

# Incitations tarifaires et déforestation non-régulée dans le secteur de l'huile de palme indonésien

Valentin Guye, Sebastian Kraus

Namur, December 01, 2023

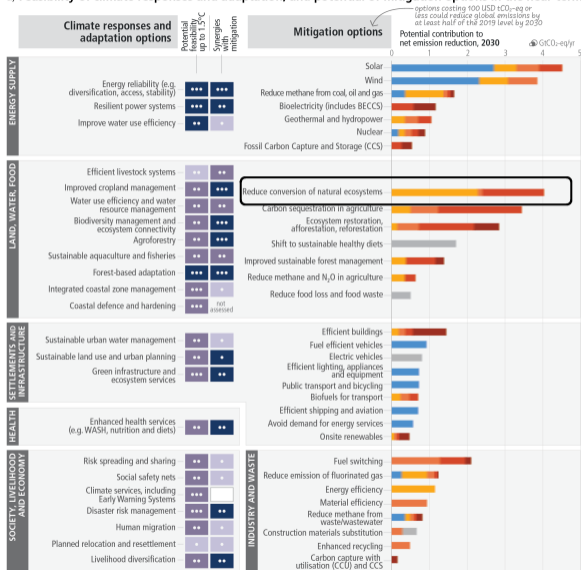


Nusantara Atlas

Conférence Forêt, Namur

# There are multiple opportunities for scaling up climate action

## a) Feasibility of climate responses and adaptation, and potential of mitigation options in the near-term



IPCC, 2023

Conversion des forêts indonésiennes en  
plantations de palmiers à huile  
= 1-4% **émissions GES totales** (2000-  
2010)

[Busch et al. 2015](#)



Conversion des forêts indonésiennes en plantations de palmiers à huile  
= 1-4% **émissions GES totales** (2000-2010)

[Busch et al. 2015](#)

Perturbe les **communautés indigènes, la biodiversité, la santé**

feux 2015  $\approx$  100k décès prématurés [Koplitz et al. 2016](#)

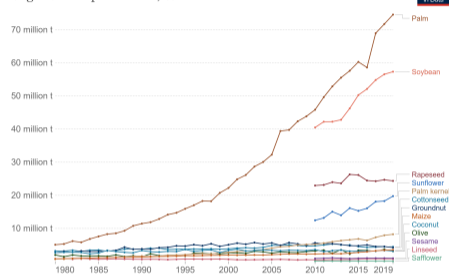


Demand x15 depuis 1980

→ alimentation, carburant, oléochimie;  
en UE, Inde, Chine

L'Indonésie fournit > 60%

Vegetable oil production, World



Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

OurWorldInData.org/food-supply - CC BY

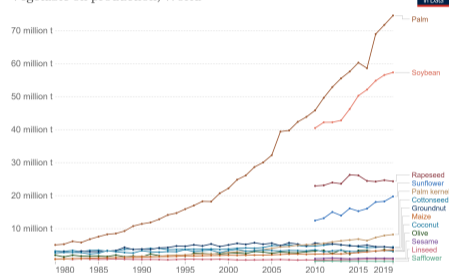


Demand x15 depuis 1980

→ alimentation, carburant, oléochimie;  
en UE, Inde, Chine

L'Indonésie fournit > 60%

Vegetable oil production, World



Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

OurWorldInData.org/food-supply • CC BY

⇒ **Forte connexion entre marchés internationaux et forêts indonésiennes**  
(biodiesel, disruption de l'offre en huiles végétales, restrictions d'importation, changements d'alimentation)

## Petites plantations & expansion illégale ⇒ compliquent la régulation en amont

Heilmayr et al. 2020, Groom et al. 2022

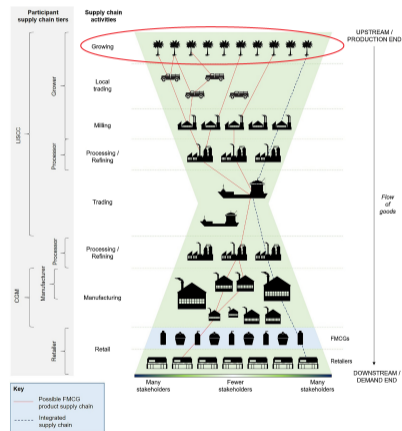
## Chaîne d'approvisionnement en forme de sablier ⇒ entrave les initiatives en aval

Lyons-White and Knight 2018, zu Ermgassen et al. 2022

## Les usines ("mills") d'huile de palme brute ont une position charnière: gouvernables & localement influentes

## ⇒ Point de levier d'une politique efficace

Pacheco et al. 2018, Heine et al. 2020



Lyons-White and Knight 2018

## Petites plantations & expansion illégale ⇒ compliquent la régulation en amont

Heilmayr et al. 2020, Groom et al. 2022

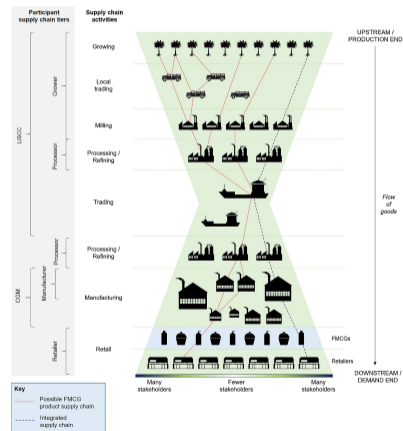
## Chaîne d'approvisionnement en forme de sablier ⇒ entrave les initiatives en aval

Lyons-White and Knight 2018, zu Ermgassen et al. 2022

Les usines ("mills") d'huile de palme brute ont une position charnière: gouvernables & localement influentes

⇒ Point de levier d'une politique efficace

Pacheco et al. 2018, Heine et al. 2020



Lyons-White and Knight 2018



## Petites plantations & expansion illégale

⇒ compliquent la régulation en amont

Heilmayr et al. 2020, Groom et al. 2022

## Chaîne d'approvisionnement en forme de sablier

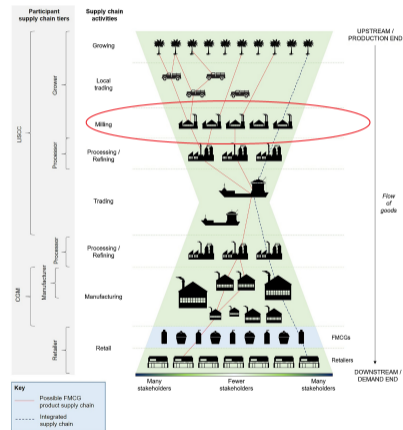
⇒ entrave les initiatives en aval

Lyons-White and Knight 2018, zu Ermgassen et al. 2022

Les usines ("mills") d'huile de palme brute ont une position charnière: gouvernables & localement influentes

⇒ Point de levier d'une politique efficace

Pacheco et al. 2018, Heine et al. 2020



Lyons-White and Knight 2018

### **La déforestation réagit-elle aux incitations tarifaires reçues par les usines?**

→ Conséquences environnementales des dynamiques de marché

→ Efficacité d'une taxe levée sur les usines pour ralentir la déforestation, notamment par les plantations non-régulées

### **La déforestation réagit-elle aux incitations tarifaires reçues par les usines?**

→ Conséquences environnementales des dynamiques de marché

→ Efficacité d'une taxe levée sur les usines pour ralentir la déforestation, notamment par les plantations non-régulées

Littérature:

La déforestation pour les plantations industrielles est **corrélée** avec les prix **internationaux**.

[Busch et al. 2015](#), [Cisneros et al. 2021](#), [Gaveau et al. 2018, 2021, 2022](#), [Hsiao 2022](#)

### La déforestation réagit-elle aux incitations tarifaires reçues par les usines?

→ Conséquences environnementales des dynamiques de marché

→ Efficacité d'une taxe levée sur les usines pour ralentir la déforestation, notamment par les plantations non-régulées

Littérature:

La déforestation pour les plantations industrielles est **corrélée** avec les prix **internationaux**.

[Busch et al. 2015](#), [Cisneros et al. 2021](#), [Gaveau et al. 2018, 2021, 2022](#), [Hsiao 2022](#)

Contribution:

1. Identifier la **réaction** aux prix **perçus par les usines**
2. y.c. de la déforestation pour les petites plantations et les plantations illégales

- Géolocalisation des données de recensement 1998-2015 pour  $\approx 600$  usines  
Par appariement spatial, triangulation de données tierces, cas par cas

10431 Industri Minyak Makan Kelapa Sawit  
(Crude Palm Oil) - *Manufacture of  
Crude Palm Oil*

A.E BROTHERS, CV

MINYAK KASAR KELAPA SAWIT (CPO)

39

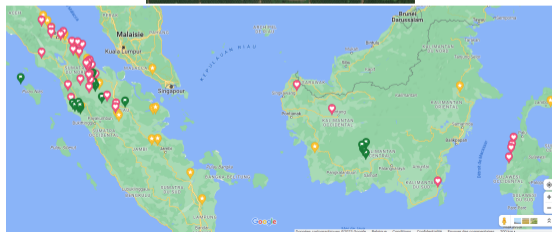
Jl. Parit 19 Teluk Kayu  
Kateman, Indragiri Hilir 29255  
Riau

ABDI BUDI MULIA, PT

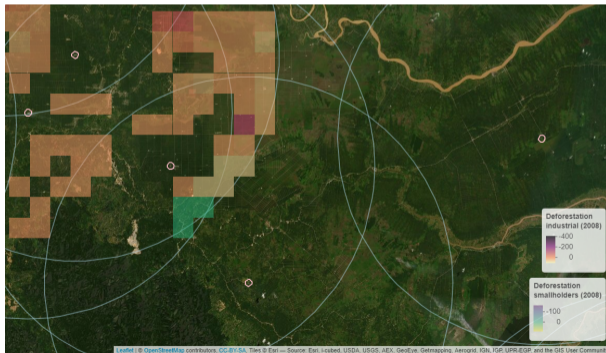
MINYAK KASAR KELAPA SAWIT (CPO)

135

Kampung Teluk Panji  
Kampung Rakyat, Labuhan Batu Selatan  
21463  
Sumatera Utara



- Géolocalisation des données de recensement 1998-2015 pour  $\approx 600$  usines
- **Signaux de prix** perçus aux sites de plantations potentielles  
= moy. des prix payés sur 4 ans par les usines atteignables, pondérée par leurs distances relatives  
c-à-d assez proches pour que les fruits soient acheminés sans s'abimer  $\approx 30$ -50km



- Géolocalisation des données de recensement 1998-2015 pour  $\approx 600$  usines
- **Signaux de prix** perçus aux sites de plantations potentielles
- **Déforestation**

### Superposition de données télé-détectées

1. Forêt primaire en 2000 [Margono et al. 2014](#)
2. Perte de couvert forestier annuelle [Hansen et al. 2013](#)
3. Petites plantations & plantations industrielles en 2014/15  
[Petersen et al. 2016](#) / [Austin et al. 2017](#)



- Géolocalisation des données de recensement 1998-2015 pour  $\approx 600$  usines
- **Signaux de prix** perçus aux sites de plantations potentielles
- **Déforestation**  
Petites plantations  $\iff$  informelles, non-intégrées, pouvoir d'expansion limité



- Géolocalisation des données de recensement 1998-2015 pour  $\approx 600$  usines
- **Signaux de prix** perçus aux sites de plantations potentielles
- **Déforestation**  
Petites plantations  $\iff$  informelles, non-intégrées, pouvoir d'expansion limité

Plantations illégales: en-dehors des concessions et à l'intérieur des zones désignées forêt permanente [Greenpeace 2011](#), [MoF 2019](#)

## Forme réduite

$$Deforestation_{idt} = \exp(\alpha \ln(Price_{idt}) + \beta X_{idt} + \lambda_{idt} + \gamma_{dt} + e_{idt}) \quad (1)$$

$\alpha$  = élasticité prix de la déforestation

## Forme réduite

$$Deforestation_{idt} = \exp(\alpha \ln(Price_{idt}) + \beta X_{idt} + \lambda_{idt} + \gamma_{dt} + e_{idt}) \quad (1)$$

$\alpha$  = élasticité prix de la déforestation

## Estimation

Poisson quasi-maximum likelihood pour modéliser le décompte de pixel-événements de déforestation (zero-inflated, pos. skewed)

## Forme réduite

$$\text{Deforestation}_{idt} = \exp(\alpha \ln(\text{Price}_{idt}) + \beta X_{idt} + \lambda_{idt} + \gamma_{dt} + e_{idt}) \quad (1)$$

$\alpha$  = élasticité prix de la déforestation

## Estimation

Poisson quasi-maximum likelihood pour modéliser le décompte de pixel-événements de déforestation (zero-inflated, pos. skewed)

## Inférence stat.

Cluster des erreurs type au niveau des ensembles d'usines atteignables communes  
→ autorise dépendance spacio-temporelle arbitraire au sein des marchés locaux

Pourquoi déduirait-on une réaction causale de la corrélation observée entre prix et déforestation?

Pourquoi déduirait-on une réaction causale de la corrélation observée entre prix et déforestation?

Les termes des transactions entre les usines et leurs clients sont dictés:

- par les raffineurs et commerçants du fait de leur pouvoir de marché
- par les motifs spéculatifs de ces opérateurs internationaux

→ Différences de prix perçus par les usines, déterminées en aval indépendamment des conditions et dynamiques en amont

Pourquoi déduirait-on une réaction causale de la corrélation observée entre prix et déforestation?

Les termes des transactions entre les usines et leurs clients sont dictés:

- par les raffineurs et commerçants du fait de leur pouvoir de marché
- par les motifs spéculatifs de ces opérateurs internationaux

→ Différences de prix perçus par les usines, déterminées en aval indépendamment des conditions et dynamiques en amont

Variation quasi-expérimentale, non observable, exploitée en l'isolant des autres sources de var.

## Méthode - Inférence causale

Pourquoi déduirait-on une réaction causale de la corrélation observée entre prix et déforestation?

Les termes des transactions entre les usines et leurs clients sont dictés:

- par les raffineurs et commerçants du fait de leur pouvoir de marché
- par les motifs spéculatifs de ces opérateurs internationaux

→ Différences de prix perçus par les usines, déterminées en aval indépendamment des conditions et dynamiques en amont

Variation quasi-expérimentale, non observable, exploitée en l'isolant des autres sources de var.

- Dynamiques des "Kabupaten" (départements)
- Conditions propres aux marchés locaux (usines atteignables communes)

$$Deforestation_{idt} = \exp(\alpha \ln(Price_{idt}) + \beta X_{idt} + \lambda_{idt} + \gamma_{dt} + e_{idt}) \quad (2)$$



Pourquoi déduirait-on une réaction causale de la corrélation observée entre prix et déforestation?

Les termes des transactions entre les usines et leurs clients sont dictés:

- par les raffineurs et commerçants du fait de leur pouvoir de marché
- par les motifs spéculatifs de ces opérateurs internationaux

→ Différences de prix perçus par les usines, déterminées en aval indépendamment des conditions et dynamiques en amont

Variation quasi-expérimentale, non observable, exploitée en l'isolant des autres sources de var.

- Dynamiques des "Kabupaten" (départements)
- Conditions propres aux marchés locaux (usines atteignables communes)

→ Comparaisons de sites appartenant au même marché local, ne différant que par leur distance relative à des usines confrontées à de  $\oplus$  ou  $\ominus$  bons prix pour le département une année donnée.

1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester

## 1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester

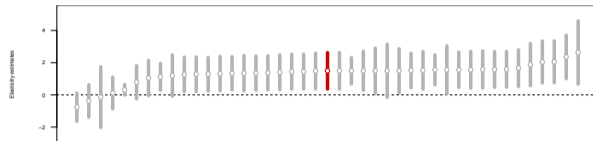
### Robustesse

Dynamiques d'influence des prix passés

Taille des marchés locaux

Caractéristiques des usines atteignables

Niveaux d'effets fixes et clusters



1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester

## Ampleur

Table: Effects estimés d'un changement de prix sur la déforestation annuelle

	+1 std. dev.	-1%	-19%
Relative change (%)	7.63	-1.49	-29
Total change (ha)	10137	-1978	-38522
Potential CO2 revenues (M\$)	-32.3	6.3	122.9

# Résultats

1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester
2. Y compris pour les petites plantations & pour les plantations industrielles illégales

**Table: Elasticité-prix de la déforestation pour différents types de plantations de palmier à huile**

	Industrial plantations			Smallholder plantations			All		
	Legal	Illegal	All	Legal	Illegal	All	Legal	Illegal	All
Estimate	0.53	5.3	1.79	1.32	1.79	1.37	0.33	3.09	1.5
95% CI	[-1.13; 2.19]	[2.19; 8.41]	[0.27; 3.31]	[-1.53; 4.17]	[0.62; 2.96]	[0.18; 2.57]	[-1.07; 1.73]	[1.43; 4.75]	[0.37; 2.62]
Observations	24131	17091	65368	5885	5704	20721	26079	20695	71926
Clusters	629	451	1143	203	276	529	738	640	1441

1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester
2. Y compris pour les petites plantations & pour les plantations industrielles illégal
3. La déforestation pour les petites plantations **décroit** avec les prix **payés par** les usines.

1. Les prix perçus par les usines constituent des incitations à déforester
2. Y compris pour les petites plantations & pour les plantations industrielles illégales
3. La déforestation pour les petites plantations **décroit** avec les prix **payés par** les usines.
  - Les petits exploitants compensent les baisses de prix à la marge extensive et réagissent aux augmentations à la marge intensive.
  - Mais les variations de prix reçus par les usines sont trop peu répercutées sur les prix payés aux petits exploitants pour que cela compense l'expansion des petites plantations décidée par les usines directement.

# Implications

1. Les prix percus par les usines constituent des incitations déforester

⇒ **Un nouveau cycle de déforestation peut advenir avec la hausse des prix**

(par ex. en réaction aux chocs d'offre d'huiles végétales ou au soutien au biodiesel)



International palm oil prices, 2011-2022(Source: International Monetary Fund, from fred.stlouisfed.org)



# Implications

1. Les prix percus par les usines constituent des incitations déforester

⇒ **Un nouveau cycle de déforestation peut advenir avec la hausse des prix**

2. Y compris pour les petites plantations & pour les plantations industrielles illégales

⇒ **Une taxe levée sur les usines peut effectivement contenir la déforestation, y compris là où les solutions réglementaires échouent.**

# Implications

1. Les prix percus par les usines constituent des incitations déforester  
⇒ **Un nouveau cycle de déforestation peut advenir avec la hausse des prix**
2. Y compris pour les petites plantations & pour les plantations industrielles illégal  
⇒ **Une taxe levée sur les usines peut effectivement contenir la déforestation, y compris là où les solutions réglementaires échouent.**
3. La déforestation pour les petites plantations *décroit* avec les prix *payés par* les usines.  
⇒ **Elle serait d'autant plus efficace – et juste – si les prix payés aux petits exploitants en étaient protégés.**

# Terima kasih!



© Rod Wilson

Descriptive stats - mills

Descriptive stats - deforestation

Descriptive stats - plantations

Descriptive stats - control vars

Immediate/transitional

Integrated/independent

Short run price signal

# Descriptive statistics - IBS

## Descriptive statistics of palm oil mills in the Indonesian manufacturing census

	Geo-localized IBS palm oil mills n = 587 mills			All IBS palm oil mills n = 930 mills			t-test	KS test
	mean	std.dev.	median [min; max]	mean	std.dev.	median [min; max]	p-value	p-value
First year in IBS	1999	8.19	2001 [1975; 2015]	2000	8.78	2002 [1975; 2015]	0.000	0.000
FFB farm gate price (USD/ton)	124.7	35.69	127.4 [16.84; 241.5]	123.3	35.73	125.8 [16.84; 242.2]	0.108	0.274
FFB input (ton)	149047	115114	133193 [0; 1035319]	148035	114416	132552 [0; 1035319]	0.692	1.000
CPO farm gate price (USD/ton)	684.9	172.5	706.8 [170.1; 1191]	679.8	173.4	700.8 [170.1; 1191]	0.192	0.287
CPO output (ton)	36082	24384	32902 [0.64; 179142]	35795	24363	32389 [0.64; 179142]	0.587	0.999
PKO farm gate price (USD/ton)	399.9	140	389.4 [12.53; 827]	398.4	139.8	386 [12.53; 832.9]	0.676	1.000
PKO output (ton)	8441	8918	6917 [0.11; 96775]	8368	8861	6846 [0.11; 96775]	0.724	1.000
CPO export share (%)	16.85	33.37	0 [0; 100]	15.75	32.55	0 [0; 100]	0.072	0.375
Central government ownership (%)	15.39	35.48	0 [0; 100]	14.64	34.76	0 [0; 100]	0.227	0.961
Local government ownership (%)	2.25	14.65	0 [0; 100]	2.1	14.17	0 [0; 100]	0.562	1.000
National private ownership (%)	65.75	46.02	100 [0; 100]	66.76	45.7	100 [0; 100]	0.214	0.831
Foreign ownership (%)	16.62	34.89	0 [0; 100]	16.51	34.88	0 [0; 100]	0.862	1.000

*NOTE.* This table reports summary statistics for set of variables from the Indonesian manufacturing census (IBS), at the palm oil mill level, annually in 1998-2015. The sample of geo-localized IBS palm oil mills is a sub-sample of all IBS palm oil mills. IBS palm oil mills are identified here as IBS plants that report crude palm oil (CPO) or palm kernel oil (PKO) outputs, or fresh fruit bunches (FFB) inputs at least one year, and are not in Java nor Bali islands. Farm gate prices are measured with mean unitary values (the ratios of value on quantity). USD is 2010-constant. We report p-values of Welch two-sided t-tests where the null hypothesis is that the true difference in means between the two groups is null, and the groups' variances are not assumed to be equal; and p-values of Kolmogorov-Smirnov tests where the null hypothesis is that the variables in the two groups are drawn from the same continuous distribution.

# Descriptive statistics - deforestation

Deforestation accumulated over 2002-2014, in kha.

	Sample	30km from sample mill	50km from sample mill	Total
Sumatra	220.29	564.55	702.02	801.40
Kalimantan	150.32	321.92	565.81	1015.62
Both	370.62	886.47	1267.83	1817.02

[back to main](#)

# Descriptive statistics - plantations

## Estimation sample - descriptive statistics

	Without missing values			With missing values			t test	KS test
	mean	std.dev.	median [min; max]	mean	std.dev.	median [min; max]	p-value	p-value
	# grid cells = 4757 # grid cell-year = 31721			# grid cells = 8309 # grid cell-year = 87004				
Deforestation (ha)	11.71	43.72	0.08 [0; 847.5]	12.8	47.7	0 [0; 903.1]	0.000	0.000
Price signal (\$/tCPO)	681.4	91.27	686.8 [349.8; 926.4]	681	90.79	685.1 [349.8; 926.4]	0.587	0.458
Public ownership (%)	14.71	23.71	0 [0; 100]	9.9	22.37	0 [0; 100]	0.000	0.000
Domestic private ownership (%)	69.98	28.39	75.81 [0; 100]	72.03	33.2	85.4 [0; 100]	0.000	0.000
Foreign ownership (%)	15.3	21.38	5.11 [0; 100]	18.07	28.56	0 [0; 100]	0.000	0.000
# reachable mills	9.45	5.51	8 [1; 37]	7.2	4.97	6 [1; 37]	0.000	0.000

[back to main](#)

# Descriptive statistics - control coefficients

## Price elasticity and partial effects of control variables on deforestation across Indonesian oil palm sectors

	Industrial plantations			Smallholder plantations			All		
	Legal	Illegal	All	Legal	Illegal	All	Legal	Illegal	All
<b>Price elasticity</b>									
Estimate	0.51	5.18	2.11	0.14	2.09	1.53	0.2	3.03	<b>1.64</b>
95% CI	[-1.21; 2.23]	[1.98; 8.38]	[0.59; 3.63]	[-2.13; 2.42]	[0.66; 3.52]	[0.22; 2.84]	[-1.24; 1.64]	[1.33; 4.73]	<b>[0.49; 2.78]</b>
<b>Partial effects of:</b>									
<b>Domestic private mill ownership</b>									
Estimate	0.44	-0.86	-0.38	-1.21	0.36	0.57	0.32	-0.13	<b>-0.05</b>
95% CI	[-1.19; 2.08]	[-3.11; 1.38]	[-1.47; 0.71]	[-2.88; 0.46]	[-1.44; 2.15]	[-0.26; 1.41]	[-1.02; 1.66]	[-1.4; 1.15]	<b>[-0.92; 0.82]</b>
<b>Foreign mill ownership</b>									
Estimate	0.1	-2.32	-1.32	-2.78	-0.23	-0.4	0.02	-1.77	<b>-1.06</b>
95% CI	[-1.87; 2.08]	[-5.63; 0.99]	[-2.81; 0.17]	[-5.29; -0.26]	[-3.07; 2.6]	[-2.19; 1.38]	[-1.67; 1.72]	[-3.67; 0.13]	<b>[-2.25; 0.13]</b>
<b># reachable mills</b>									
Estimate	-7.18	22.5	-5.44	-0.72	0.47	-2.73	-8.34	7.43	<b>-5.94</b>
95% CI	[-22.45; 8.09]	[-2.55; 47.55]	[-16.81; 5.93]	[-14.42; 12.99]	[-15.35; 16.3]	[-11.96; 6.51]	[-20.6; 3.91]	[-4.92; 19.78]	<b>[-13.92; 2.05]</b>
Observations	13081	4951	25249	2971	3412	8611	15139	7848	<b>31650</b>
Clusters	635	443	1141	208	270	527	749	628	<b>1439</b>

[back to main](#)

# Immediate/transitional deforestation

Price elasticities of immediate and transitional deforestation in Indonesian industrial plantations

	Immediate conversion			Transitional conversion		
	Legal	Illegal	All	Legal	Illegal	All
Estimate	1.23	6.61	2.7	-0.34	6.92	1.95
95% CI	[-0.9; 3.36]	[2.16; 11.06]	[0.79; 4.61]	[-3.15; 2.47]	[2.87; 10.97]	[-0.37; 4.26]
Observations	11308	3959	21629	5945	2185	11704
Clusters	589	403	1051	453	296	815

[back to main](#)



# FFB price elasticity

Palm fruit and crude palm oil price elasticities of deforestation across Indonesian oil palm plantations

	Industrial plantations		Smallholder plantations		All plantations	
<b>FFB price signal</b>						
Estimate	1.82	2.95	-1.97	-1.43	1.28	2.07
95% CI	[0.43; 3.2]	[0.8; 5.1]	[-3.41; -0.53]	[-2.67; -0.18]	[0.18; 2.37]	[0.66; 3.48]
<b>CPO price signal</b>						
Estimate		0.86		1.44		0.93
95% CI		[-1.49; 3.2]		[-0.15; 3.04]		[-0.65; 2.52]
<b>Interaction</b>						
Estimate		0.14		0.04		0.09
95% CI		[0.04; 0.25]		[-0.04; 0.12]		[0.02; 0.15]
Observations	22903	17918	8250	7087	29070	23185
Clusters	1036	987	500	483	1331	1276

## Additional assumptions

Smallholder plantations have no market power

[back to main](#)

# Short run price signal

## Short-run and medium-run price elasticities of deforestation across Indonesian oil palm plantations

	Industrial plantations		Smallholder plantations		All plantations	
<b>Short-run price signal</b>						
Estimate	0.34	1.11	0.19	0.463	0.31	0.826
95% CI	[-0.06; 0.73]	[0.613; 1.607]	[-0.26; 0.64]	[-0.128; 1.055]	[-0.02; 0.64]	[0.43; 1.222]
<b>Medium-run price signal</b>						
Estimate		0.96		1.23		0.888
95% CI		[-0.286; 2.206]		[0.245; 2.215]		[-0.036; 1.811]
<b>Interaction</b>						
Estimate		0.03		0.042		0.029
95% CI		[0.001; 0.059]		[0.003; 0.08]		[0.003; 0.05]
Observations	53173	25249	15118	8611	64302	31650
Clusters	1430	1141	659	527	1779	1439

NOTE. This table shows our estimates of the short- and medium-run price elasticity of deforestation. They are to be interpreted as points of percentage change in average deforestation associated with a 1% increase in price signals. The short-run price signal is measured as the inverse-distance weighted average of crude palm oil prices at the gates of reachable mills. The medium-run price signal is the 4-year average of short-run price signals. The last block of rows shows estimates of the partial effects of the interaction of both, evaluated at the sample mean. Deforestation is measured as primary forest loss eventually replaced with oil palm plantations. We differentiate industrial from smallholder plantations based on scale and landscape criteria austin2017, petersen2016. We identify illegal deforestation as occurring outside a known oil palm concession and inside a permanent forest zone designation. There are places where not enough information is available to designate the legal status. All estimates are derived from a generalized linear model of the quasi-Poisson family. All regressions include unit and district-year fixed effects, as well as ownership shares and the annual count of