

Vendredi 22 octobre 2021
Maison du Parc et du Géoparc
à Carrouges
www.parc-naturel-normandie-maine.fr



LA TECHNOLOGIE SAUVERA-T-ELLE L'OCÉAN DES PLASTIQUES?

Mateo Cordier

Coauteurs: Takuro Uehara, Juan Baztan, Bethany Jorgensen, Huijie Yan

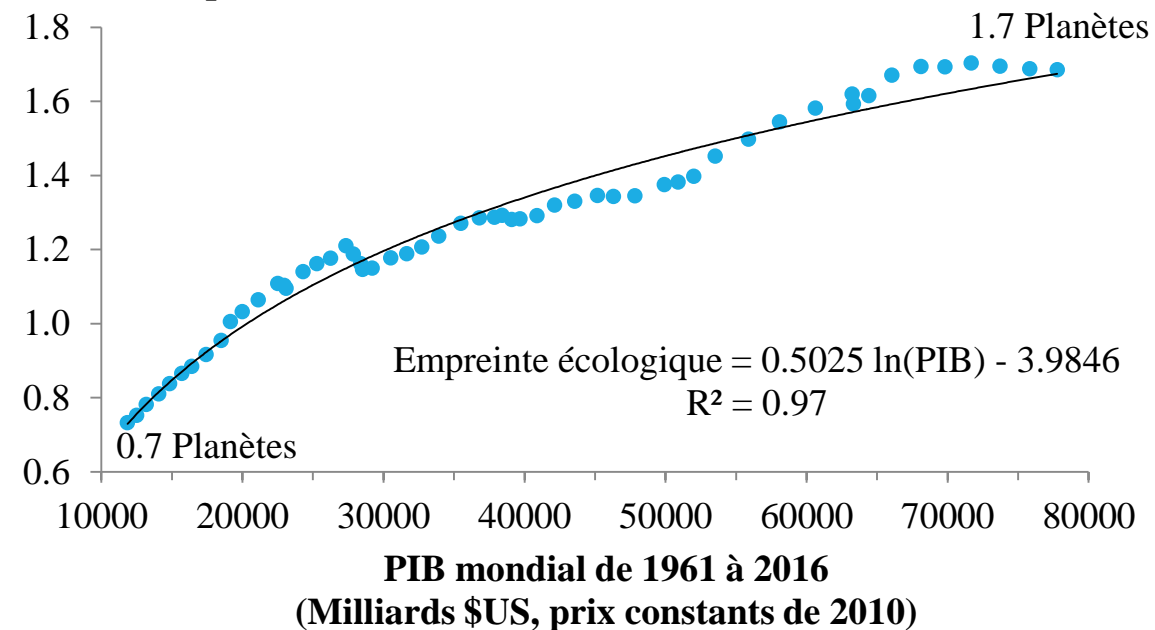


CONTEXTE

- La croissance économique verte alimentée par les solutions technologiques est souvent mentionnée comme solution pour réduire la pollution plastique.
- Mais la croissance économique entre en contradiction avec les frontières des écosystèmes planétaires.

Pour maintenir notre appétit actuel en ressources naturelles, nous aurions besoin de l'équivalent de 1,7 planètes

Empreinte écologique mondiale (Nombre de planètes)



Linear regression: Ecological footprint = f(LN (GDP)) ; Empreinte écologique = f(LN (PIB))

Source	SS	df	MS	Number of obs =	56
Model	3.88352381	1	3.88352381	F(1, 54) =	1901.57
Residual	.110282952	54	.002042277	Prob > F =	0.0000
				R-squared =	0.9724
				Adj R-squared =	0.9719
Total	3.99380676	55	.072614668	Root MSE =	.04519

Ecological footprint	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
LN (GDP)	.5025289	.0115241	43.61	0.000	.4794245 .5256332
_cons	-3.984623	.1204577	-33.08	0.000	-4.226126 -3.74312

Sources de données utilisées pour élaborer le graphique:

- Global Footprint Network (2020). Country Trends. <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?type=earth&cn=5001>

- World Bank (2020). PIB (\$ US constants de 2010). <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.KD>

QUESTION No. 1

- Le problème écologique lié aux plastiques va-t-il **diminuer** ?
- Certains signes semblent montrer que **oui**.

ON NETTOIE LES PLASTIQUES DANS LES OCÉANS

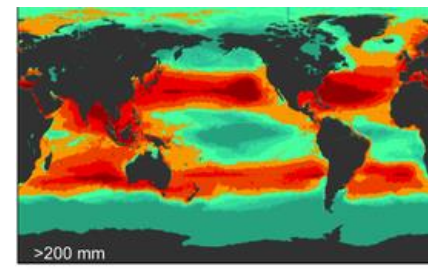


THE OCEAN
CLEANUP™

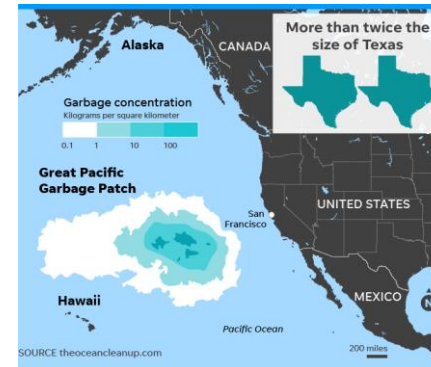
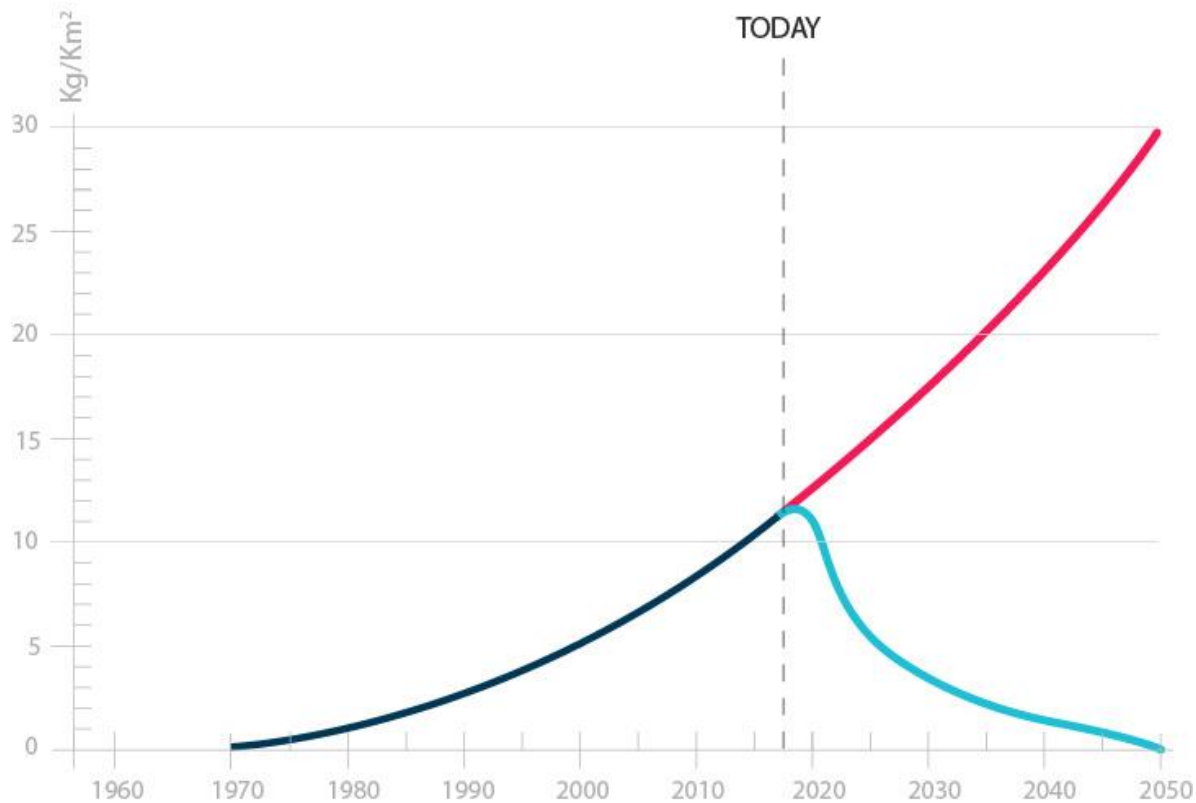


Source: <https://theoceancleanup.com>

ON NETTOIE LES PLASTIQUES DANS LES OCÉANS



Source: Eriksen M et al. (2014) Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLOS ONE 9(12): e111913. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913>



Concentration de microplastiques **avec** et **sans nettoyage** dans le Great Pacific Garbage Patch.

Source: <https://theoceancleanup.com>

Continent de plastique du pacifique nord (Great Pacific Garbage Patch).

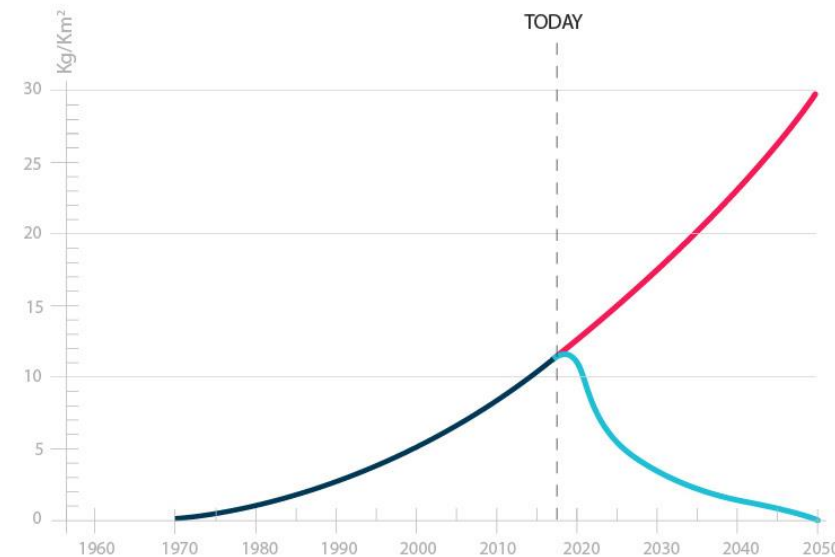
Source: <https://theoceancleanup.com>

QUESTION No. 2

- Mais que montre l'analyse dans le détail?
- Les **nouvelles technologies** peuvent réellement réduire la contamination plastique des océans ?

ON NETTOIE LES PLASTIQUES DANS LES OCÉANS

- Ce graphique montre uniquement les **plastiques flottant** à la surface des océans.
- Ceux-là, on peut les nettoyer facilement.
- Mais ceux qui flottent dans la **colonne d'eau**?
- Ceux qui se déposent sur les **fonds marins**?
- Et ceux qui s'échouent sur les **plages**?



ON NETTOIE LES PLASTIQUES DANS LES OCÉANS

Quantité de **plastiques flottants** accumulés à la surface des océans = **~268 000 tonnes** en 2010

0,3%

Source: Eriksen M., Lebreton L., Carson H.S., Thiel M., et al. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. PLoS ONE 9(12): e111913.
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913>

Quantité totale de plastiques accumulés dans les océans (**déposés sur le fond, échoués sur les plages, flottants** dans la colonne d'eau et à la surface des océans) = **~79 000 000 tonnes** en 2010

Source: Cordier M. and Uehara T., 2019. How much innovation is needed to protect the ocean from plastic contamination? Science of the total environment 670 (2019) 789–799.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719312501>

QUESTION No. 3 – QUELLE-EST LA SOLUTION?

- Quelles sont les solutions complémentaires si **les technologies** de nettoyage des océans **ne peuvent pas tout** ?
- Et de toute façon, à quoi bon **nettoyer un océan que l'on remplit** continuellement de plastiques?
- Ne vaut-il pas mieux régler le problème à la source, **sur les continents**?

SOLUTION: RELANCER LA CROISSANCE?

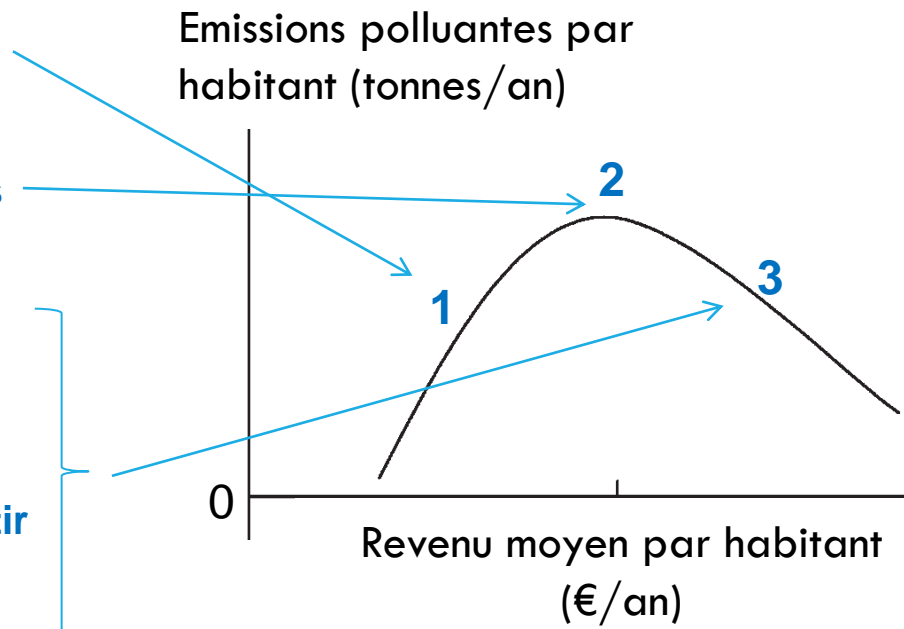
- Certains pensent que la **croissance économique** apportera *La solution*.
- C'est la théorie de la **courbe environnementale de Kuznets** (dont l'équation repose uniquement sur le **PIB par habitant**):

1. **Dans la phase de croissance** d'un pays, les habitants voient leurs revenus augmenter → résultat, ils consomment plus → et génèrent plus de déchet plastiques (mal gérés faute de système de traitement efficace).

2. **Passé un certain niveau de revenu par habitant**, la quantité de **déchets plastiques** par habitant gérés inadéquatement commencerait à **diminuer**:

3. - **parce que la population** ayant accès à un meilleur confort de vie se préoccupe de la qualité de ses conditions d'existence et **exige des améliorations environnementales**.

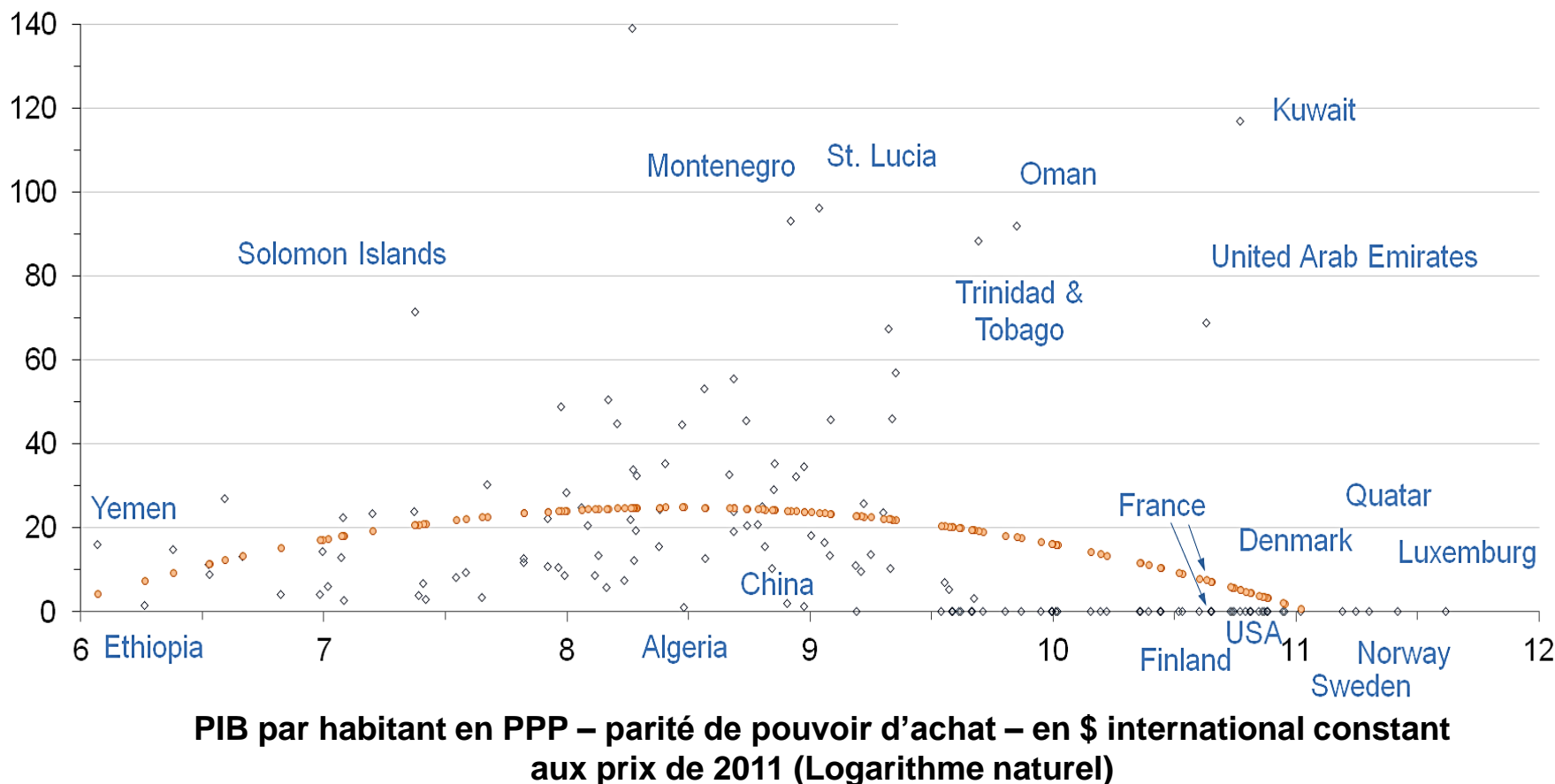
- **parce qu'une économie en croissance** a **plus de moyens pour investir** dans les technologies de gestion des déchets, nettoyage des océans, etc.



SOLUTION: RELANCER LA CROISSANCE?

* **Gérés inadéquatement:**
Déchets plastiques entreposés en décharges non contrôlées, à ciel ouvert ou rejetés dans les cours d'eau ou en mer.

Déchets plastiques par habitant gérés inadéquatement (kg/personne/an) *



● Estimations par la **courbe environnementale de Kuznets**

◇ Comparaison aux **données observées** de déchets plastiques par habitant gérés inadéquatement* dans 141 pays (2011-2017).

■ **France:** 7.3 kg/pers./an (estimation Environmental Kuznets curve)

SOLUTION: CONTRÔLER CORRUPTION ET LOBBIES?

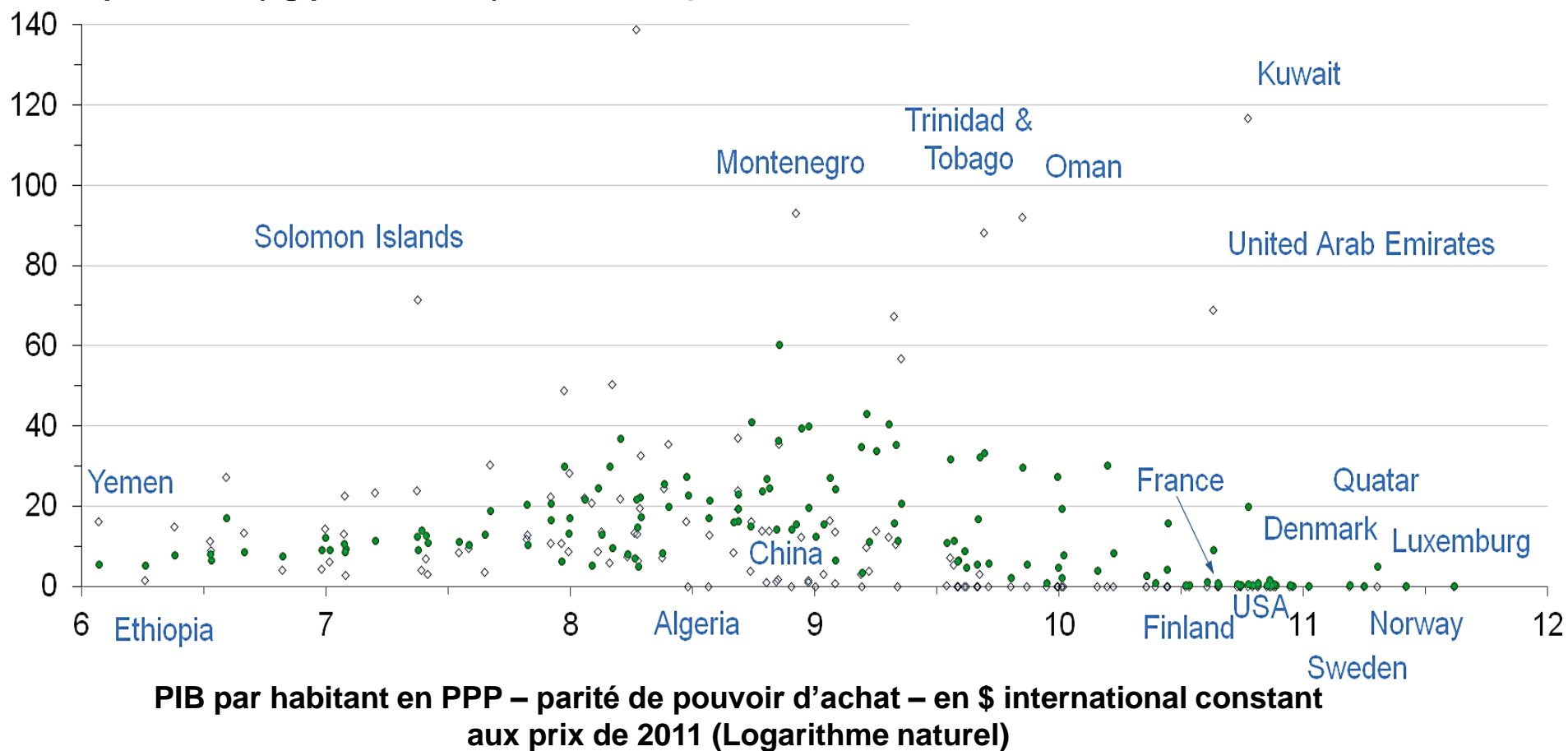
Quels sont les **autres facteurs** à prendre également en compte?

- Les politiques de **contrôle de la corruption** (influence des lobbies incluse)
(Nous utilisons le terme *corruption* tel que défini par la Banque Mondiale: il y a corruption quand le pouvoir public est exercé à des fins privées, y compris les petites et grandes formes de corruption, et quand l'État est contrôlé par les élites et les intérêts privés)
- L'urbanisation
- La culture, les mentalités et les valeurs qui diffèrent selon les pays
- Le tourisme international sur les petites îles en particulier

Le **Modèle 1** (diapo suivante) prend en compte tous ces facteurs **en plus du PIB**

SOLUTION: CONTRÔLER CORRUPTION ET LOBBIES?

Déchets plastiques par habitant gérés inadéquatement (kg/personne/an)



● Estimations par le **Modèle 1**

◇ Comparaison aux **données observées.**

■ **France:** 0.87 kg/pers./an (estimation Modèle 1)

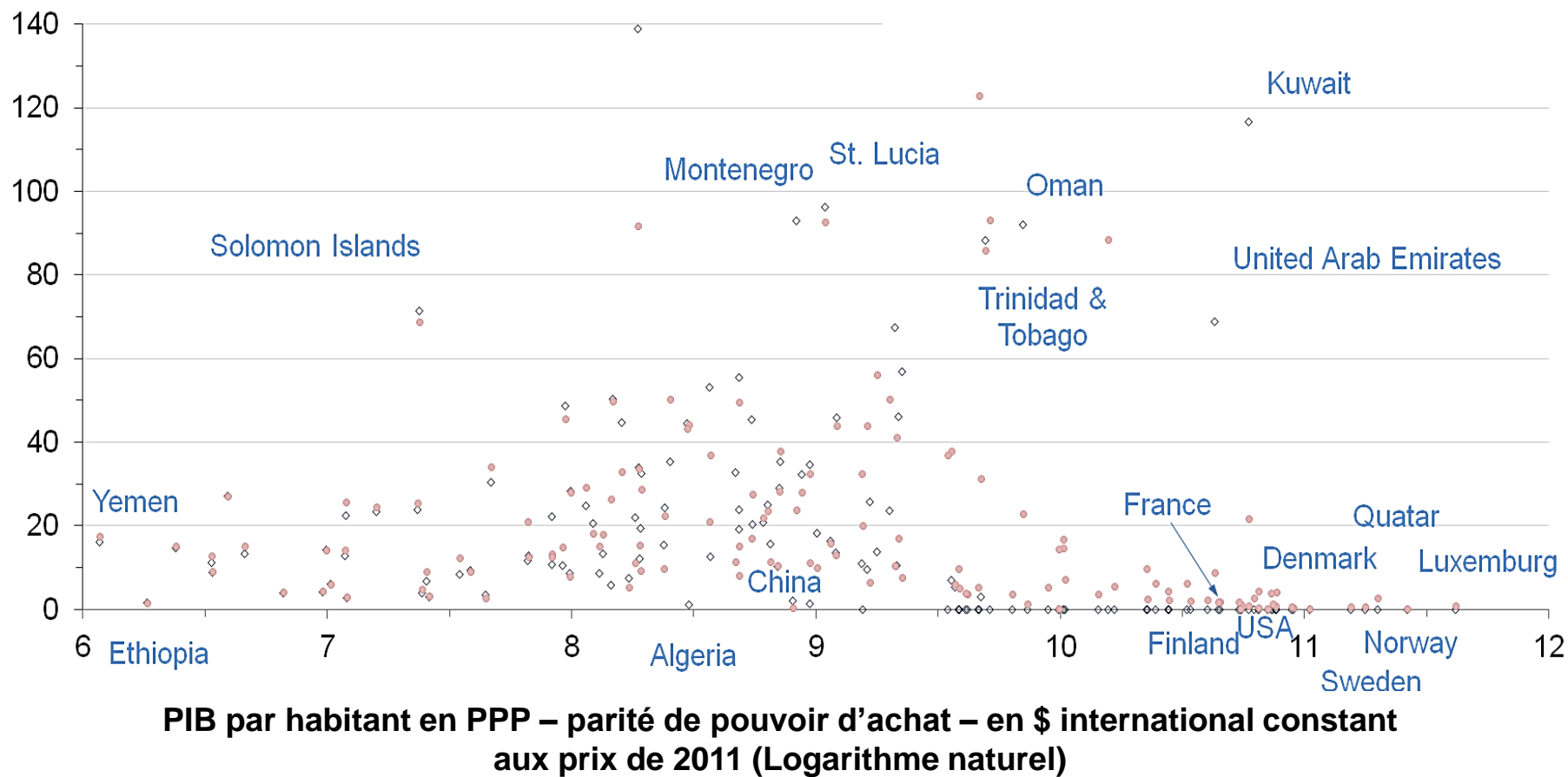
SOLUTION: POLITIQUES D'ÉDUCATION?

Plusieurs études démontrent le rôle de **l'éducation** comme facteur influençant la conscience environnementale. Le **Modèle 2** prend en compte tous cela :

- **L'éducation** (nombre moyen d'années d'études pour les personnes ≥ 25 ans)
- Le PIB par habitant
- L'urbanisation
- La culture, les mentalités et les valeurs en Amérique Latine et reste du monde
- Le tourisme international sur les petites îles en particulier

SOLUTION: POLITIQUES D'ÉDUCATION?

Déchets plastiques par habitant gérés inadéquatement (kg/personne/an)



● Estimations par le **Modèle 2**

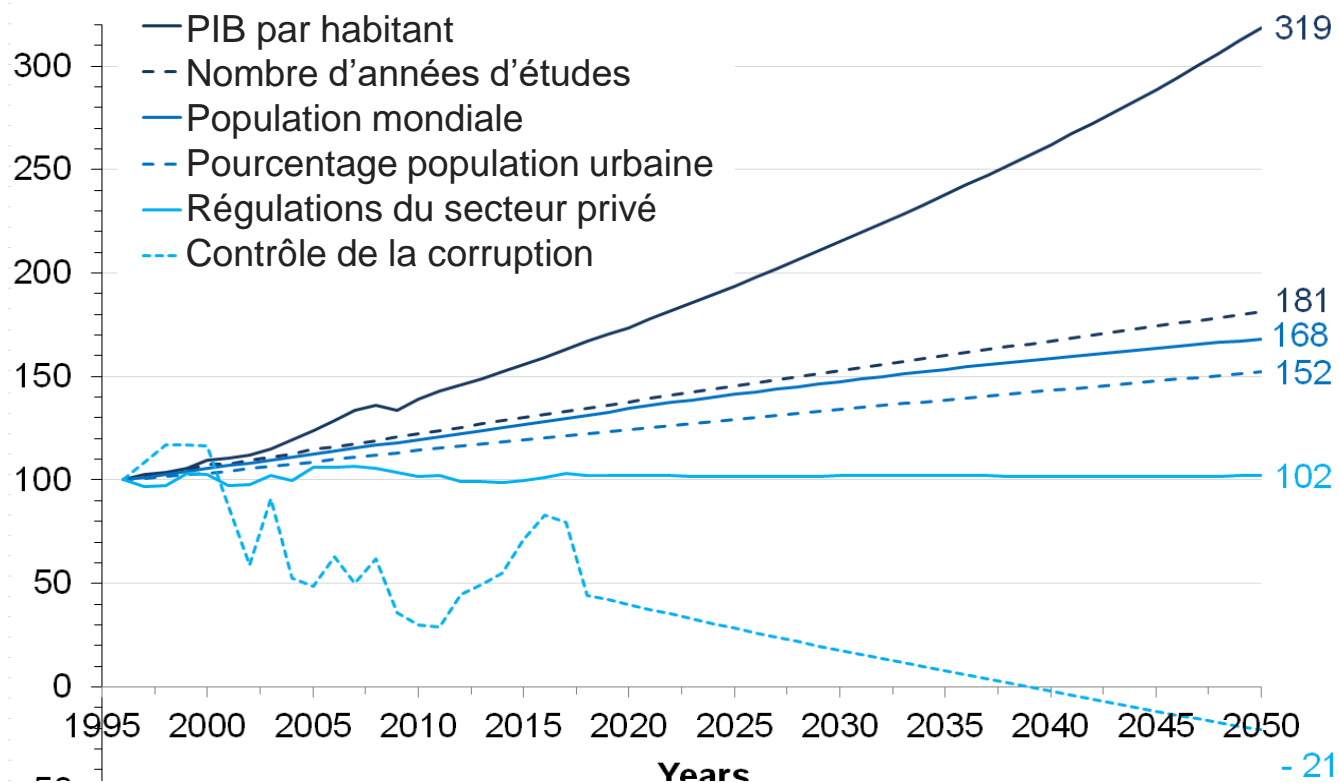
◇ Comparaison aux **données observées.**

■ **France:** 1.7 kg/pers./an (estimation Modèle 2)

ET SI ON NE FAIT RIEN?

- ... Les facteurs influençant les rejets de plastiques dans les écosystèmes risquent d'évoluer à l'échelle mondiale suivant un scénario *business as usual* (BAU):

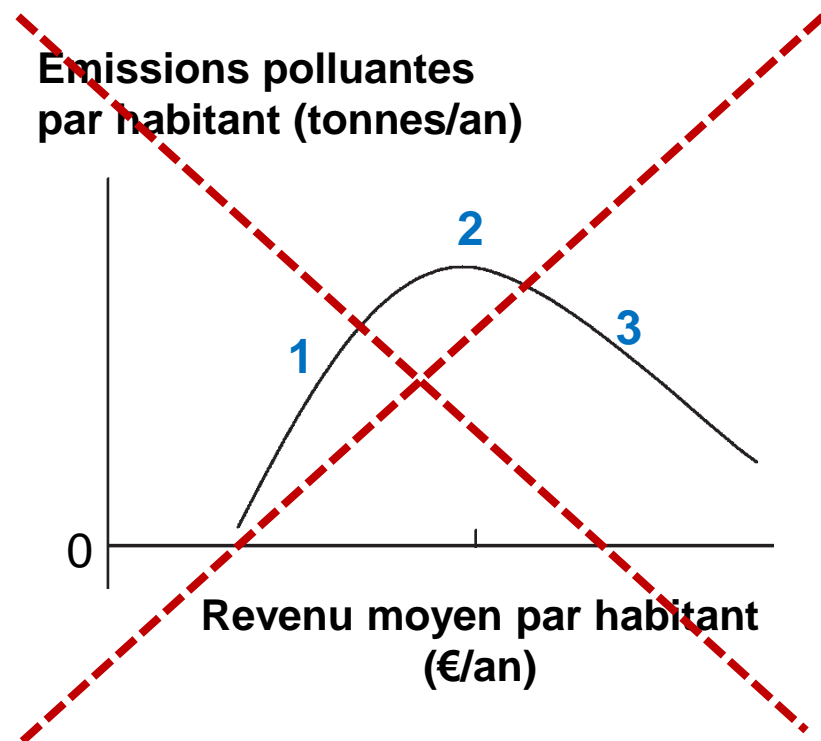
Base 100 = value of 1996



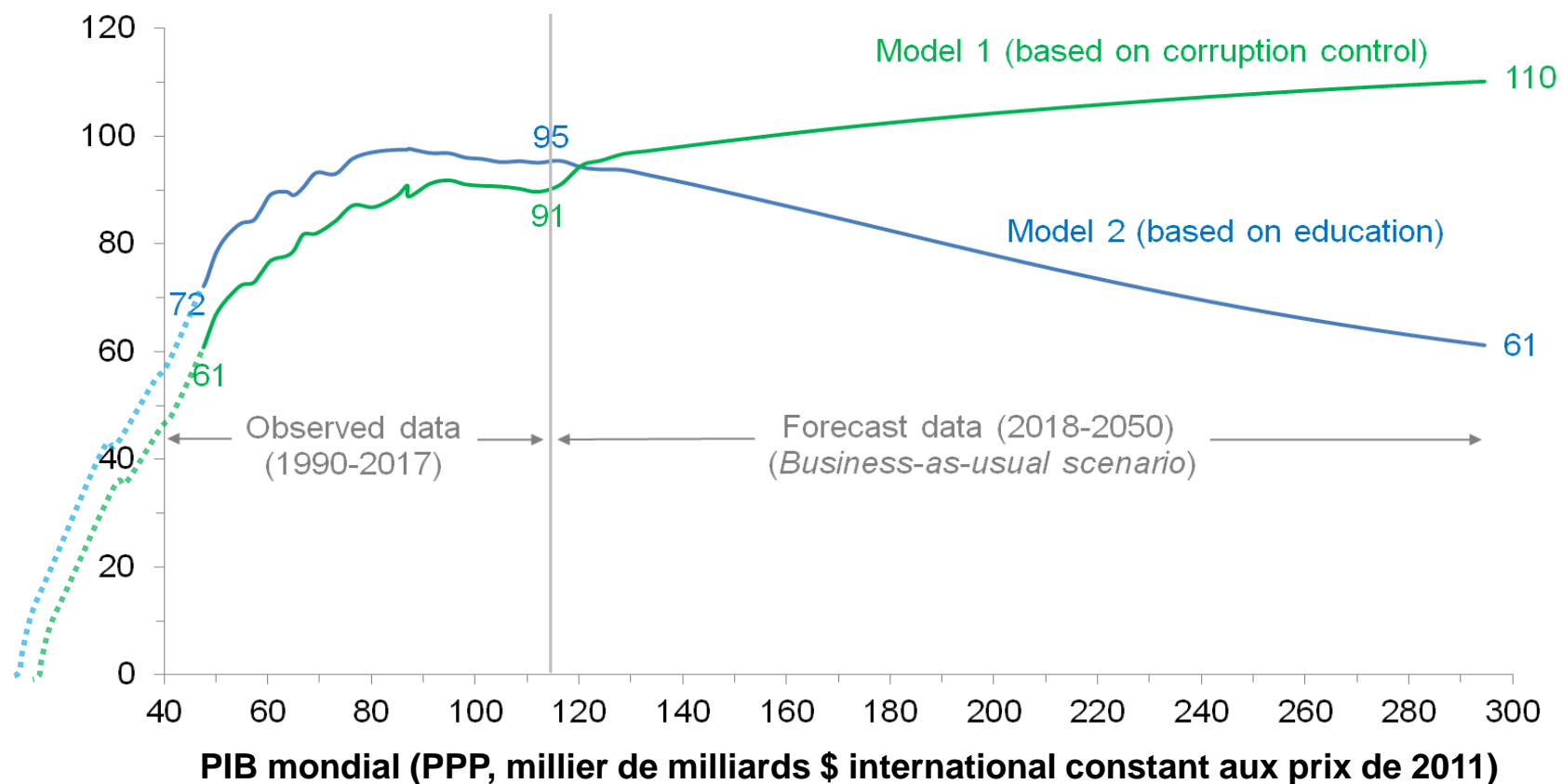
- Données observées de 1996 à 2017.
- Données extrapolées de 2018 à 2050 (BAU).
- Toutes les valeurs sont normalisées en base 100 = 1996, c'est-à-dire que les montants de l'année 1996 ont été fixés à 100 et toute variation est ajoutée à 100 en pourcentage d'augmentation.

ET SI ON NE FAIT RIEN?

- La courbe environnementale de Kuznets ne tendra pas vers zéro. En 2050, elle se maintiendra au mieux à **61 millions t/an** et au pire à **110 millions t/an**.



Quantité annuelle mondiale de déchets plastiques gérés inadéquatement (millions de tonnes par an)



ET SI ON NE FAIT RIEN?

Données observées (Banque Mondiale, 2018a, 2019)						Scénario BAU (Résultats du Modèle 2) (dans les gammes de valeurs, les résultats du Modèle 1 sont en italique)				
Pays	Catégorie de revenus	Politiques de contrôle de la corruption (indices)		Années d'études		Population (millions)	Déchets plastiques par habitant (kg/pers./an)	Pourcentage de déchets mal gérés (%)	Déchets plastiques mal gérés (millions tonnes/an)	Déchets plastiques mal gérés (millions tonnes/an)
(Années) →		1996	2017	1995	2010	2017	2017	2017	2017	2050
1 India	LMC	-0.38	-0.24 ↗	3.51	5.39 ↗	1338.7	20.2	79.6%	13.85 – 21.57	4.50 – 8.98
2 China	UMC	-0.27	-0.27 →	5.69	7.12 ↗	1386.4	31.0	32.2%	12.38 – 13.82	1.71 – 10.05
3 Brazil	UMC	-0.02	-0.53 ↘	4.84	7.66 ↗	207.8	44.8	94.0%	8.64 – 8.75	5.11 – 8.66
4 Mexico	UMC	-0.51	-0.93 ↘	6.48	8.33 ↗	124.8	45.0	85.1%	4.78 – 5.29	1.80 – 7.46
5 Indonesia	LMC	-0.86	-0.25 ↗	4.21	7.26 ↗	264.6	30.1	53.7%	2.89 – 4.28	0.78 – 0.80
6 Pakistan	LMC	-1.22	-0.78 ↗	2.77	4.45 ↗	207.9	17.8	90.8%	2.77 – 3.37	3.46 – 3.49
7 Nigeria	LMC	-1.19	-1.07 ↗	N.A.	N.A.	190.9	19.4	80.5%	2.91 – 2.98	7.76 – 7.99
8 Bangladesh	LMC	-0.97	-0.83 ↗	3.29	4.91 ↗	159.7	15.5	92.1%	2.01 – 2.29	1.57 – 1.69
9 Colombia	UMC	-0.51	-0.37 ↗	6.09	8.45 ↗	48.9	46.6	92.8%	2.10 – 2.12	1.98 – 3.20
10 Argentina	HIC	-0.10	-0.26 ↘	8.34	9.48 ↗	44.0	44.3	79.4%	1.70 – 1.55	0.56 – 1.57
11 Vietnam	LMC	-0.49	-0.58 ↘	4.60	7.45 ↗	94.6	19.6	69.9%	1.16 – 1.30	0.23 – 0.67
12 Philippines	LMC	-0.36	-0.48 ↘	7.12	8.18 ↗	105.2	27.0	44.3%	1.26 – 1.54	0.15 – 1.16
13 Peru	UMC	-0.40	-0.50 ↘	7.25	8.68 ↗	31.4	45.5	86.8%	1.24 – 1.34	0.32 – 1.75
14 Egypt	LMC	-0.47	-0.54 ↘	4.05	6.55 ↗	96.4	19.7	53.8%	1.02 – 1.68	0.13 – 2.29
15 Ethiopia	LIC	-0.93	-0.56 ↗	N.A.	N.A.	106.4	9.6	97.6%	0.90 – 1.00	0.92 – 1.20
16 Morocco	LMC	-0.11	-0.13 ↘	2.66	4.24 ↗	35.6	29.8	84.6%	0.90 – 0.93	0.53 – 1.45
17 Chile	HIC	1.45	1.04 ↘	8.40	9.71 ↗	18.5	61.2	72.3%	0.59 – 0.82	0.24 – 0.44
18 Venezuela	UMC	-0.86	-1.36 ↘	5.5	8.16 ↗	29.4	31.2	89.1%	0.82 – 0.88	0.38 – 1.09
19 Turkey	UMC	-0.15	-0.19 ↘	4.81	6.56 ↗	81.1	40.4	24.4%	0.56 – 0.80	0.08 – 0.17
20 Europe - 28	HIC	1.18	1.09 ↘	9.13	11.23 ↗	512.2	49.7	3.1%	0.80 – 1.01	0.07 – 1.13
...
Total des 43 pays									77.3 – 86.9	49.6 – 90.9
Total mondial (217 pays et territoires)									91.0 – 95.4	61.2 – 110.2

Les 43 pays générant le plus de déchets plastiques mal gérés en 2017 (= 91% du total mondial)

- L'Europe (UE-28) est le 20^{ème} plus gros pollueur au monde

- France, déchets plastiques mal gérés :

En 2017:

- ~ 80 000 t/an

- 85-105^{ème} pays le plus polluant sur 217

- 3-7^{ème} pays le plus polluant en UE-28

En 2050:

- ~ 18 000 t/an

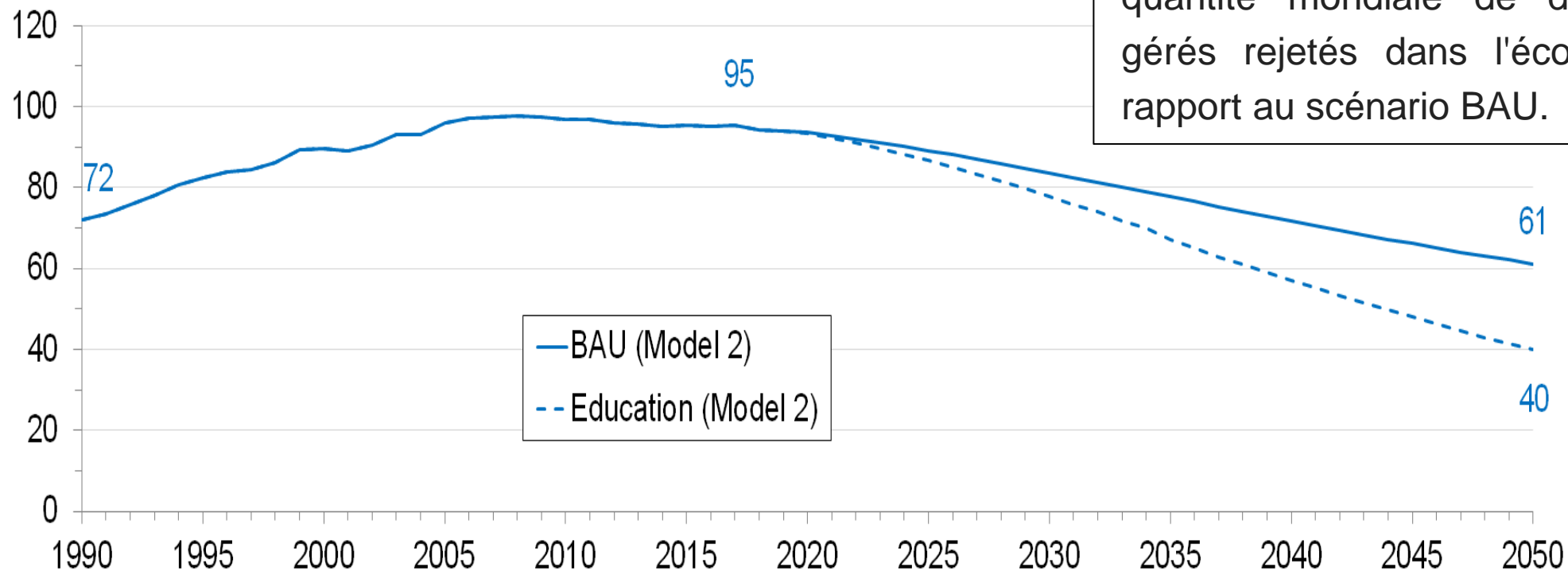
- 117-120^{ème} pays le plus polluant

- 4-8^{ème} pays le plus polluant en UE-28

COMMENT INFLÉCHIR LA TENDANCE ?

- En finançant **des politiques scolaires** dans les 43 pays les plus polluants (UE-28 incluse)

Quantité annuelle mondiale de déchets plastiques gérés inadéquatement (millions de tonnes par an)



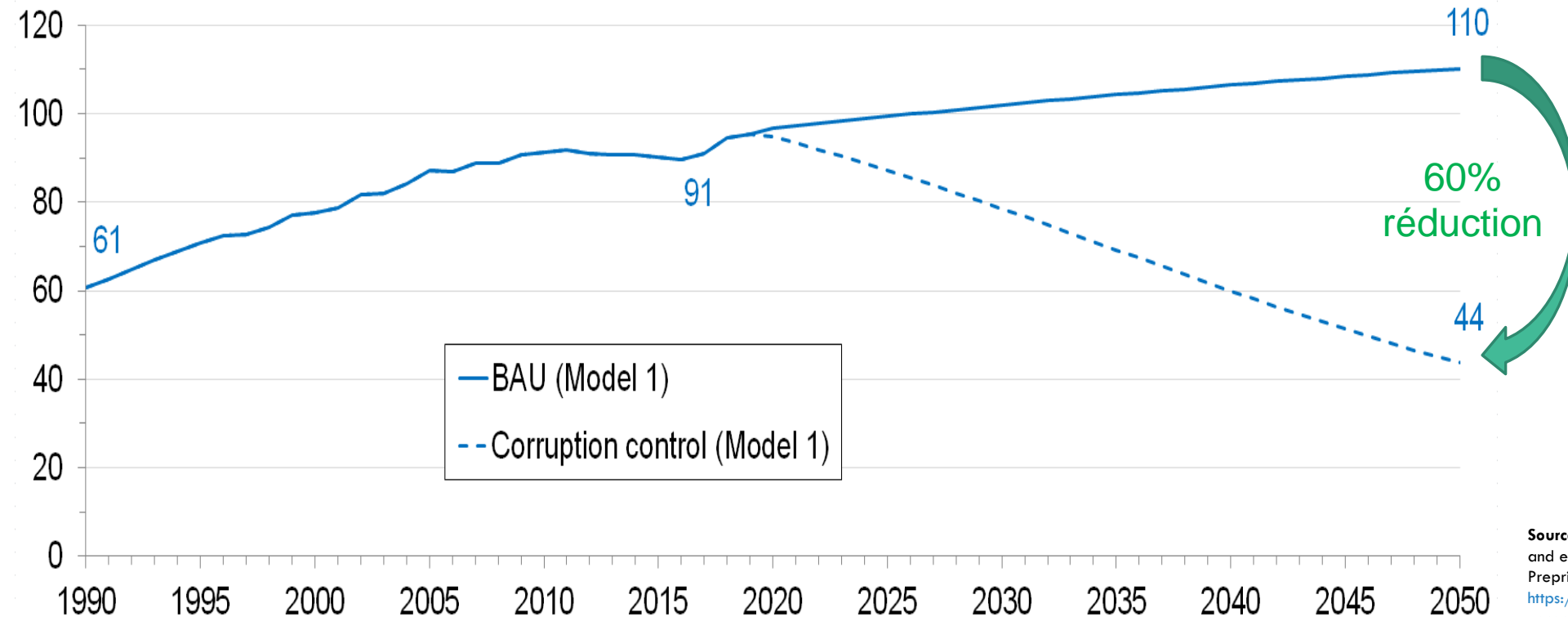
L'augmentation de la scolarité à 12 années dans les 43 pays les plus polluants réduirait de **34%** la quantité mondiale de déchets plastiques mal gérés rejetés dans l'écosystème en 2050 par rapport au scénario BAU.

34%
réduction

COMMENT INFLÉCHIR LA TENDANCE ?

- En **contrôlant la corruption** et les **lobbies** dans les 43 pays les plus polluants (UE-28 incluse)

Quantité annuelle mondiale de déchets plastiques gérés inadéquatement (millions de tonnes par an)



Elever le contrôle de la corruption au niveau de l'Uruguay ou de la France dans les 43 pays les plus polluants réduirait de **60%** la quantité mondiale de déchets plastiques mal gérés rejetés dans l'écosystème en 2050 par rapport au scénario BAU.

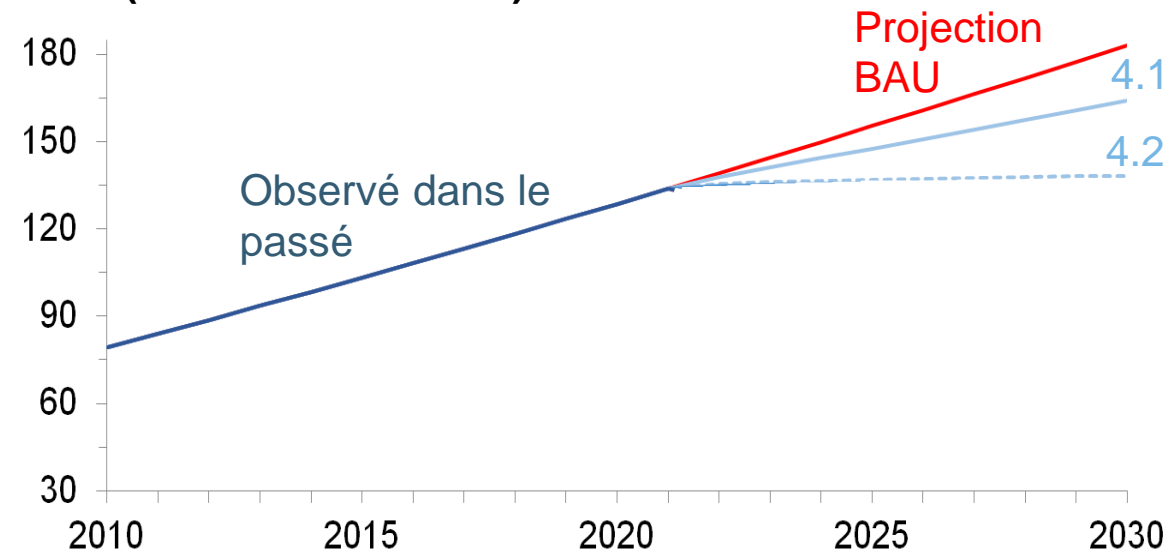
Source: Cordier M., Uehara T., Baztan J., Jorgensen B., 2020. Plastic pollution and economic growth: the influence of corruption and the lack of education. Preprint ResearchGate, License CC BY-NC-SA 4.0.

https://www.researchgate.net/publication/341258750_Plastic_pollution_and_economic_growth_the_influence_of_corruption_and_the_lack_of_education

COMMENT INFLÉCHIR LA TENDANCE ?

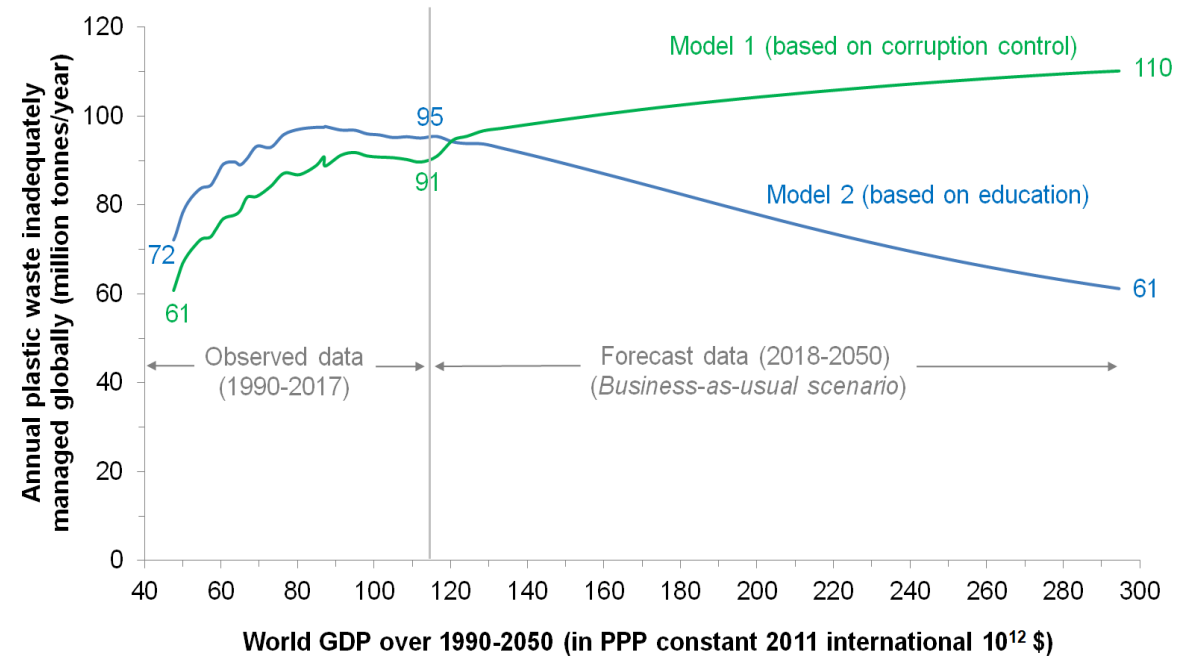
- Par une **politique des déchets** qui repense la consommation autrement (UE-28 incluse)

Stock de déchets plastiques accumulés dans les océans à l'échelle mondiale depuis 1950 (millions de tonnes)



- Scenario 4.1:** Réduire de 50% la mauvaise gestion des déchets plastiques dans les 20 pays les plus polluants.
- Scenario 4.2:** plafonner dans tous les pays la production de déchets individuels à 1.2 kg/jour/habitant et le pourcentage de plastiques dans ces déchets à 11% (moyennes mondiales). Comment y arriver?
 - Installer de bacs de recyclage publics.
 - Développer des systèmes de bouteilles consignées.
 - Légiférer pour imposer la *Responsabilité Elargie du Producteur* de produits contenant des plastiques.
 - Subventionner (et/ou exonérer) les Repair cafés proposant des ateliers collaboratifs de réparation des appareils usagés.
 - Taxer les produits à obsolescence programmée

CONCLUSION



- Nos Modèles montrent que la **croissance du PIB par habitant** (scénario *Business-as-usual*) ne créera pas suffisamment de capacité d'investissement dans les infrastructures de collecte et traitement des déchets pour résoudre la contamination plastique d'ici 2050.
- Les solutions non-technologiques (politiques de contrôle de la **corruption & des lobbies** et **d'éducation**) sont en mesure de réduire les déchets plastiques mal gérés. Elles doivent faire partie des interventions mises en œuvre par les décideurs.

Position dans le socio-écosystème	Position dans la chaîne de causalité du problème	Catégories de solutions	Exemples de solutions	
Amont	Solutions à la source du problème	Eviter et réduire la production de déchets	<ol style="list-style-type: none"> 1. Favoriser l'éducation en général, de 3 à 18 ans, et intégrer des programmes ou la connaissance de l'environnement se fait par le contact avec l'écosystème et des activités pratiques dans la nature. 2. Campagnes de sensibilisation et stratégies de collaboration (Benkler, 2011; Ostrom, 2010) pour encourager les ménages à réduire les comportements de production de déchets et de surconsommation en général. 3. Favoriser le mode de vie rural pour limiter l'urbanisation. 4. Inciter les industries à remplacer les matières plastiques par de l'aluminium, du verre, etc. 5. Prévention des fuites de nurdles dans les usines de plastiques (nurdles : pastilles microplastiques de pré-production). 6. Instruments fiscaux et législation obligatoire pour réduire la quantité d'emballages. 7. Législation obligatoire pour interdire les microbilles dans les cosmétiques ou les dentifrices, ou pour interdire les produits en plastique à usage unique, etc. 	
		Réutiliser et réparer les produits usagés ou cassés	<ol style="list-style-type: none"> 8. Systèmes de bouteilles consignées en verre ou en PET. 9. Politiques de contrôle de la corruption et de l'influence des lobbies s'opposant aux systèmes de consignes des bouteilles. 10. Passer d'une économie de la propriété à une économie de la fonctionnalité de services. 11. Systèmes en ligne conçus pour aider à partager, échanger, vendre, prêter ou louer des produits d'occasion entre voisins, y compris des produits en plastique. 12. Législation interdisant l'obsolescence programmée des produits. 13. Des règles fiscales qui favorisent les produits à plus longue durée de vie, etc. 	
		Recycler	<ol style="list-style-type: none"> 14. Recyclage en cycles fermés (ex. : recyclage de bouteilles en plastique, sacs en plastique, etc.), éviter les cycles ouverts (ex. : recyclage en matériaux de remblais). 15. Législation imposant la Responsabilité Élargie des Producteurs vendant ou fabriquant des produits contenant du plastique. 	
		Améliorer les infrastructures de collecte et de traitement des déchets	<ol style="list-style-type: none"> 16. Investir dans l'étanchéité des décharges pour éviter les fuites de déchets plastiques par la pluie, les cours d'eau ou le vent depuis les décharges sauvages ou les décharges à ciel ouvert non contrôlées vers, in fine, les océans. 17. Investir dans les poubelles publiques, le système de collecte des déchets, et la sensibilisation pour favoriser les comportements citoyens plus écologiques vis-à-vis de la gestion des déchets dans les ménages ou dans la rue. 	
		Incinérer	<ol style="list-style-type: none"> 18. Incinération des déchets plastiques. 	
		Récupérer l'énergie	<ol style="list-style-type: none"> 19. Incinération des déchets plastiques avec cogénération d'énergie. 	
		Composter les bouteilles plastiques biodégradable	<ol style="list-style-type: none"> 20. Plastiques biodégradables (compostables) faits d'amidon qui répondent réellement aux normes de biodégradabilité et de compostabilité. 	
	Solutions au milieu	Mesures préventives	Restaurer l'écosystème (ex.: collecter et retirer les déchets plastiques dans la nature)	<ol style="list-style-type: none"> 21. Collecte des débris plastiques dans les océans, par exemple The Ocean Cleanup Project (Slat, 2014). 22. Nettoyage des plages. 23. Techniques d'interception dans les rivières avant que les déchets plastiques n'entrent dans l'océan ; systèmes de filtration dans les stations d'épurations des eaux usées ; etc.
			Mettre en place des mesures de santé publique	<ol style="list-style-type: none"> 24. Services médicaux pour soigner les effets sur la santé dus à la consommation de produits chimiques dans les produits plastiques (par exemple, le bisphénol-A et d'autres perturbateurs endocriniens).
	Aval	Solutions "end-of-pipe"	Mesures curative	<ol style="list-style-type: none"> 25. Achat de bouteilles en verre au lieu de bouteilles en plastique par les consommateurs, remplacer sa consommation de bouteilles en plastique d'eau minérale par la consommation de l'eau du robinet, etc.
			Mesures palliatives	

CONCLUSION

- Agissons au maximum en **amont** du problème plutôt qu'en **aval**.
- Concentrer les efforts sur 1 **solution unique en aval** ne sera **pas suffisant**.
- Il faut **combinaison de plusieurs stratégies** :

Stratégies en amont du problème (éviter, réduire): éducation, contrôler la corruption et les lobbies, repair cafés, interdire les plastiques à usage unique (bouteilles incluses), etc.

Stratégies au milieu (réutiliser, réparer, recycler): systèmes de consignes des bouteilles, recyclage, etc.

Stratégies en aval: nettoyage des océans et des plages, filtrer les estuaires, etc.

QUESTIONS À CREUSER

Effet marginal: variation de 1% de chaque facteur influençant la production annuelle de déchets plastiques en 2017 (Modèles 1 et 2)

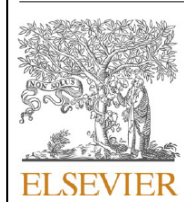
Facteur influençant	Variation du facteur dans tous les pays par rapport à sa valeur dans le scénario BAU	Impact mondial sur la production annuelle de déchets plastiques mal gérés	Impact mondial sur la production annuelle totale de déchets plastiques (gérés adéquatement et inadéquatement)
Nombre d'années d'études	+ 1%	- 0.97%	–
% population urbaine	- 1%	- 0.68%	- 0.77%
PIB par habitant	+ 1%	- 0.28%	+ 0.02%
Contrôle de la corruption	+ 1%	- 0.18%	–

Source: Cordier M., Uehara T., Baztan J., Jorgensen B., 2020. Plastic pollution and economic growth: the influence of corruption and the lack of education. Preprint ResearchGate, DOI: 10.13140/RG.2.2.23198.97601.

- Comment la **corruptions et l'influence des lobbies** prend forme sur le terrain?
- Nos modèles reposent sur des données de **rejets plastiques par les ménages**. Pourquoi la Banque mondiale ne publie pas de données sur les **déchets plastiques des industries**?
- Quels types de **pédagogie et de politique d'enseignement** développer pour réduire la pollution plastique?
- Réfléchissons aussi à d'autres solutions **non-technologiques** :
 - Comment organiser la vie sur le territoire (ex. : équilibre population urbaine-rurale)
 - Le sens de la croissance économique, de la croissance pour qui, pour quoi, comment?
 - Mettre en place une politique des déchets qui repense la consommation autrement

POUR PLUS D' INFORMATION...

Ecological Economics 182 (2021) 106930



Ecological Economics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecocon



Analysis

Plastic pollution and economic growth: The influence of corruption and lack of education

Mateo Cordier ^{a,b,c,*}, Takuro Uehara ^d, Juan Baztan ^{a,c}, Bethany Jorgensen ^{c,e}, Huijie Yan ^a



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800920322217>

Science of the Total Environment 670 (2019) 789–799



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



How much innovation is needed to protect the ocean from plastic contamination?

Mateo Cordier ^{a,b,*}, Takuro Uehara

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719312501>

Plastic pollution and economic growth: the influence of corruption and the lack of education


Preprint · May 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.23198.97601

READS
1400

ResearchGate

 Mateo Cordier
Université de Versailles Saint-Quentin

 Takuro Uehara
Ritsumeikan University

 Juan Baztan
Université de Versailles Saint-Quentin

 Bethany Jorgensen
Cornell University

https://www.researchgate.net/publication/341258750_Plastic_pollution_and_economic_growth_the_influence_of_corruption_and_the_lack_of_education