environnement en conception : proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie. Thèse de doctorat, ENSAM, Paris, 1995.
- [4] [Online] Available: [https://www.belgium.be/fr/environnement/consommation\\_durable/dechets](https://www.belgium.be/fr/environnement/consommation_durable/dechets)
- [5] [Online] Available: <https://www.latribune.fr/opinions/tribunes/dechets-plastiques-la-dangereuse-illusion-du-tout-recyclage-766498.html>.
- [6] Noémie Schetrit, Du danger des brosses à dents en plastique pour notre planète, 2017.
- [7] [Online] Available: <https://parismatch.be/actualites/environnement/90184/du-danger-des-brosses-a-dents-en-plastique-pour-notre-planete>
- [8] J. Silva - Etude comparative de l'efficacité des brosses à dents électriques et manuelle. Toulouse, France (2016)
- [9] [Online] Available: <http://www.toutallantvert.com/marqueur-ecologique-effacable-recycle-et-rechargeable-pour-tableaux-blanc-edding-p-4997.html>
- [10] [Online] Available: <http://aujourd'hui.ma/societe/annee-scolaire-2016-2017-les-chiffres-cles-du-systeme-educatif>