

Stash the leftovers from your cup of coffee !

Your morning cup of coffee prior to your daily commuting (traffic jams included) provides much more than just the morning boost needed to tackle the day ahead. According to data published by the International Trade Center (ITC), coffee was the 4th most traded commodity crop in 2014 [ITC 2015]. Compared with tea, the 2nd most popular caffeinated hot drink in the world, coffee was then traded more than 4 times in quantity. Some 4 billion coffee cups are consumed daily, leaving huge amounts of wastes and byproducts, more particularly coffee chaff (CC) and spent coffee grounds (SCGs). The chaff is green pieces of skin or hull, that come off in different ways depending upon the type of roasting process used. SCGs are the waste product from brewing coffee; they are not actually “spent” as they still contain highly valuable ingredients.

Industry now hopes to turn leftover coffee grounds into biodiesel for vehicles and biomass pellets to heat buildings. Biodiesel is a renewable fuel that is increasingly used, either alternatively or in addition to fossil diesel. The main objectives are to reduce our dependence on fossil fuels in the transport sector, and to increase fuel renewability with positive impacts in the environment [Mata et al. 2013]. SCGs have an oil content of approximately 10 to 20 weight %, which can be recovered and used for biodiesel [Caetano et al. 2012 & 2014]. SCGs are good candidate resources for bioethanol too [Kwon et al. 2013; Mussatto et al. 2012].

Moreover, the use of SCGs as substrates for agricultural purposes [Fan et al. 2003; Cruz et al. 2012 & 2014; Campos-Vega et al. 2015] or as adsorbents for the removal of basic dyes [Franca et al. 2009] and heavy metals [Tokimoto et al. 2005] from wastewater are recent, and newly considered applications. Another promising, but so far insufficiently explored example, is the use of SCGs as a raw material for the recovery of functional chemical compounds of potential interest to the food and pharmaceutical industries [Panusa et al. 2013].

Food solid waste materials turned out to be attractive reinforcements for polymeric composites too. They offer substantial and attractive benefits both from an economical as well as an environmental point of view. In general, food solid wastes are generated from abundant, natural resources. Hence, there is a growing interest in food waste applications for polymers. CC and SCGs are outstandingly useful as versatile fillers for various types of plastic materials, especially for thermosetting molding materials [Bashir & Manusamy 2015; Zarrinbakhsh et al. 2015]. They can successfully be blended with plastics as general-purpose reinforcing filler material in almost every application, where wood flour has previously been used. For example, when 100 parts of a phenol-formaldehyde resin were combined with 100 parts of SCGs, it was found that SCGs-filled moldings had an outstandingly good surface finish, far superior to that of the wood-filled moldings and as good as, or even slightly better than that of the coconut-filled material.

Zarrinbakhsh et al. [2015] compared the performances of CC and SCGs as fillers and/or reinforcing agents in polymer composites. Overall, CC was potentially a better candidate as reinforcing agent in polymer composite applications than SCGs. Compared to SCGs, it has a denser fibrous structure, lower fat content, and higher thermal stability. This was confirmed by the production and evaluation of both CC and SCG polymer composites, using polypropylene as the polymer matrix.

Yet, recent research has revealed that torrefied coffee grounds can be used as a bioreinforcing agent for biodegradable plastic without requiring a compatibilizer. SCGs have aroused attention as “green materials” with plenty of opportunities in a huge variety of fields, more specifically the reinforcement of biopolymers to produce sustainable green composites at an affordable cost [Moustafa et al. 2017]. Without supplementary treatment, however, their hydrophilicity constitutes a real barrier to their incorporation in polymer matrices due to the poor affinity between hydrophobic polymers and hydrophilic SCG components. This led originally to a rather limited usage as bioreinforcement.

Currently, quite some studies have been conducted on SCGs: among them, some focused on the addition of compatibilizers or coupling agents to the polymer matrix; others on the chemical modification of the SCGs. Today, torrefaction of lignocellulosic biomass plays a significant role on improving the biomass properties in terms of higher calorific value, hydrophobicity, grindability, long-term storage, and handling. Hence, a torrefaction treatment can be applied on the coffee waste in order to improve its affinity for the polymeric matrix. The use of SCGs, which are widely available, low price, and nontoxic agro-industrial byproducts, as possible reinforcing fillers or additives does definitely constitute another way of valorization.

Poly(butylene adipate-co-terephthalate) or PBAT is a well-known biodegradable plastic. It is a flexible material, has a high elongation at break, and good hydrophilic and processing properties. PBAT has been widely used in the production of blown film and its associated membrane products [Weng et al. 2013]. Currently, it received much attention in a variety of disciplines due its unique properties when compared to classical petroleum-based polymers, and also due to its use in applications, such as food packaging, biomedical fields, and industrial composting. Moreover, the results obtained for solvent-free prepared biocomposites illustrate that SCGs can be potential candidates for food packaging applications [Moustafa et al. 2017].

Today, a new paradigm known as the circular economy is emerging. It holds the promise of reshaping the global economy and improving our relationship with Mother Nature. The aim of the circular economy is to close the loop of our industrial system, reducing resource consumption and environmental pollution by transforming waste into input material for the next stage of production.

Global coffee production creates 23 million tons of waste per year, from the pulp of fresh coffee cherries to the packagings that bring roasted beans to our favorite barista. At the consumer end of the supply chain, SCGs are the most visible example of this waste, the bit we dump in the bin after making each fresh brew. Most coffee lovers don't give much thought to their spent grounds, but these black, sodden remains of pulverized coffee seeds have inspired "the freshly caffeinated imaginations" of scientists, entrepreneurs and consumers, sprouting into ideas of beneficial consequence for the industry.

The circular economy is based on the recognition that we have to move away from what folks call the linear economy of take-make-waste and envision a next life for what currently is our waste [Pike 2016].

References

- Bashir & Manusamy [2015]. Recent Developments in Biocomposites Reinforced with Natural Biofillers from Food Waste, *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 54, 87 – 99
- Caetano et al. [2012]. Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production, *Chemical Engineering Transactions* 26, 237 - 272
- Caetano et al. [2014]. Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications, *Clean Technologies and Environmental Policy* 16, 7, 1423 – 1430
- Campos-Vega et al. [2015]. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects, *Trends in Food Science & Technology* 45, 1, 24 – 36
- Cruz et al. [2012]. Carotenoids of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown on Soil Enriched with Spent Coffee Grounds, *Molecules* 2012, 17, 1535 – 1547
- Cruz et al. [2014]. Antioxidant activity and bioactive compounds of lettuce improved by espresso coffee residues, *Food Chemistry* 145, 95 - 101
- Fan et al. [2003]. Cultivation of Pleurotus mushrooms on Brazilian coffee husk and effects of caffeine and tannic acid, *Mycologia Applicada International* 15, 1, 15 - 21
- Franca et al. [2006]. Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds, *Desalination* 249, 267 – 272
- ITC [2015]. *Trade Map – Trade statistics for international business development*, <http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/trade-statistics/>
- Kwon et al. [2013]. Sequential co-production of bioethanol and biodiesel with spent coffee grounds, *Bioresource Technology* 136, 475 - 480
- Mata et al. [2013]. Sustainability analysis of biofuel processes through the supply chain using indicators. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 3, 53 – 60

Moustafa et al. [2017]. Utilization of Torrefied Coffee Grounds as Reinforcing Agent To Produce High-Quality Biodegradable PBAT Composites for Food Packaging Applications, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 5, 2, 1906 – 1916

Mussatto et al. [2012]. Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates, *Applied Energy* 92, 763 – 768

Panusa et al. [2013]. Recovery of Natural Antioxidants from Spent Coffee Grounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 17, 4162 – 4168

Pike [2016]. *What Goes Around... How Coffee Waste is Fueling a Circular Economy*, http://www.roastmagazine.com/resources/Articles/Roast_MayJune16_WhatGoesAround.pdf

Tokimoto et al. [2005]. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass, *Journal of Colloid and Interface Science* 281, 56 – 61

Weng et al. [2013]. Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-coterephthalate) (PBAT), poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions, *Polymer Testing* 32, 918 – 926

Zarrinbakhsh et al. [2015]. Characterisation of Wastes and Coproducts from the Coffee Industry for Composite Material Production, *BioResources* 11, 3, 7637 - 7653

Spaar de restjes van je kopje koffie !

Uw ochtendkopje koffie net voor het dagelijks woon-werk-verkeer (files inbegrepen) betekent veel meer dan een vroege opkikker voor je dagtaak. Uit de gegevens, die werden gepubliceerd door het International Trade Center (ITC), bleek koffie het 4^{de} meest verhandelde landbouwgewas te zijn in 2014 [ITC 2015]. In vergelijking met thee, de op één na meest populaire cafeïnehoudende warme drank ter wereld, werd er toen viermaal meer koffie verhandeld. Elke dag worden er zo'n 4 miljard kopjes koffie geconsumeerd, met als gevolg gigantische hoeveelheden afval- en bijproducten, meer bepaald het kaf van de koffieplant (coffee chaff, CC) en het overgebleven koffiedik (spent coffee grounds, SCGs). Het kaf bestaat uit de groene deeltjes van de schillen en hulzen; zij komen op verschillende manieren los al naar gelang het roostproces. SCGs zijn een afvalproduct van het koffiezetten; ze zijn niet echt "opgebruikt". Integendeel, ze bevatten nog steeds zeer waardevolle ingrediënten.

Nu hoopt de industrie dat koffiedik te verwerken tot biodiesel voor voertuigen of tot biomassapellets om gebouwen te verwarmen. Biodiesel is de hernieuwbare brandstof die steeds vaker gebruikt wordt, soms als alternatief voor fossiele brandstof en soms ermee gemengd. Belangrijke doelstellingen zijn onze afhankelijkheid van fossiele brandstof in de transportsector verminderen en de hernieuwbaarheid van de brandstof met alle positieve gevolgen ervan voor het milieu verhogen [Mata et al. 2013]. SCGs bevatten een gehalte aan olie van 10 tot 20 % in gewicht, die olie kan men verwerken tot brandstof [Caetano et al. 2012 & 2014]. En bovendien is koffiedik ook een goede kandidaat voor de productie van bioethanol [Kwon et al. 2013; Mussatto et al. 2012].

Ook het gebruik van SCGs in de landbouw [Fan et al. 2003; Cruz et al. 2012 & 2014; Campos-Vega et al. 2015] of als adsorberend materiaal om kleurstoffen [Franca et al. 2009] en zware metalen [Tokimoto et al. 2005] uit afvalwater te verwijderen werd recent overwogen. Een ander beloftevol, maar nog onvoldoende ontwikkeld voorbeeld is het gebruik van SCGs als basismateriaal voor de ontginning van functionele chemische verbindingen, die interessant kunnen zijn voor de voedings- en farmaceutische industrieën [Panusa et al. 2013].

Vast voedingsafval bleek overigens ook heel interessant voor de versterking van composietpolymeren. Het levert substantiële en aantrekkelijke winsten op vanuit een economisch en een ecologisch standpunt. Meestal komt vast afval van voedingsproducten van overvloedige, natuurlijke bronnen. Daarom is er steeds meer interesse voor het gebruik van voedingsafval als natuurlijk vulmateriaal voor kunststoffen. CC en SCGs zijn buitengewoon nuttige vulstoffen voor heel wat verschillende soorten kunststoffen [Bashir & Manusamy 2015; Zarrinbakhsh et al. 2015]. Ze zijn gemakkelijk te vermengen met plastic voor algemeen gebruik in zowat iedere toepassing, waarin men vroeger hout gebruikte. Een voorbeeld: 100 delen fenol-formaldehyde hars vermengd met 100 delen SCGs. Het bleek dat de SCGs-gevulde, spuitgegoten vormen een uitzonderlijk goede oppervlakte-afwerking vertoonden, veel beter dan die van met hout gevulde vormen en even goed of lichtjes beter dan die met kokosnoot.

Zarrinbakhsh et al. [2015] vergeleken de prestaties van CC en SCGs als vulstoffen en/of versterkingsmiddelen in polymeercomposieten. In het algemeen was CC een betere kandidaat voor de versterking van polymeercomposieten dan SCGs. In vergelijking met SCGs heeft CC een dichtere vezelstructuur, een lager vetgehalte en een betere thermische stabiliteit. Dit werd trouwens bevestigd door de productie en evaluatie van composietmaterialen uit polypropyleen met CC- of met SCGs-vulling.

Nu heeft recent onderzoek aangetoond dat geroosterd koffiedik zonder enige compatibilisator kan gebruikt worden als bioverstevigingsmiddel in biodegradeerbare kunststof. SCGs wekten de aandacht als “groene materialen” met heel wat toepassingen in een groot aantal domeinen en vooral hun gebruik als verstervigingsmateriaal voor biopolymeren om zo duurzame groene composieten te produceren aan een redelijke prijs [Moustafa et al. 2017]. Maar zonder bijkomende behandeling is het hydrofiel karakter een reële drempel voor het gebruik ervan in polymeren omwille van de beperkte affiniteit van hydrofobe polymeren voor hydrofiele SCG-componenten. Om die reden werd er aanvankelijk weinig gebruik van gemaakt.

Er zijn nu tal van studies omtrent SCGs: enkele spitsen zich toe op compatibilisatoren of coupling agents voor polymeren en andere op de chemische modificaties van de SCGs. Op dit ogenblik speelt de droging (het roosteren) van lignocellulose trouwens een grote rol bij het verbeteren van de biomassa-eigenschappen, zoals de calorische waarde, de hydrofobiciteit, de vermaalbaarheid, de langere termijnopslag en de bewerking van het materiaal. Om die reden kan men het koffie-afval roosteren om zijn affiniteit voor de polymeermatrix te verbeteren. Zo kan het gebruik van overal beschikbare, goedkope, en niet-toxische bijproducten van de landbouw als verstervigingsmateriaal of additief een ander valorisatiepad betekenen.

Poly(butyleenadipaat-co-tereftalaat) of PBAT is een goed gekende biodegradeerbare kunststof. Het is soepel materiaal, heeft een hoge breukrek, en goede hydrofiele en verwerkingseigenschappen. PBAT werd op grote schaal gebruikt bij de productie van geblazen folie en de bijbehorende membraanproducten [Weng et al. 2013]. Recent kreeg het trouwens veel aandacht omwille van zijn unieke eigenschappen in vergelijking met klassieke polymeren op basis van petroleum en omwille van zijn toepassingen zoals verpakking voor voeding, het gebruik voor biomedische doeleinden en de industriële compostering. En trouwens, de resultaten voor biocomposieten, die solventvrij werden gemaakt, tonen aan dat SCGs mogelijke kandidaten zijn voor toepassingen in de voedselverpakking [Moustafa et al. 2016].

Vandaag treedt er een nieuw paradigma op de voorgrond, de circulaire economie. Het houdt de belofte in van een omwenteling van de wereldeconomie en van een verbetering van onze relatie met Moeder Natuur. De bedoeling van een circulaire economie is de lus van het industrieel systeem te sluiten, het verbruik aan grondstoffen en de vervuiling van het milieu te beperken door afval om te zetten in grondstoffen voor de volgende productiefase.

De wereldproductie van koffie geeft aanleiding tot 23 miljoen ton afval per jaar, variërend van pulp van verse koffiebonen tot de verpakkingen waarmee de gebrande bonen bij onze favoriete barista worden aangevoerd. Aan de kant van de consument in de bevoorradingsketen is koffiedik de meest zichtbare afval. Datgene dat we in de afvallemmer kieperen na iedere verse kop. Veel koffieliefhebbers trekken zich weinig aan van die overgebleven dras. Maar dat zwarte, natte restant van verpulverde koffiezaden heeft "de vers gecaffeïneerde verbeelding" van wetenschappers, ondernemers en consumenten geïnspireerd en daar sproten ideeën met gunstige gevolgen voor de industrie uit voort.

De circulaire economie berust op het besef dat we weg moeten van wat men in de volksmond de lineaire economie van neem-maak-werp-weg noemt. We moeten een nieuw leven bedenken voor wat vandaag afval is [Pike 2016].

Referenties

Bashir & Manusamy [2015]. Recent Developments in Biocomposites Reinforced with Natural Biofillers from Food Waste, *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 54, 87 – 99

Caetano et al. [2012]. Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production, *Chemical Engineering Transactions* 26, 237 - 272

Caetano et al. [2014]. Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications, *Clean Technologies and Environmental Policy* 16, 7, 1423 – 1430

Campos-Vega et al. [2015]. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects, *Trends in Food Science & Technology* 45, 1, 24 – 36

Cruz et al. [2012]. Carotenoids of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown on Soil Enriched with Spent Coffee Grounds, *Molecules* 2012, 17, 1535 – 1547

Cruz et al. [2014]. Antioxidant activity and bioactive compounds of lettuce improved by espresso coffee residues, *Food Chemistry* 145, 95 - 101

Fan et al. [2003]. Cultivation of Pleurotus mushrooms on Brazilian coffee husk and effects of caffeine and tannic acid, *Mycologia Applicada International* 15, 1, 15 - 21

Franca et al. [2006]. Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds, *Desalination* 249, 267 – 272

ITC [2015]. *Trade Map – Trade statistics for international business development*, <http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/trade-statistics/>

Kwon et al. [2013]. Sequential co-production of bioethanol and biodiesel with spent coffee grounds, *Bioresource Technology* 136, 475 - 480

Mata et al. [2013]. Sustainability analysis of biofuel processes through the supply chain using indicators. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 3, 53 – 60

Moustafa et al. [2017]. Utilization of Torrefied Coffee Grounds as Reinforcing Agent To Produce High-Quality Biodegradable PBAT Composites for Food Packaging Applications, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 5, 2, 1906 – 1916

Mussatto et al. [2012]. Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates, *Applied Energy* 92, 763 – 768

Panusa et al. [2013]. Recovery of Natural Antioxidants from Spent Coffee Grounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 17, 4162 – 4168

Pike [2016]. *What Goes Around... How Coffee Waste is Fueling a Circular Economy*, http://www.roastmagazine.com/resources/Articles/Roast_MayJune16_WhatGoesAround.pdf

Tokimoto et al. [2005]. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass, *Journal of Colloid and Interface Science* 281, 56 – 61

Weng et al. [2013]. Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-coterephthalate) (PBAT), poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions, *Polymer Testing* 32, 918 – 926

Zarrinbakhsh et al. [2015]. Characterisation of Wastes and Coproducts from the Coffee Industry for Composite Material Production, *BioResources* 11, 3, 7637 - 7653

Conservez les restes de votre tasse de café !

Votre tasse de café matinale avant la navette de tous les jours (embouteillages inclus) signifie bien plus que juste le coup de pouce nécessaire pour la journée à venir. Selon les données publiées par le Centre du Commerce International (International Trade Center, ITC) le café était le quatrième produit agricole le plus vendu en 2014 [ITC 2015]. Comparé au thé, la 2^e boisson chaude et caféinée au monde, les quantités de café vendus étaient plus de 4 fois supérieures. Près de 4 milliards de tasses de café sont consommées quotidiennement, laissant d'énormes quantités de déchets et de sous-produits, plus particulièrement la paille (coffee chaff, CC) et le marc de café (spent coffee grounds, SCGs). La paille se compose des morceaux verts de la peau ou de la coque du café, qui se détachent de différentes façons selon le type de torréfaction utilisé. Les SCGs sont les déchets du brassage; ce ne sont pas réellement «des déchets» car ils contiennent toujours plusieurs ingrédients très précieux.

L'industrie espère maintenant transformer les résidus de café en biodiesel pour les véhicules et en granules de biomasse pour chauffer les bâtiments. Le biodiesel est un carburant renouvelable, de plus en plus souvent utilisé, soit en alternance, soit mélangé au diesel fossile. Les principaux objectifs sont de réduire notre dépendance des carburants fossiles dans le secteur des transports et d'accroître la renouvelabilité des combustibles avec des impacts environnementaux positifs [Mata et al. 2013]. Les SCGs ont une teneur en huile d'environ 10 à 20 % en poids; celle-ci peut être récupérée et utilisée pour le biodiesel [Caetano et al. 2012 et 2014]. Les SCGs sont également d'excellentes ressources pour le bioéthanol [Kwon et al. 2013; Mussatto et al. 2012].

En plus, l'utilisation des SCGs comme substrats à des fins agricoles [Fan et al. 2003; Cruz et al. 2012 & 2014; Campos-Vega et al. 2015] et comme adsorbants pour l'élimination des colorants [Franca et al. 2009] ou des métaux lourds [Tokimoto et al. 2005] des eaux usées sont d'autres applications récemment considérées. Un autre exemple prometteur, mais jusqu'ici insuffisamment exploré, est l'utilisation des SCGs comme matière première pour la récupération de composés chimiques fonctionnels, potentiellement intéressants pour les industries alimentaires et pharmaceutiques [Panusa et al. 2013].

Les déchets alimentaires solides se sont aussi révélés être des produits de renforcement attractifs pour les polymères composites. Ils offrent des avantages substantiels et attractifs d'un point de vue économique et également d'un point de vue environnemental. En général, les déchets d'aliments proviennent de ressources naturelles abondantes. Par conséquent, on s'intéresse de plus en plus aux applications de ces déchets alimentaires en tant qu'additifs naturels pour les polymères. Les SCGs sont particulièrement utiles pour divers types de matières plastiques, en particulier pour les matériaux de moulage thermodurcissables [Bashir & Manusamy 2015 ; Zarrinbakhsh et al. 2015]. Ils peuvent être mélangés avec succès au plastique

dans pratiquement toutes les applications, où le bois a été utilisé précédemment. Par exemple, lorsqu'on combine 100 parties d'une résine de phénol-formaldéhyde avec 100 parties de SCGs, on a constaté que les moulages fortifiés de SCGs présentaient un fini de surface exceptionnellement bon, bien supérieur à celui des moulages remplis de bois et aussi bon que, ou même légèrement meilleur que, celui du matériau au noix de coco.

Zarrinbakhsh et al. [2015] ont comparé les performances de la CC et des SCGs comme charges et/ou agents de renforcement dans les polymères composites. Dans l'ensemble, la CC était potentiellement un meilleur candidat comme agent de renforcement dans les applications des polymères composites que les SCGs. Comparé aux SCG, la paille présente une structure fibreuse plus dense, une faible teneur en matières grasses et une stabilité thermique plus élevée. Ceci a été confirmé par la production et l'évaluation des polymères composites aux CC et SCGs, en utilisant le polypropylène comme matrice polymérique.

Or, des recherches récentes ont révélé que le marc de café torréfié peut être utilisé comme agent de renforcement bio pour le plastique biodégradable, ne nécessitant aucun compatibilisant. Les SCGs ont attiré l'attention en tant que «matériaux verts» avec de nombreuses possibilités dans une grande variété de domaines, plus précisément le renforcement des biopolymères pour produire des composites verts durables à un coût raisonnable [Moustafa et al. 2017]. Sans traitement supplémentaire, cependant, leur caractère hydrophile représente un obstacle réel à leur incorporation dans les matrices polymériques en raison de la pauvre affinité entre les polymères hydrophobes et les SCGs hydrophiles. Pour cette raison on n'en a pas souvent fait usage au début.

Actuellement, de nombreuses études sur les SCGs ont été menées: parmi ces études, certaines ont porté sur l'addition de compatibilisants ou d'agents de couplage pour polymères et d'autres ont porté sur la modification chimique des SCGs. Aujourd'hui, la torréfaction de la biomasse lignocellulosique joue un rôle significatif dans l'amélioration des propriétés de la biomasse, telles la valeur calorifique, l'hydrophobicité, la broyabilité, le stockage à long terme et le processing. Par conséquent, un traitement de torréfaction peut être appliqué aux déchets de café afin d'améliorer son affinité pour la matrice polymérique. L'utilisation de SCGs, largement disponibles, à bas prix et non toxiques, comme agents de renforcement ou additifs, peut également constituer un autre moyen de valorisation.

Le poly (adipate de butylène-co-téréphtalate) ou PBAT est un plastique biodégradable bien connu. C'est un matériau souple, à allongement élevé à la rupture, et aux bonnes propriétés hydrophiles et de traitement. Le PBAT a été largement utilisé dans le soufflage de pélicules et la production des produits membranaires associés [Weng et al. 2013]. Actuellement, il a reçu beaucoup d'attention en raison de ses propriétés uniques par rapport aux polymères à base de pétrole classique, et aussi en raison de son utilisation dans des applications telles l'emballage alimentaire, l'utilisation dans le domaine biomédical et le compostage industriel. De plus, les résultats obtenus pour les biocomposites préparés sans solvant illustrent que les SCGs peuvent

bien être des candidats potentiels pour des applications d'emballage alimentaire [Moustafa et al. 2017].

Aujourd'hui, un nouveau paradigme connu sous le nom d'économie circulaire émerge. Il tient la promesse de remodeler l'économie mondiale et d'améliorer notre relation avec Mère Nature. Le but de l'économie circulaire est de fermer la boucle de notre système industriel en réduisant la consommation de ressources et la pollution de l'environnement, en transformant les déchets en matières premières pour la prochaine étape de production.

La production mondiale de café crée 23 millions de tonnes de déchets par an, de la pulpe des grains frais aux emballages nécessaires pour transporter les grains torréfiés chez notre barista préféré. Au bout de la chaîne d'approvisionnement, les grains utilisés, que nous jetons carrément dans la poubelle, sont les déchets les plus visibles pour le consommateur. Or, la plupart des amateurs de café ne se soucient guère des SCGs, mais ces restants noirs et humides ont inspiré «les imaginations fraîchement caféinées» des scientifiques, des entrepreneurs et des consommateurs, et se sont transformés en idées bénéfiques pour l'industrie.

L'économie circulaire est basée sur la reconnaissance que nous devons nous éloigner de ce que les gens appellent l'économie linéaire de prendre-faire-et-jeter et envisager une prochaine vie pour ce que sont actuellement nos déchets [Pike 2016].

Références

Bashir & Manusamy [2015]. Recent Developments in Biocomposites Reinforced with Natural Biofillers from Food Waste, *Polymer-Plastics Technology and Engineering* 54, 87 – 99

Caetano et al. [2012]. Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production, *Chemical Engineering Transactions* 26, 237 - 272

Caetano et al. [2014]. Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications, *Clean Technologies and Environmental Policy* 16, 7, 1423 – 1430

Campos-Vega et al. [2015]. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects, *Trends in Food Science & Technology* 45, 1, 24 – 36

Cruz et al. [2012]. Carotenoids of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown on Soil Enriched with Spent Coffee Grounds, *Molecules* 2012, 17, 1535 – 1547

Cruz et al. [2014]. Antioxidant activity and bioactive compounds of lettuce improved by espresso coffee residues, *Food Chemistry* 145, 95 - 101

Fan et al. [2003]. Cultivation of Pleurotus mushrooms on Brazilian coffee husk and effects of caffeine and tannic acid, *Mycologia Applicada International* 15, 1, 15 - 21

Franca et al. [2006]. Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds, *Desalination* 249, 267 – 272

ITC [2015]. *Trade Map – Trade statistics for international business development*, <http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/trade-statistics/>

Kwon et al. [2013]. Sequential co=production of bioethanol and biodiesel with spent coffee grounds, *Bioresource Technology* 136, 475 - 480

Mata et al. [2013]. Sustainability analysis of biofuel processes through the supply chain using indicators. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 3, 53 – 60

Moustafa et al. [2017]. Utilization of Torrefied Coffee Grounds as Reinforcing Agent To Produce High-Quality Biodegradable PBAT Composites for Food Packaging Applications, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 5, 2, 1906 – 1916

Mussatto et al. [2012]. Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates, *Applied Energy* 92, 763 – 768

Panusa et al. [2013]. Recovery of Natural Antioxidants from Spent Coffee Grounds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 17, 4162 – 4168

Pike [2016]. *What Goes Around... How Coffee Waste is Fueling a Circular Economy*, http://www.roastmagazine.com/resources/Articles/Roast_MayJune16_WhatGoesAround.pdf

Tokimoto et al. [2005]. Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass, *Journal of Colloid and Interface Science* 281, 56 – 61

Weng et al. [2013]. Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-coterephthalate) (PBAT), poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions, *Polymer Testing* 32, 918 – 926

Zarrinbakhsh et al. [2015]. Characterisation of Wastes and Coproducts from the Coffee Industry for Composite Material Production, *BioResources* 11, 3, 7637 - 76