L’IA pour la finance climat



École d’été ClimateChangeAI

Malte Toetzke, 11 août 2026
Université technique de Munich
Institut Max Planck pour l’innovation et la concurrence

MAX PLANCK GESELLSCHAFT

À quoi s’attendre dans ce cours

Ce que ce cours n’est pas

- Une introduction complète à la finance climat
- Un panorama détaillé des instruments financiers (p. ex. obligations vertes, financement de projets)
- Une plongée dans des méthodes précises d’IA ou d’apprentissage automatique

Ce que vous allez apprendre

À la fin de ce cours, vous devriez être en mesure de :

- Comprendre pourquoi la finance est essentielle à l’atténuation et à l’adaptation
- Comprendre comment l’IA peut éclairer les politiques financières et les décisions d’investissement
- Comprendre les risques et les limites des applications de l’IA en finance

Objectif principal

Vous donner envie de développer vos propres applications d’IA face aux défis réels de la finance climat

Scannez pour voter

Code **3214 6094**

« L’action climatique est fondamentalement un problème d’allocation du capital »

D’accord

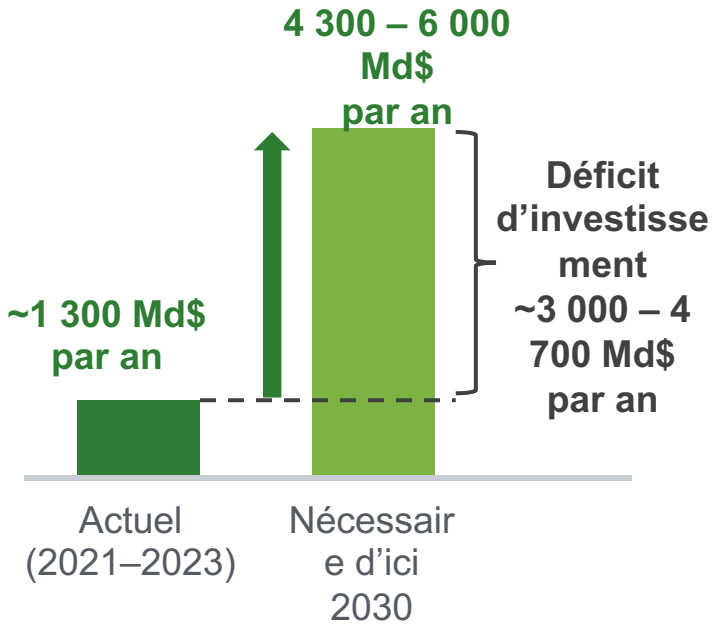
Pas sûr

Pas d’accord

La finance climat coûte cher, mais l’inaction coûte bien plus

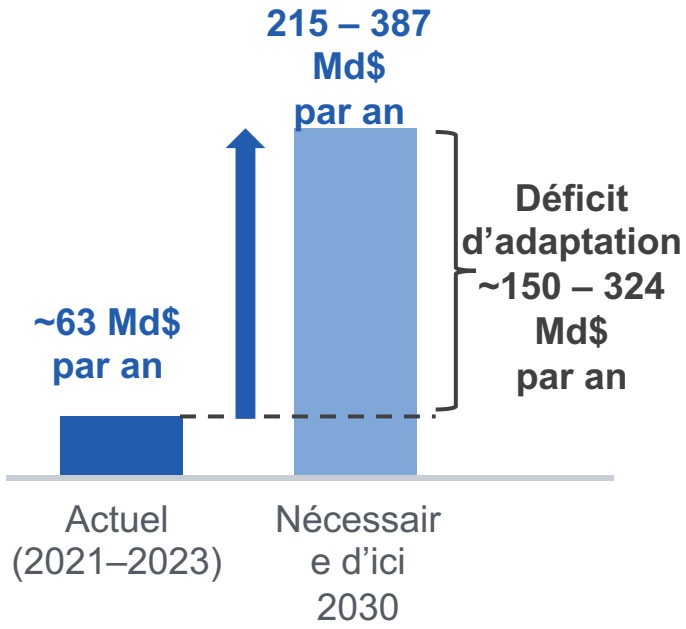
ATTÉNUATION

Financement mondial de l’atténuation



ADAPTATION

Financement mondial de l’adaptation



Nous faisons face à un **déficit de financement de plusieurs milliers de milliards de dollars**

Atténuation et adaptation nécessitent **4 à 6 fois plus de financement** que les flux actuels

Cependant…

Les investissements nécessaires sont estimés **5 fois inférieurs** aux **dommages financiers du statu quo**

Sources : Climate Policy Initiative (2024), Global Landscape of Climate Finance 2024 ; PNUE (2023), Adaptation Gap Report (2023) ; GIEC AR6 GTIII (2022), chap. 15.

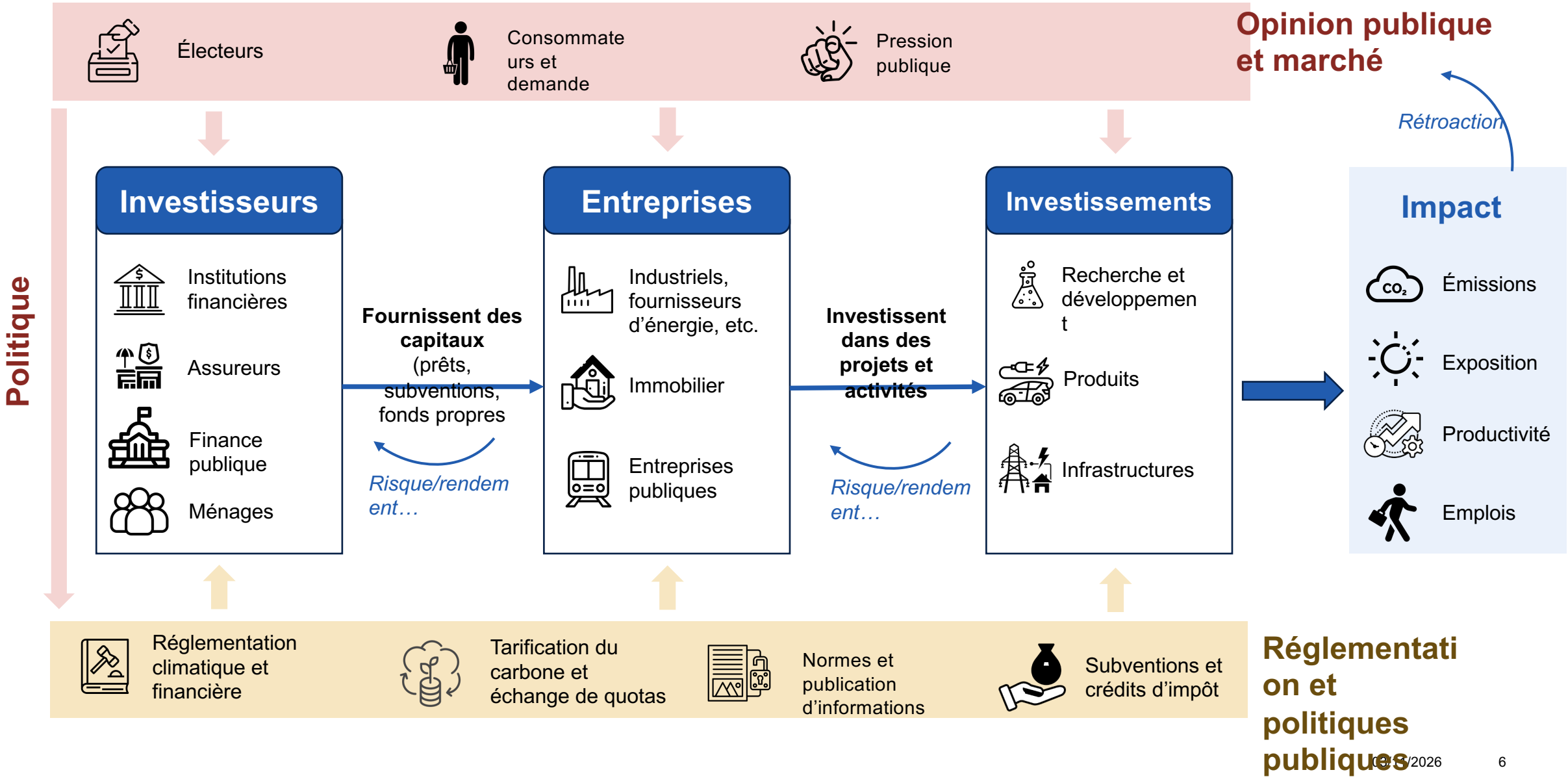
Scannez pour voter

Code **3214 6094**

Quel est le moteur le plus important de l’action climatique ?

- La réglementation
- Le comportement des consommateurs
- L’allocation financière
- L’innovation

Une vision simplifiée : les transformations exigent des investissements, les investissements exigent des incitations



La finance climat exige de l'information et de la transparence, … et c'est là que l'IA peut aider

Figure 1.4: Data coverage in Global Landscape, 2022



Note: In addition to the sectors listed above, the 'Information Communications and Technology' and 'Unknown' sectors made up USD 3.5bn of finance in 2022. The untracked private adaptation values (for consumer and household finance) are estimates from CPI's 'Tracking and Mobilizing Private Sector Climate Adaptation Finance' report

Source: Climate Policy Initiative

Finance climat internationale :
Où vont les financements d'atténuation et d'adaptation ?

Marchés financiers :
Où sont les risques et opportunités d'investissement liés au climat ?

Innovation climatique :
Comment la finance peut-elle accélérer efficacement les solutions climatiques ?

Cas d’usage de l’IA en finance climat



Extraction d’information

Extraire des informations financières pertinentes de sources de données non structurées

Exemples de tâches

- *Extraire des informations des rapports d’entreprise et des publications financières*
- *Identifier les zones touchées par des phénomènes météo extrêmes sur images satellitaires*

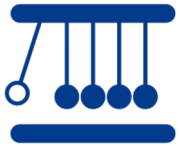


Prédiction

Prédire des événements ou des quantités futurs en situation d’incertitude

Exemples de tâches

- *Prédire les risques financiers (p. ex. risques physiques, de marché, réglementaires)*
- *Prédire les prix du carbone*



Modélisation causale

Estimer les effets des décisions d’investissement et des interventions

Exemples de tâches

- *Estimer les effets des politiques et interventions publiques sur les investissements*
- *Évaluer l’efficacité des stratégies d’adaptation*

En 1 à 3 mots : le cas d’usage le plus prometteur de l’IA en finance climat ?

Prédire les prix du carbone

Évaluer des start-up

Scannez pour voter

Code **3214 6094**

Approfondissement

Finance climat internationale :
Où vont les financements d’atténuation et d’adaptation ?

Marchés financiers :
Où sont les risques et opportunités d’investissement liés au climat ?

Innovation climatique :
Comment la finance peut-elle accélérer efficacement les solutions climatiques ?



Approfondissement

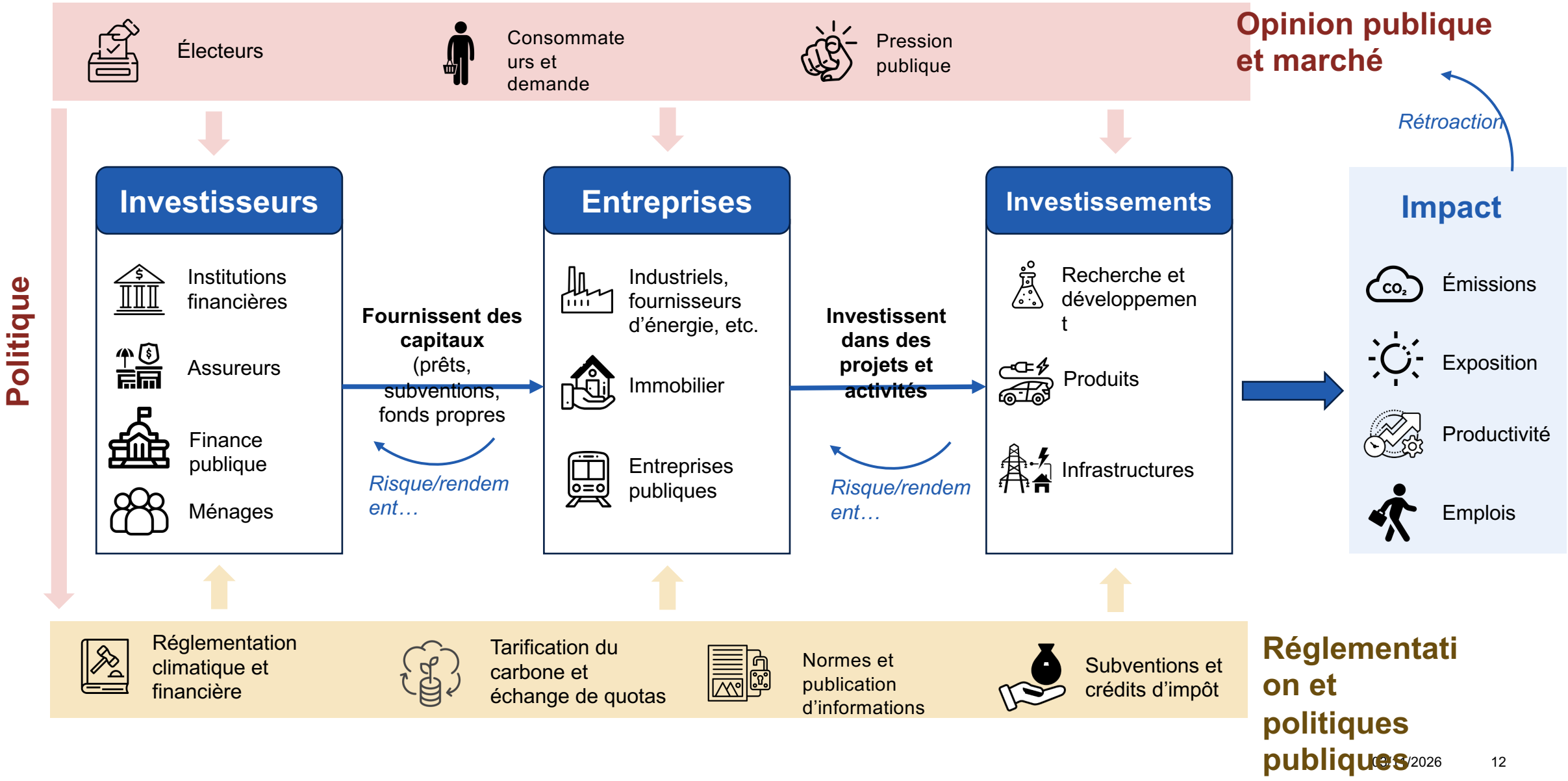
Finance climat internationale :
Où vont les financements d’atténuation et d’adaptation ?

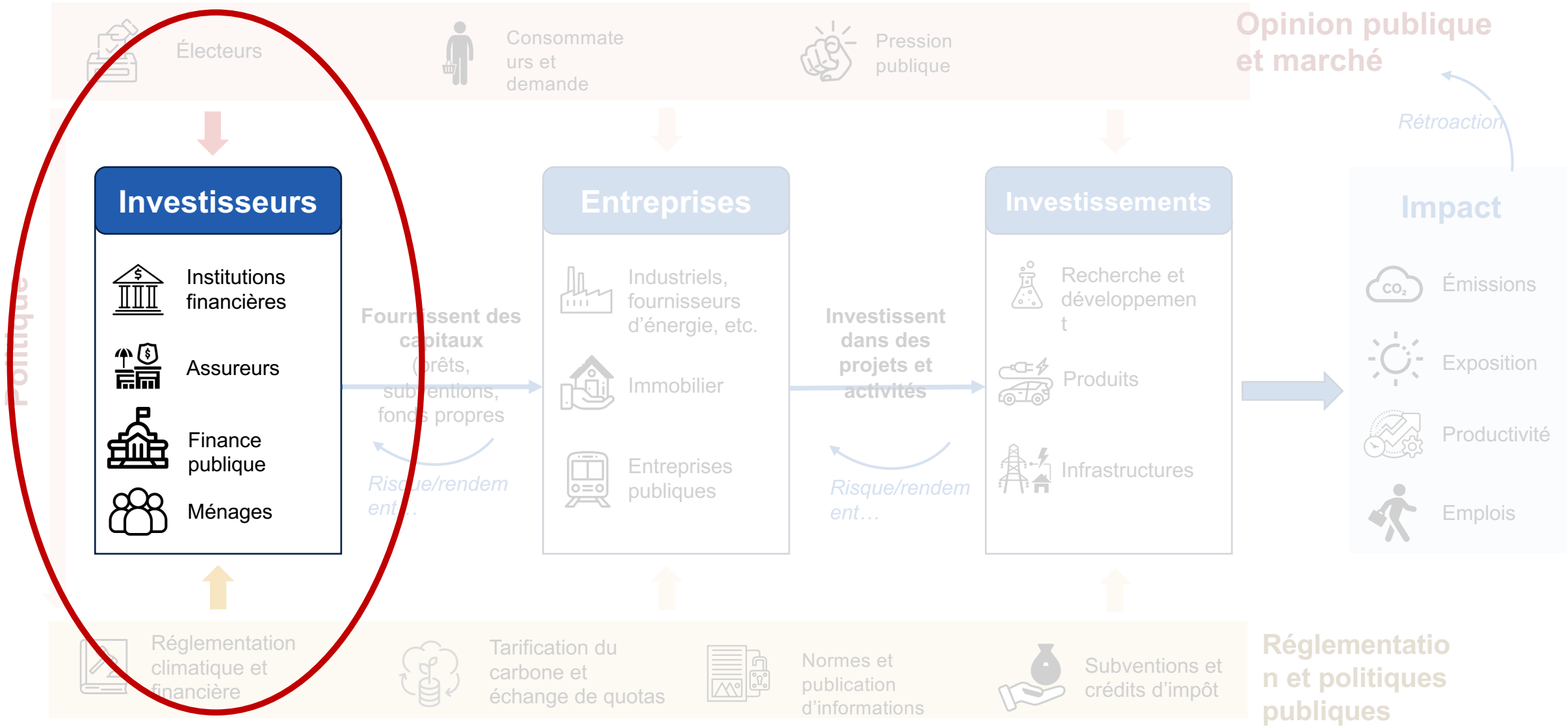
Marchés financiers :
Où sont les risques et opportunités d’investissement liés au climat ?

Innovation climatique :
Comment la finance peut-elle accélérer efficacement les solutions climatiques ?



Une vision simplifiée : les transformations exigent des investissements, les investissements exigent des incitations

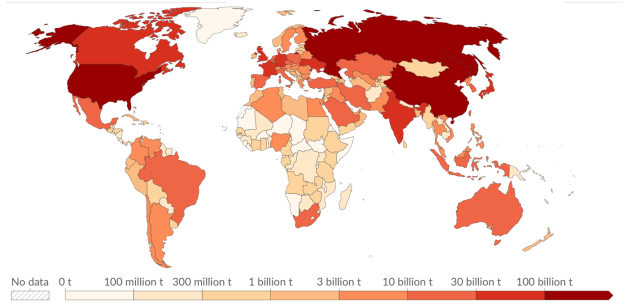



Électeurs
Consommateurs et demande
Pression publique
Opinion publique et marché
Rétroaction
Politique
Investisseurs
Institutions financières
Assureurs
Finance publique
Ménages
Fournissent des capitaux
(prêts, subventions, fonds propres
Risque/rendement…
Entreprises
Industriels, fournisseurs d'énergie, etc.
Immobilier
Entreprises publiques
Investissent dans des projets et activités
Risque/rendement…
Investissements
Recherche et développement
Produits
Infrastructures
Impact
Émissions
Exposition
Productivité
Emplois
Réglementation climatique et financière
Tarification du carbone et échange de quotas
Normes et publication d'informations
Subventions et crédits d'impôt
Réglementation et politiques publiques

Pourquoi la finance climat internationale est importante

Responsabilité (historique)

Qui a émis le CO2 présent dans l'atmosphère ?

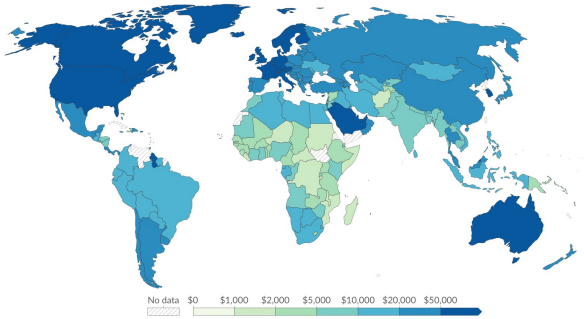


Émissions cumulées historiques de CO_2 (1750–2024)

https://ourworldindata.org/co2-emissions-metrics

Capacité (de payer)

Qui peut se permettre de payer l'action climatique ?

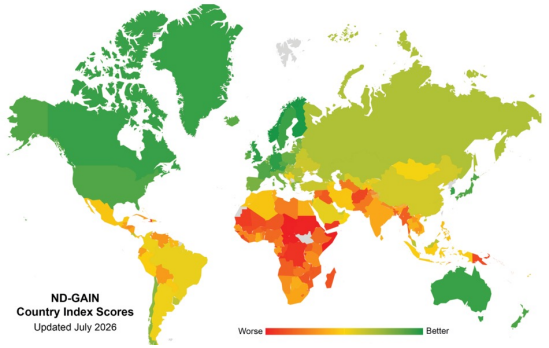


PIB par habitant (2024)

https://ourworldindata.org/grapher/gdp-per-capita-worldbank

Vulnérabilité

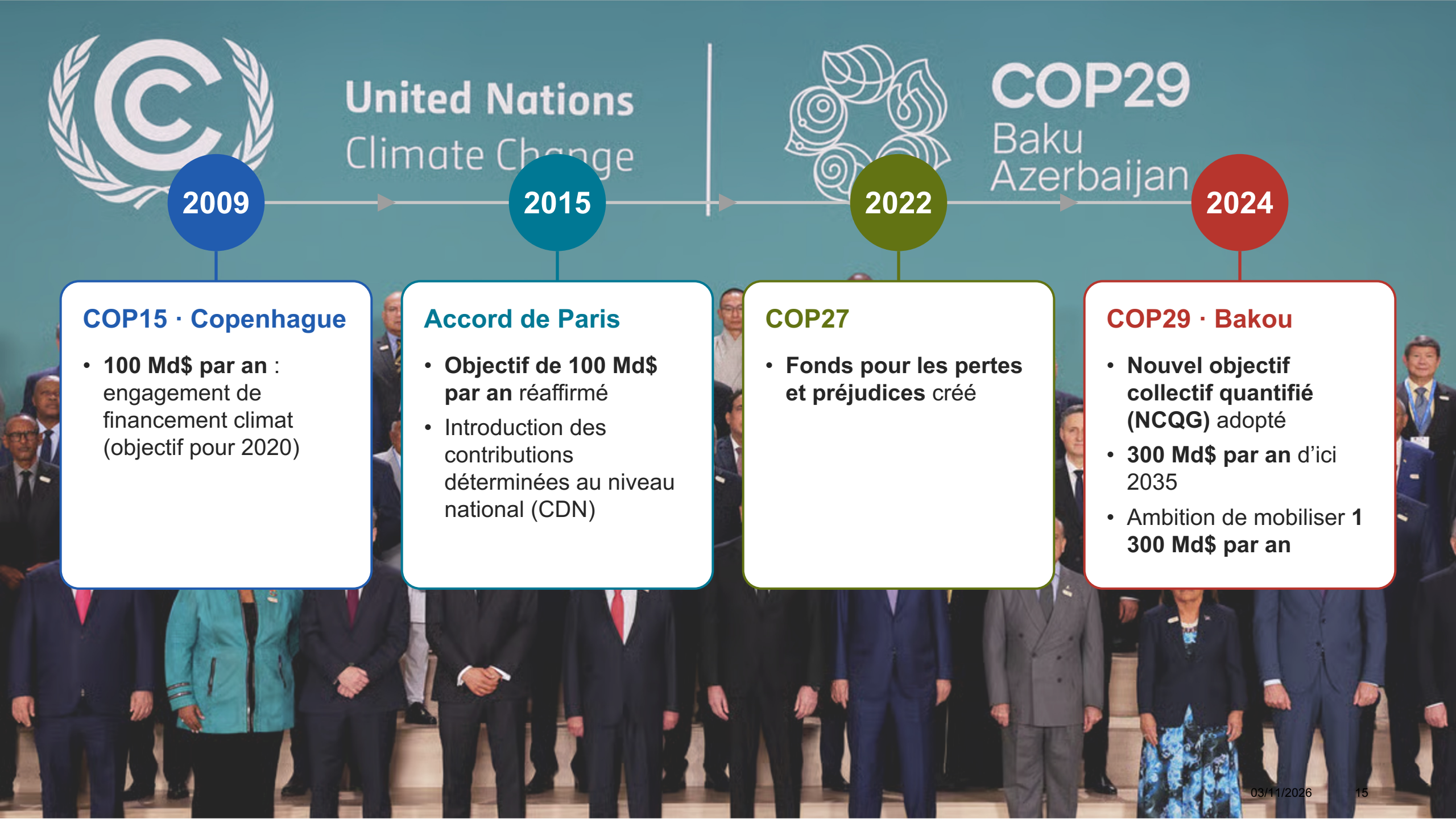
Qui est le plus vulnérable aux impacts climatiques ?



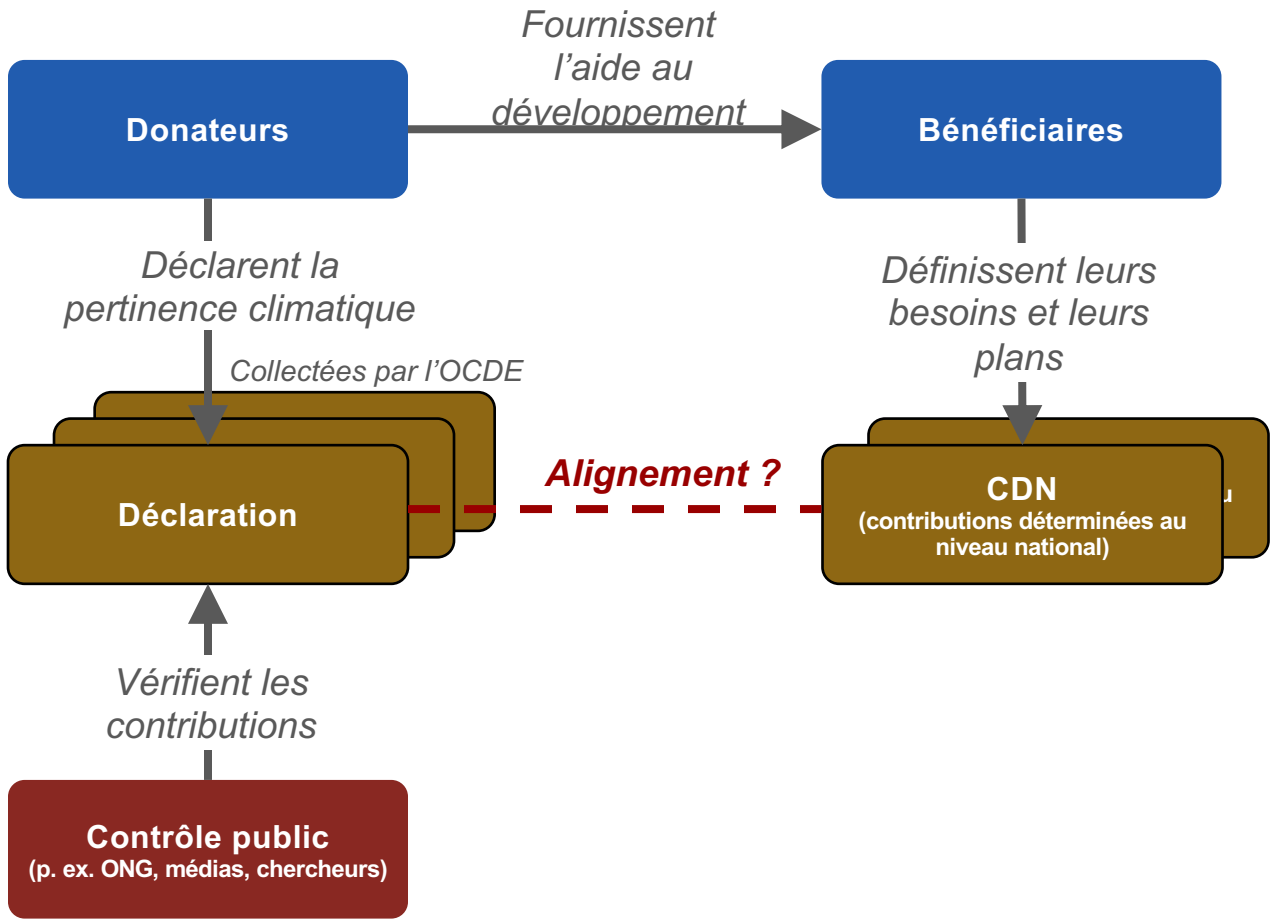
Scores de l'indice pays ND-GAIN (2026)

https://gain.nd.edu/our-work/country-index/

La finance climat internationale vise à transférer des **ressources financières** des pays ayant une plus grande **responsabilité** et **capacité** vers les pays ayant une plus grande **vulnérabilité**


United Nations
Climate Change
COP29
Baku
Azerbaijan
2009
2015
2022
2024
COP15 · Copenhague
• 100 Md$ par an : engagement de financement climat (objectif pour 2020)
Accord de Paris
• Objectif de 100 Md$ par an réaffirmé
• Introduction des contributions déterminées au niveau national (CDN)
COP27
• Fonds pour les pertes et préjudices créé
COP29 · Bakou
• Nouvel objectif collectif quantifié (NCQG) adopté
• 300 Md$ par an d'ici 2035
• Ambition de mobiliser 1 300 Md$ par an

Comment les progrès de la finance climat sont-ils suivis et vérifiés au regard des besoins et des engagements ?



Cohérence

Qu'est-ce qui compte comme finance climat ?

Déclarations individuelles des donateurs

Granularité

Quelles activités sont financées ?

Peu de détails sur les activités et les objectifs

Vérification

Les chiffres déclarés sont-ils exacts ?

Des millions de déclarations à vérifier

Toetzke et al (2022)

La finance climat internationale déclarée est fortement contestée

Are reports of climate adaptation finance being exaggerated?

Journalism from the Thomson Reuters Foundation

https://www.context.news/climate-justice/are-reports-of-climate-adaptation-finance-being-exaggerated?

Rich countries overstating "true value" of climate finance by up to $88 billion, says Oxfam

OXFAM

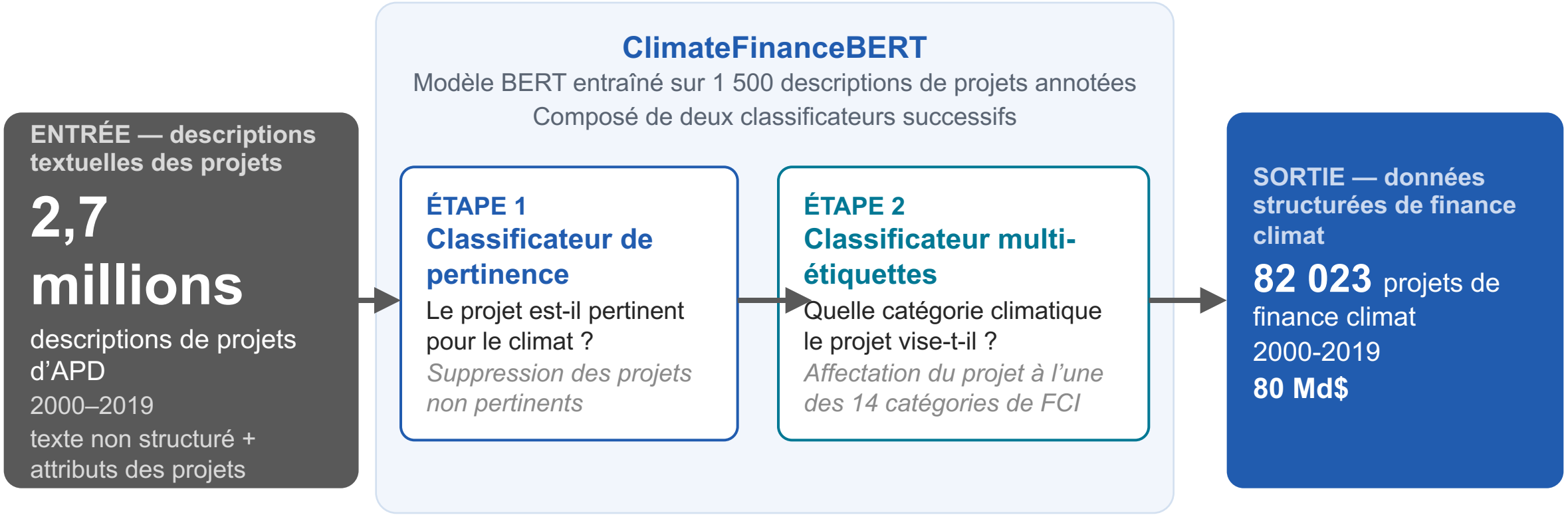
https://www.oxfam.org.uk/media/press-releases/rich-countries-overstating-true-value-of-climate-finance-by-up-to-88-billion-says-oxfam

But tracking what really counts under the banner of climate finance has long been fraught - with some experts dubbing it a "wild west" of vague definitions, questionable projects and inflated accounting.

The Guardian

https://www.theguardian.com/global-development/2025/nov/14/what-exactly-is-climate-finance-who-pays-it-and-who-gets-it?

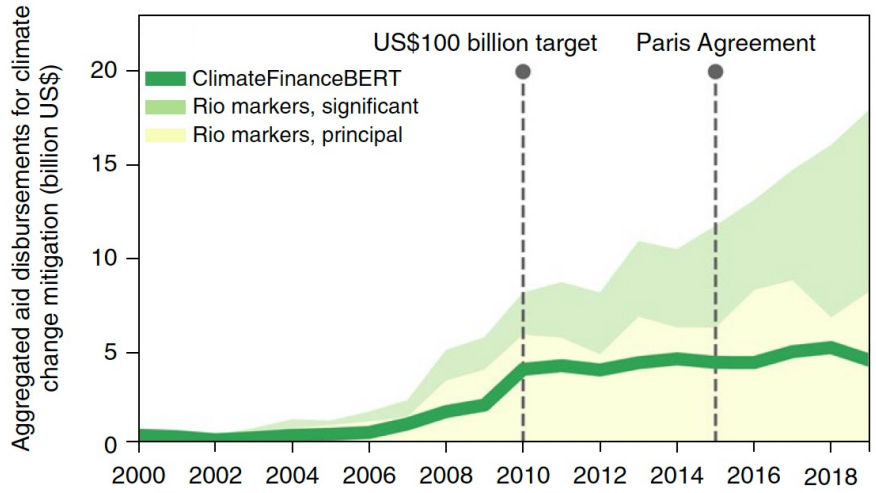
Nous avons entraîné un modèle supervisé pour classer de façon indépendante la pertinence climatique des projets d'aide au développement



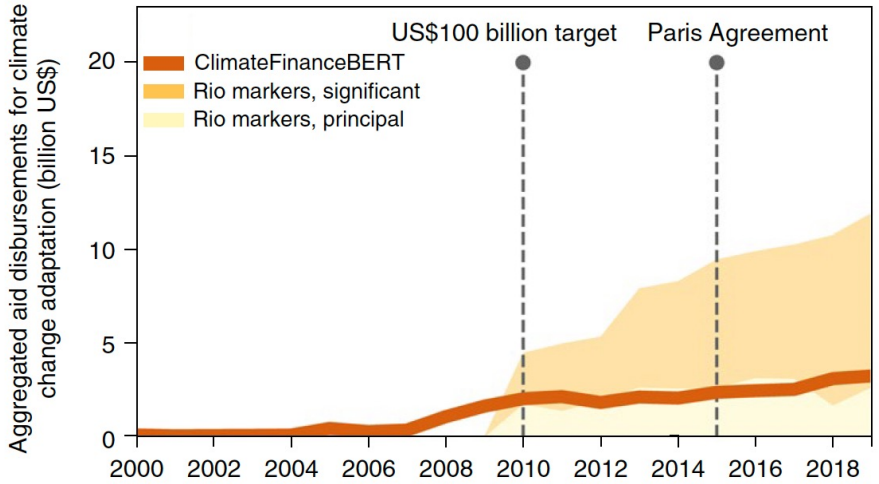
Toetzke et al (2022)

Nos résultats montrent des écarts importants par rapport aux chiffres déclarés

Financement de l'atténuation



Financement de l'adaptation



Toetzke et al (2022)

Nettement inférieur aux déclarations

La finance climat bilatérale est **21 % en dessous** des marqueurs de Rio « principal » et **64 % en dessous** des marqueurs « principal + significatif ».

Des déclarations incohérentes

Signes à la fois de **surdéclaration** et de **sous-déclaration**, variables **entre** donateurs, mais aussi **au sein des donateurs**

L'engagement de 100 Md$ est remis en question

Des volumes plus faibles soulignent le vrai défi : définir de façon cohérente ce qui compte réellement comme finance climat (avant de s'engager sur des chiffres)

Contribution, limites et travaux futurs

Contribution principale

- **Outil de vérification :** une réévaluation indépendante et reproductible de la finance climat déclarée
- **Référence cohérente :** une classification cohérente de 2,7 millions de projets d'APD déclarés par différents donateurs (2000–2019)

Limites

- **Sensible aux mots-clés :** le modèle BERT est sensible aux mots-clés de la description du projet
- **Contexte limité :** le modèle omet un contexte pertinent (p. ex. la vulnérabilité du pays pour l'adaptation)
- **Vision unidimensionnelle :** la classification porte sur les thèmes, pas sur la mise en œuvre ni les instruments (p. ex. réglementation vs éducation vs projets)

Travaux futurs

- **Intégrer le contexte :** inclure la vulnérabilité des pays pour évaluer la finance d'adaptation
- **Aller au-delà des thèmes :** classer les instruments utilisés (construction d'infrastructures, renforcement des capacités, etc.)
- **Relier à d'autres sources :** comparer la finance climat fournie aux besoins des bénéficiaires exprimés dans les CDN

En 1 à 3 mots : quelles autres idées avez-vous pour l'IA dans la finance climat internationale ?

Scannez pour voter

Code **3214 6094**

XXX

XXX

Pause de 5 minutes

Approfondissement

Finance climat internationale :
Où vont les financements d’atténuation et d’adaptation ?

Marchés financiers :
Où sont les risques et opportunités d’investissement liés au climat ?

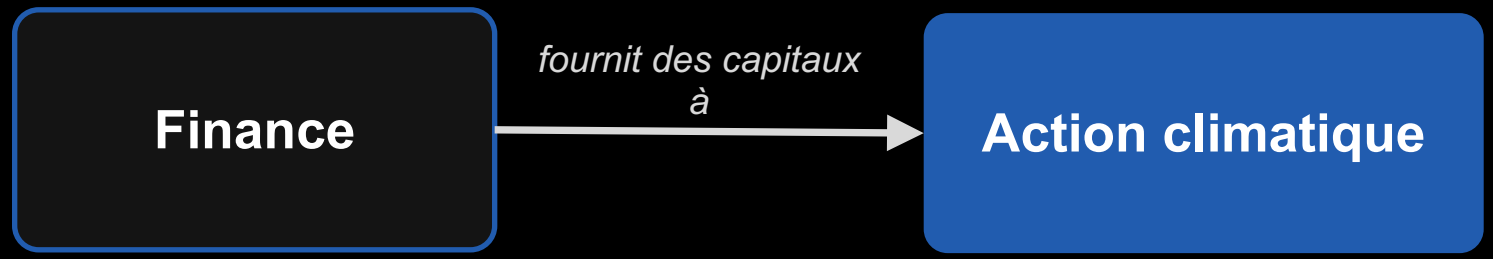
Innovation climatique :
Comment la finance peut-elle accélérer efficacement les solutions climatiques ?



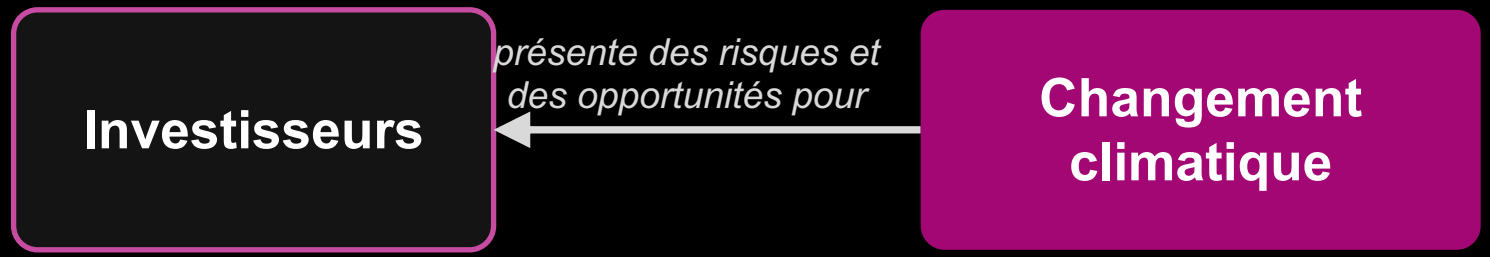
Changeons de perspective

De la façon dont la finance façonne l'action climatique à la façon dont le changement climatique affecte les investissements

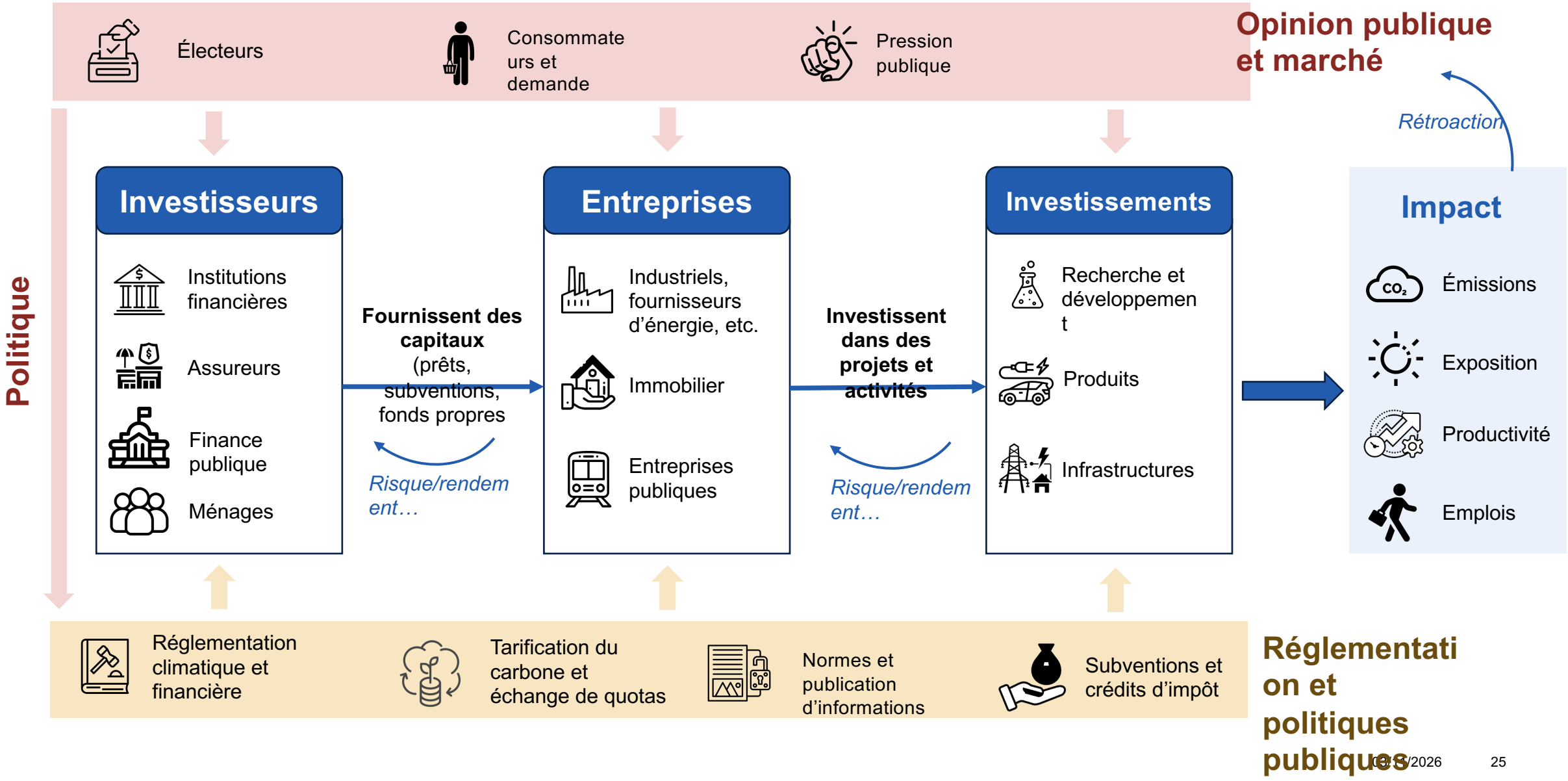
1 - Le prisme de la finance
Comment la finance soutient l'action climatique

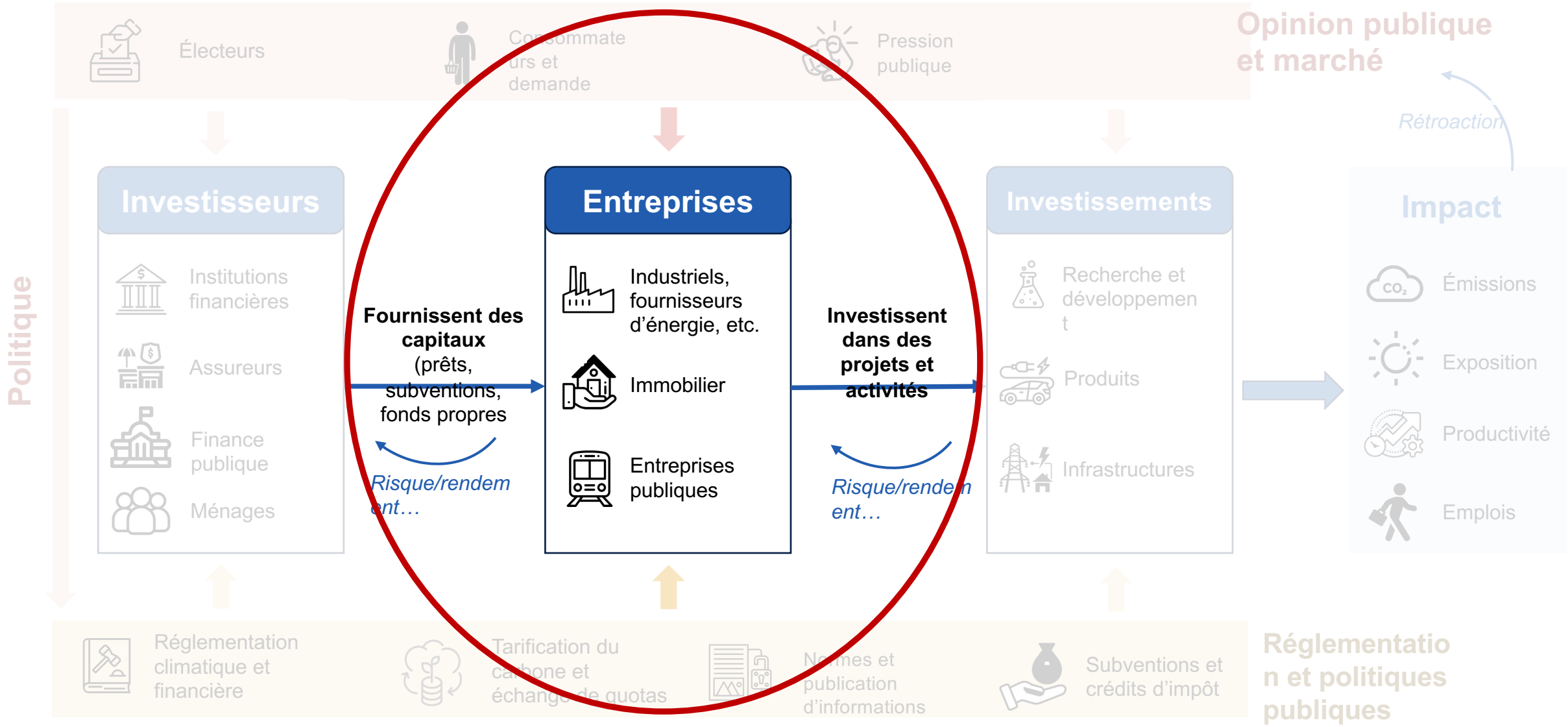


2 - Le prisme de l'investisseur
Comment l'action climatique crée des risques et des opportunités



Une vision simplifiée : les transformations exigent des investissements, les investissements exigent des incitations

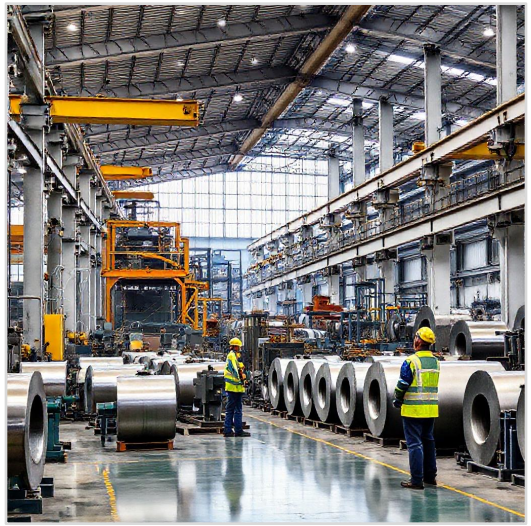



Électeurs
Consommateurs et demande
Pression publique
Opinion publique et marché
Rétroaction
Politique
Investisseurs
Institutions financières
Assureurs
Finance publique
Ménages
Fournissent des capitaux (prêts, subventions, fonds propres
Risque/rendement…
Entreprises
Industriels, fournisseurs d'énergie, etc.
Immobilier
Entreprises publiques
Investissent dans des projets et activités
Risque/rendement…
Investissements
Recherche et développement
Produits
Infrastructures
Impact
Émissions
Exposition
Productivité
Emplois
Réglementation climatique et financière
Tarification du carbone et échanges de quotas
Normes et publication d'informations
Subventions et crédits d'impôt
Réglementation et politiques publiques

Risques financiers liés au climat

Risques de transition

Comment la transition climatique affectera-t-elle mes investissements ?



- Risques technologiques
- Risques politiques
- Risques de marché

Source de l'image : pt-alexindo.com

Risques physiques

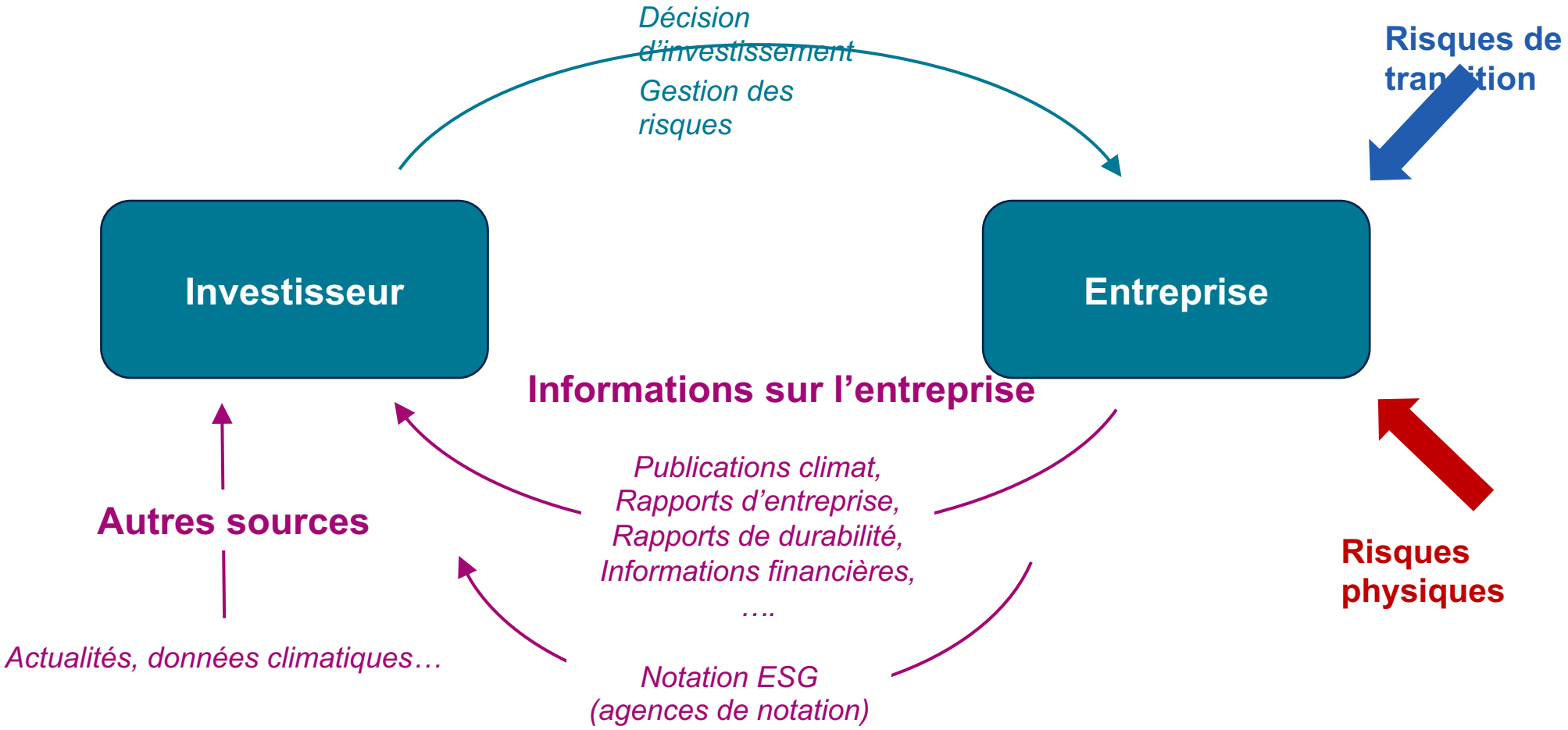
Comment les impacts du changement climatique affecteront-ils mes investissements ?



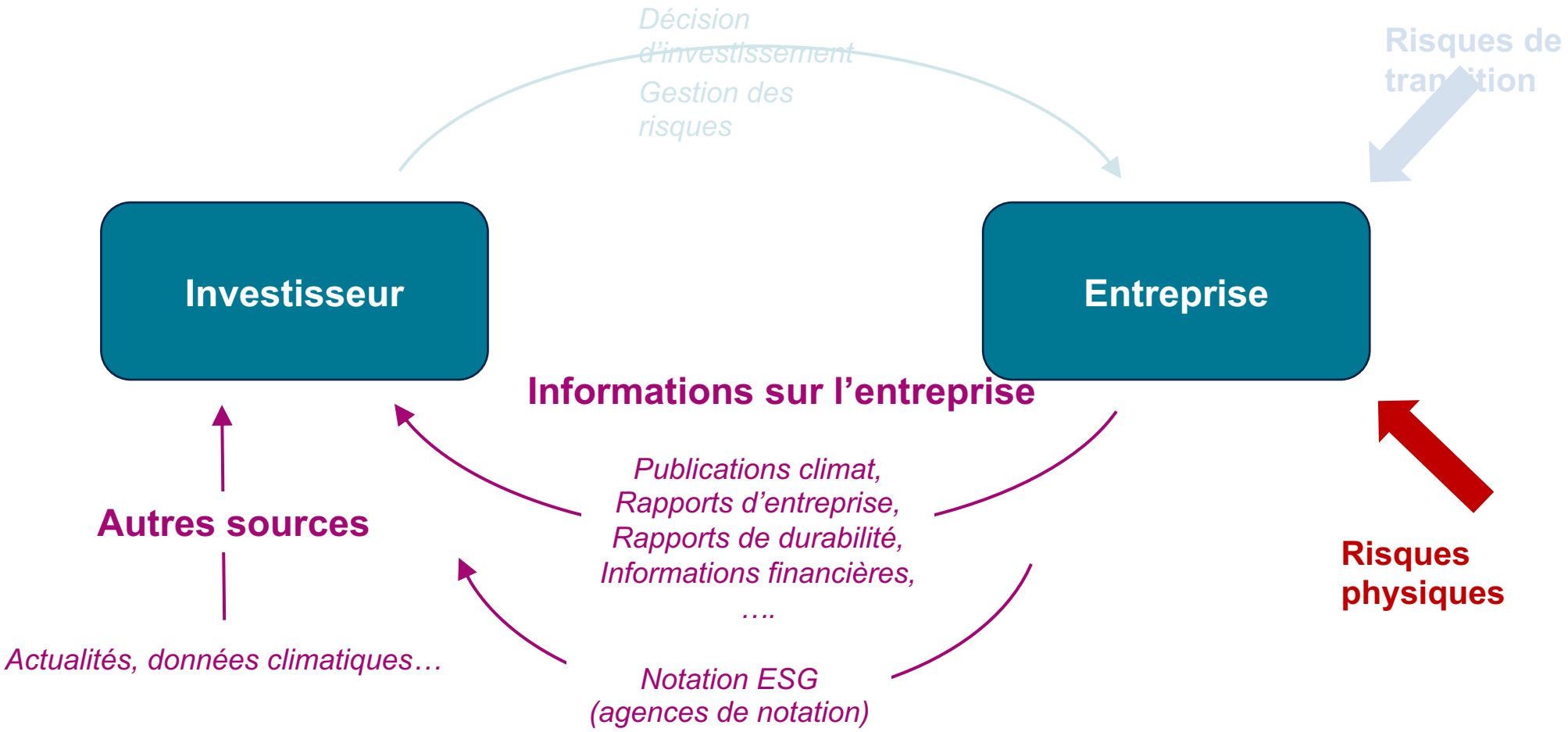
- Phénomènes météo extrêmes
- Changement climatique chronique

Source de l'image : environmentamerica.org

Taxonomie du cadre TCFD (2017)



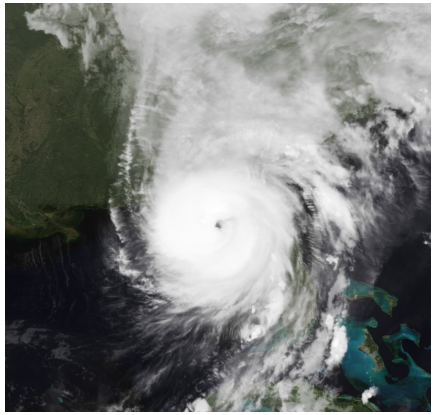
Le **volume** et la **complexité** croissants des informations climatiques ouvrent des possibilités à l'**IA** pour transformer ces informations en éléments utiles à la décision



Le **volume** et la **complexité** croissants des informations climatiques ouvrent des possibilités à l'**IA** pour transformer ces informations en éléments utiles à la décision

Avec le changement climatique, les phénomènes météo extrêmes **gagnent en fréquence** et en **intensité**

Ouragan Helene (2024)



79 Md$ de dommages physiques

Incendies de Californie du Nord (2017)



30 Md$ de dommages physiques

Les impacts financiers au niveau des entreprises des phénomènes météo extrêmes suscitent une grande attention chez les investisseurs, les assureurs et les décideurs (Krueger et al, 2020 ; Stroebel et Wurgler, 2021)

Dans quelle mesure les entreprises **sont-elles touchées** par les phénomènes météo extrêmes ?

Qu'en est-il des impacts financiers **au-delà des dommages physiques** (p. ex. ruptures d'approvisionnement, chocs de demande) ?

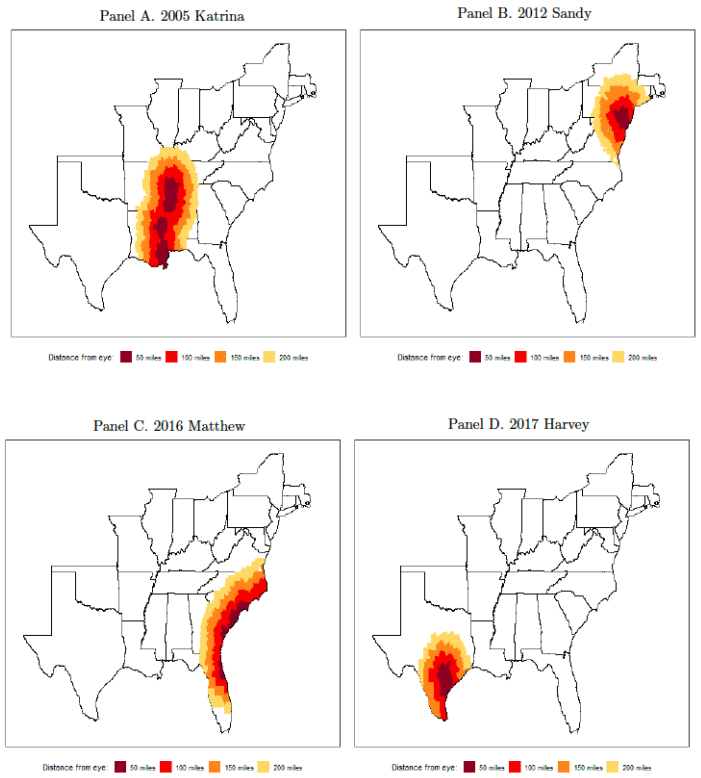
Comment les **marchés financiers réagissent-ils** aux impacts au niveau des entreprises ?

https%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FHurrikan_Helene&ved=0CBYQjRxqFwoTCKDS-qDsxZUDFQAAAAAdAAAAABBq&opi=89978449

https%3A%2F%2Fwww.theguardian.com%2Fus-news%2F2020%2Fjul%2F21%2Fcalifornia-wildfires-gold-hog-mineral-susanville&ved=0CBYQjRxqFwoTCKCij8nsxZUDFQAAAAAdAAAAABBq&opi=89978449

Pour estimer les impacts financiers des phénomènes extrêmes sur les entreprises, il faut d'abord savoir si elles ont été touchées

Approches géospatiales



Kruttli et al. (2024)

Indiquent si des entreprises ont été touchées (ou non) en superposant la localisation de leurs actifs aux « zones d'impact » des phénomènes extrêmes (Kruttli et al., 2024 ; Addoum et al., 2020, 2023)

- **Approximation très simplifiée** de l'impact sur les entreprises
- **Ignorent les effets indirects** via les chaînes d'approvisionnement et les chocs de demande (Barrot et Sauvagnat, 2016 ; Pankratz et Schiller, 2024)
- **Excluent les actifs mobiles/diffus** comme les flottes de transport, les réseaux électriques ou ferroviaires
- **Inapplicables à de nombreux types d'événements** (p. ex. tempêtes hivernales, vagues de chaleur)

Idée : analyser les publications d'événements significatifs des entreprises

Que sont les publications d'événements significatifs ?

Les entreprises cotées aux États-Unis doivent déposer un formulaire 8-K auprès de la SEC pour signaler les événements significatifs susceptibles d'affecter les investisseurs.

Exemples :

- Procès majeurs
- Ruptures d'approvisionnement
- Fusions et acquisitions
- Fermetures d'usines
- Dommages dus aux ouragans, inondations, incendies

FORMULAIRE 8-K

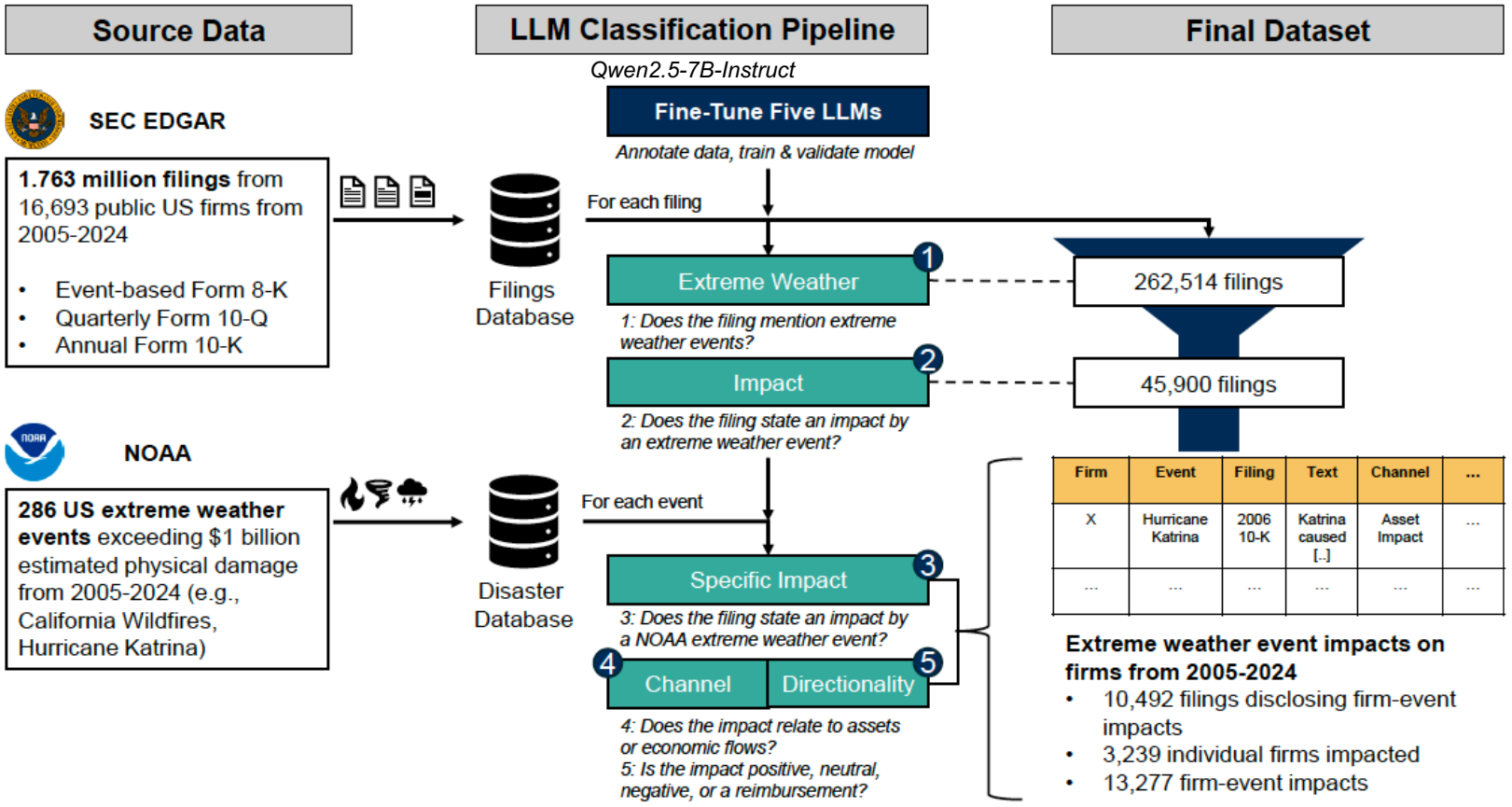
Northwind Turbines Corp.

Point 8.01 Autres événements

Le 27 sept. 2024, l'ouragan Helene a endommagé la raffinerie de la société sur la côte du Golfe, interrompant temporairement ses activités.

Des milliers d'entreprises déposent des dizaines de milliers de documents chaque année : une analyse manuelle est impossible

Nous avons analysé les publications financières à l'aide de LLM pour identifier les impacts des phénomènes extrêmes sur les entreprises



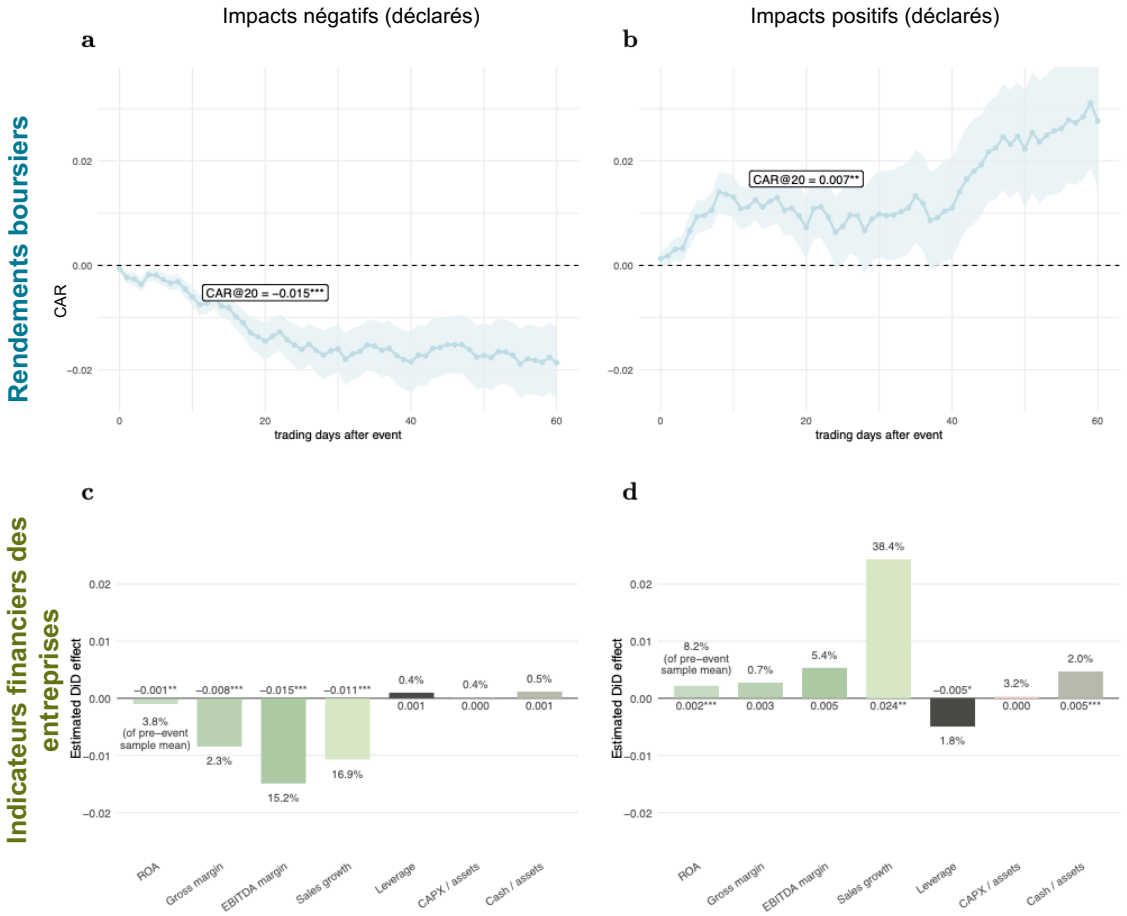
Schimanski et al. (2025)

Pour les entreprises touchées, nous estimons les effets sur les rendements boursiers et d'autres indicateurs financiers

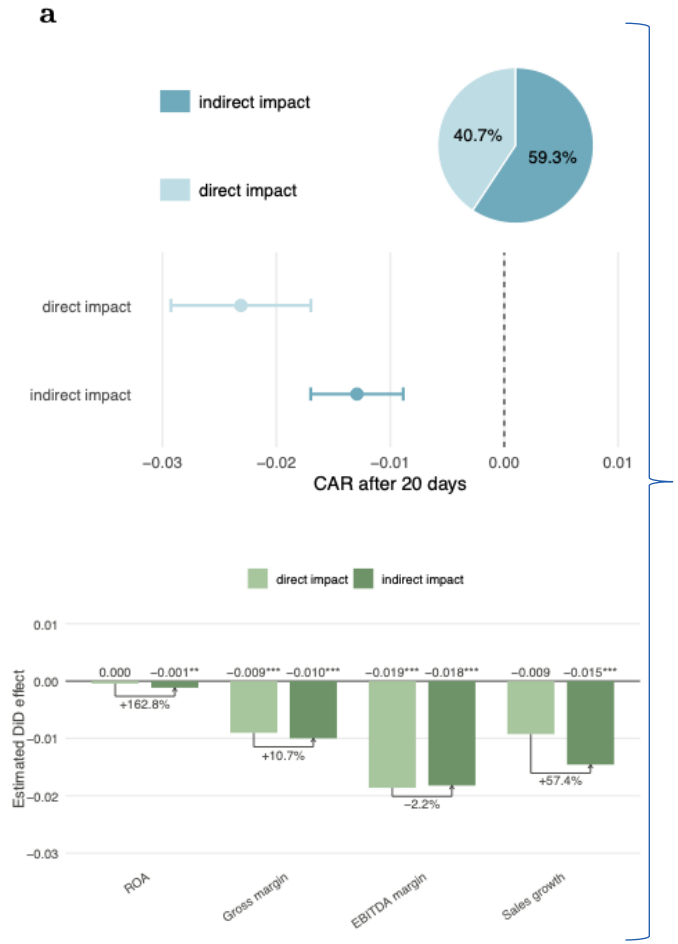
Positif vs négatif

Rendements boursiers

Indicateurs financiers des entreprises



Direct vs indirect



Les marchés financiers semblent **sous-estimer systématiquement les impacts indirects** des phénomènes extrêmes

Schimanski et al. (2025)

Contribution, limites et recherches futures

Contribution

- **Outil d'identification :** première identification à grande échelle, au niveau des entreprises et a posteriori, des impacts réels des phénomènes extrêmes à partir des dépôts
- **Différents canaux :** capte les impacts directs et indirects, négatifs et positifs, que les méthodes géospatiales manquent

Limites

- **Source d'information :** repose sur la publication des impacts à la SEC (même si les entreprises sont responsables, les impacts indirects peuvent être sous-déclarés)
- **Périmètre :** limité aux entreprises cotées américaines
- **Adaptation :** n'inclut pas le niveau de préparation des entreprises

Recherches futures

- **Granularité :** extraire des informations sur les actifs touchés et les étapes de la chaîne d'approvisionnement
- **Adaptation :** intégrer des informations sur les mesures d'adaptation (p. ex. issues des rapports) pour savoir si les entreprises qui investissent dans l'adaptation sont (1) moins souvent touchées et (2) supportent des coûts financiers moindres

Autres cas d'usage de l'IA pour analyser les risques financiers liés au climat

Risques de transition

Comment la transition climatique affectera-t-elle mes investissements ?

Les entreprises peuvent-elles faire leur transition ?

P. ex. analyser les plans de transition

(Colesanti Senni et al. (2025), Transition Pathway Initiative)

La transition est-elle crédible ?

P. ex. repérer l'écoblanchiment dans les rapports et la communication

(Bingler et al. (2022))

Qui est à l'avant-garde de la transition ?

P. ex. analyser les brevets verts des entreprises et leur adéquation avec leur cœur de métier

(Cohen et al. (2025), OECD Env-Tech patent classification)

Risques physiques

Comment les impacts du changement climatique affecteront-ils mes investissements ?

Quelles entreprises sont exposées ?

P. ex. comparer les actifs des entreprises aux prévisions de phénomènes extrêmes

(Oxford Spatial Finance Initiative)

Les entreprises sont-elles conscientes des risques pertinents ?

P. ex. comparer les rapports d'adaptation à l'exposition des entreprises

(Sautner et al. (2023), Pankratz et al. (2023))

Dans quelle mesure les entreprises sont-elles préparées ?

P. ex. analyser les stratégies d'adaptation des entreprises et leur efficacité

Approfondissement

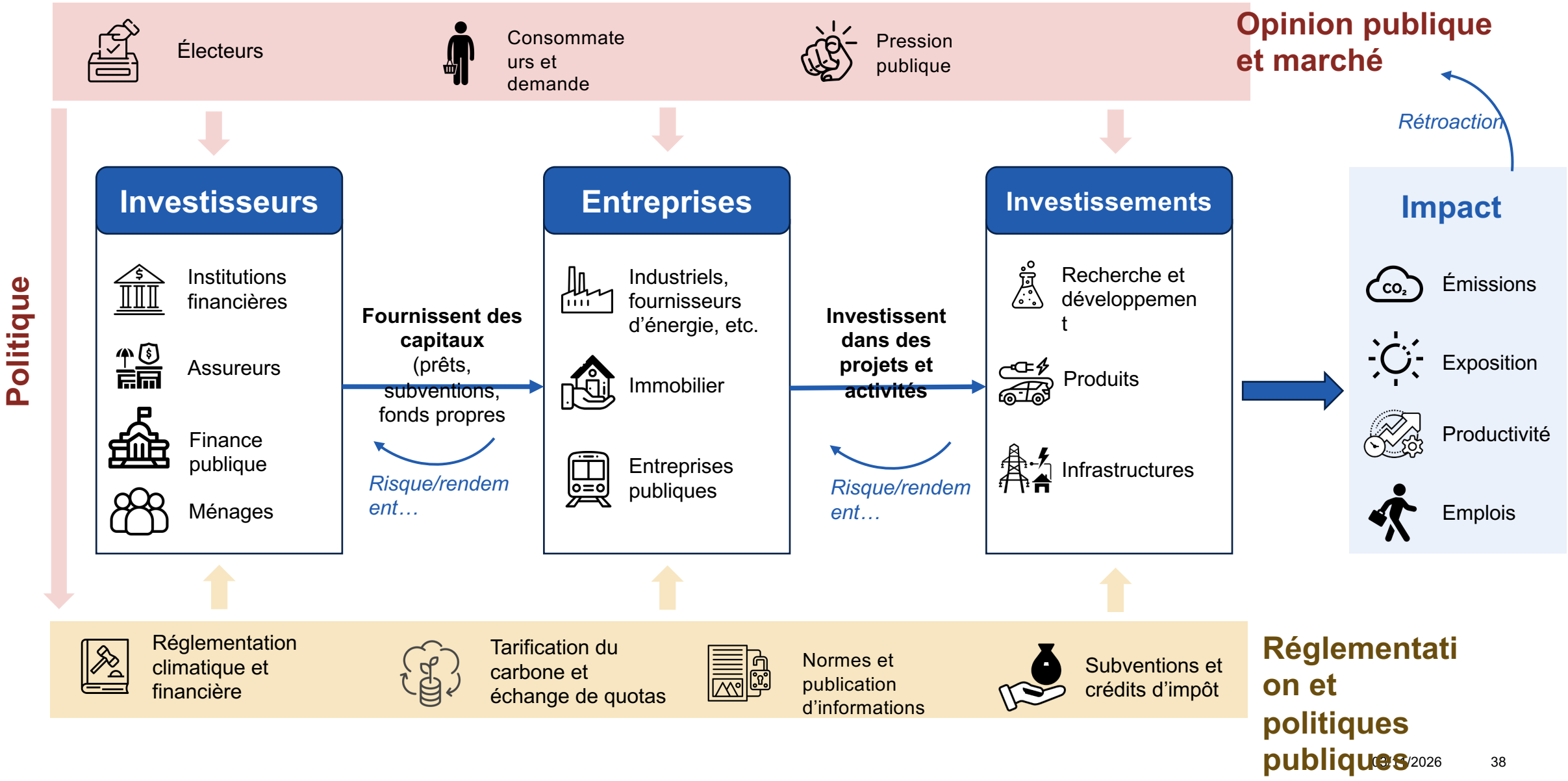
Finance climat internationale :
Où vont les financements d’atténuation et d’adaptation ?

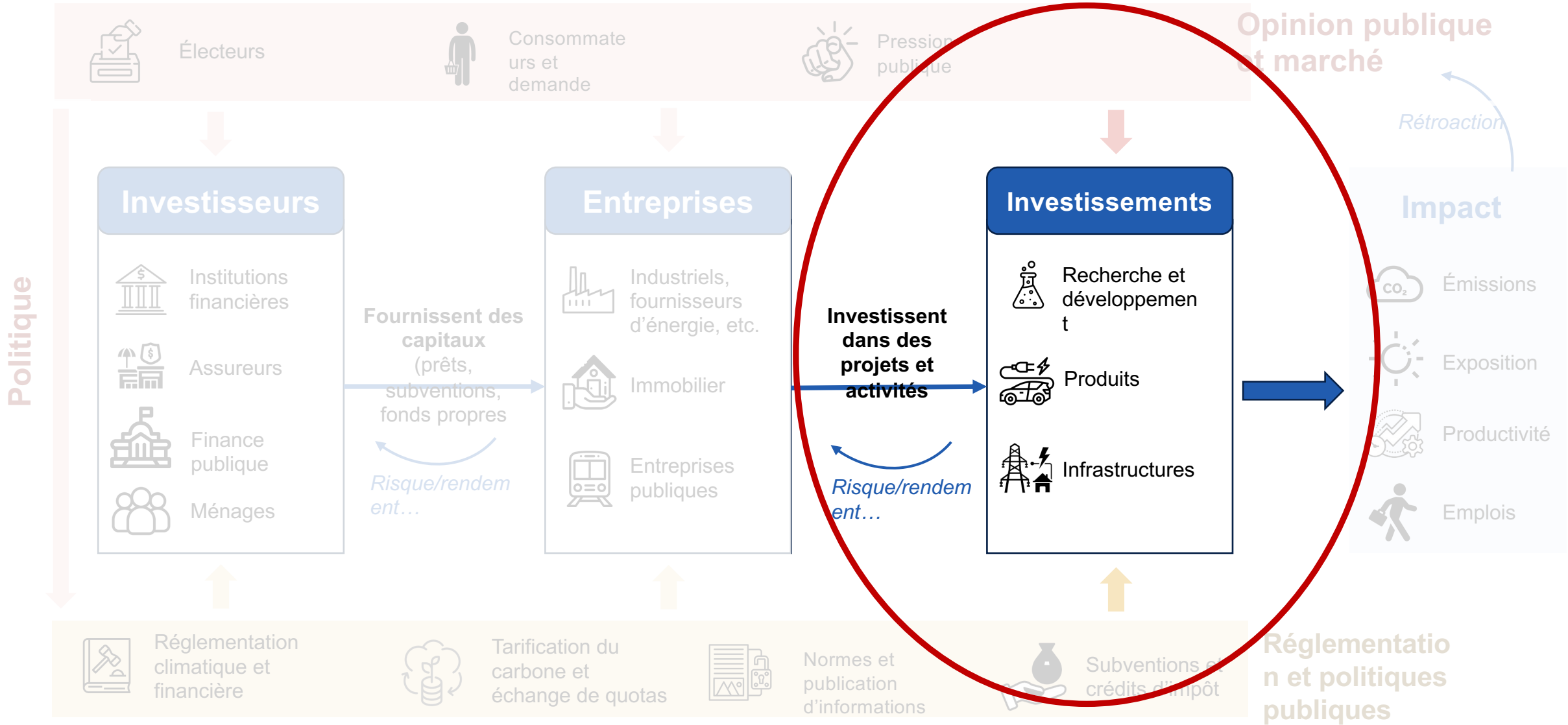
Marchés financiers :
Où sont les risques et opportunités d’investissement liés au climat ?

Innovation climatique :
Comment la finance peut-elle accélérer efficacement les solutions climatiques ?



Une vision simplifiée : les transformations exigent des investissements, les investissements exigent des incitations




Électeurs
Consommateurs et demande
Pression publique
Opinion publique et marché
Rétroaction
Politique
Investisseurs
Institutions financières
Assureurs
Finance publique
Ménages
Fournissent des capitaux (prêts, subventions, fonds propres
Risque/rendement…
Entreprises
Industriels, fournisseurs d'énergie, etc.
Immobilier
Entreprises publiques
Investissent dans des projets et activités
Risque/rendement…
Investissements
Recherche et développement
Produits
Infrastructures
Impact
Émissions
Exposition
Productivité
Emplois
Réglementation climatique et financière
Tarification du carbone et échange de quotas
Normes et publication d'informations
Subventions et crédits d'impôt
Réglementation et politiques publiques

La finance est essentielle pour accélérer l'innovation des technologies climatiques, du laboratoire à la diffusion à grande échelle



Transition climatique













Recherche et développement

Démonstration et pilote

Commercialisation

Premiers utilisateurs

Diffusion

La finance est essentielle pour accélérer l'innovation des technologies climatiques, du laboratoire à la diffusion à grande échelle



Transition climatique



Recherche et développement

Démonstration et pilote

Commercialisation

Premiers utilisateurs

Diffusion

« Sortir du laboratoire » *« Arriver sur le marché »* *« Développer une niche »* *« Se déployer sur plusieurs marchés »*

(subventions) (capital-risque d'amorçage) (capital-risque de croissance) (financement par la dette)

Ce sont des (types d')investisseurs différents !

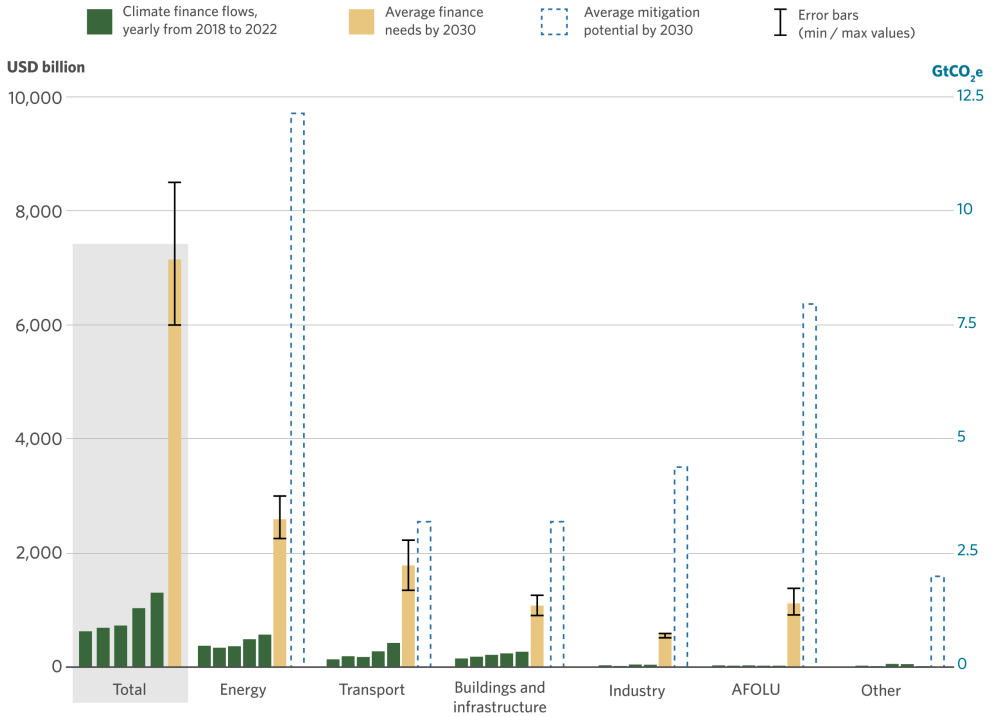
Pourtant, plusieurs obstacles dissuadent les investisseurs de financer les technologies climatiques

Besoins en capitaux initiaux élevés pour passer à l'échelle
Les premières usines commerciales et unités de production exigent des milliards de dollars avant de générer des revenus

Forte incertitude technologique
Beaucoup de technologies émergentes ne sont pas encore compétitives en coût, et les courbes de coût et trajectoires technologiques futures restent incertaines.

Horizons d'investissement longs
Les investissements en infrastructures et deep tech ont de longues durées de vie et des délais de retour lents, peu attractifs pour beaucoup d'investisseurs en capital-risque

Risque politique et réglementaire
Les prix futurs du carbone, les subventions et la réglementation sont incertains, ce qui rend la demande et les flux de trésorerie futurs difficiles à prévoir

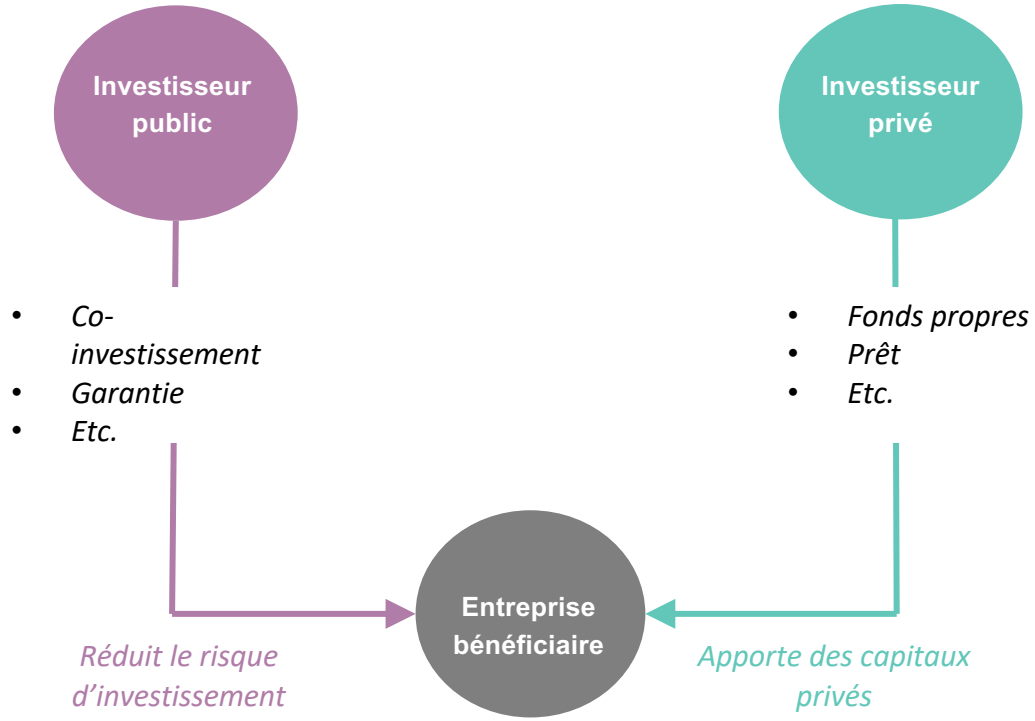


Note: Historical finance flows (2018-2022) are expressed in nominal USD. Climate finance needs for 2023-2030 are expressed in constant 2022 USD. Average mitigation potential is sourced from UNEP (2024). Emissions Gap Report. This applies to similar analyses hereafter.

Source: Climate Policy Initiative

Comment les politiques publiques peuvent-elles mobiliser l'investissement privé dans les technologies climatiques ?

Plutôt que de remplacer l'investissement privé, les investisseurs publics cherchent à le mobiliser par le co-investissement



TESLA

SOLYNDRA®

Stegra

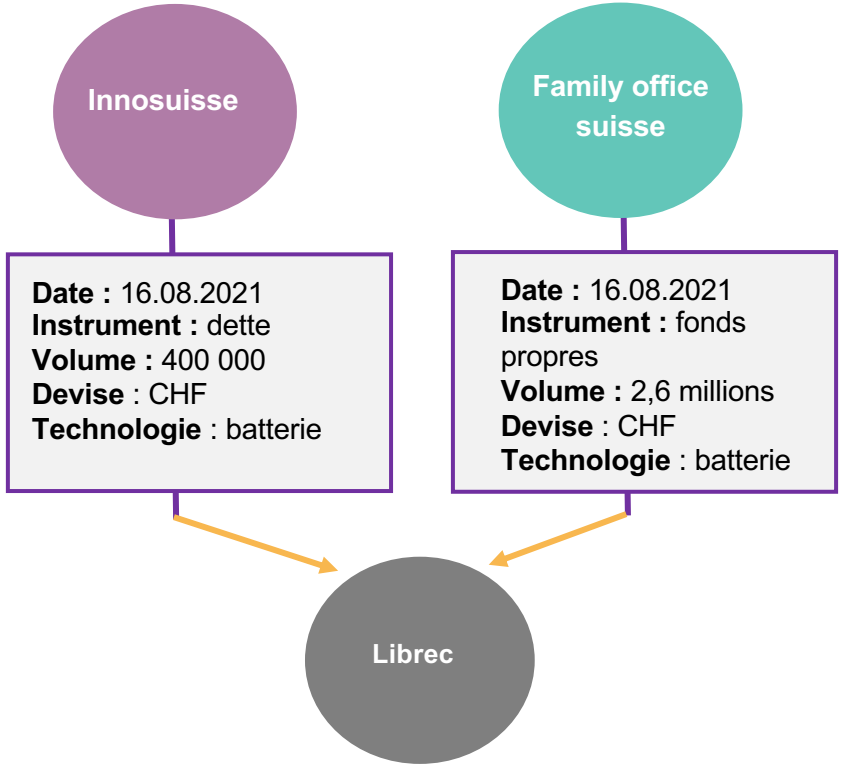
northvolt®

Le cofinancement public est-il efficace et additionnel ?

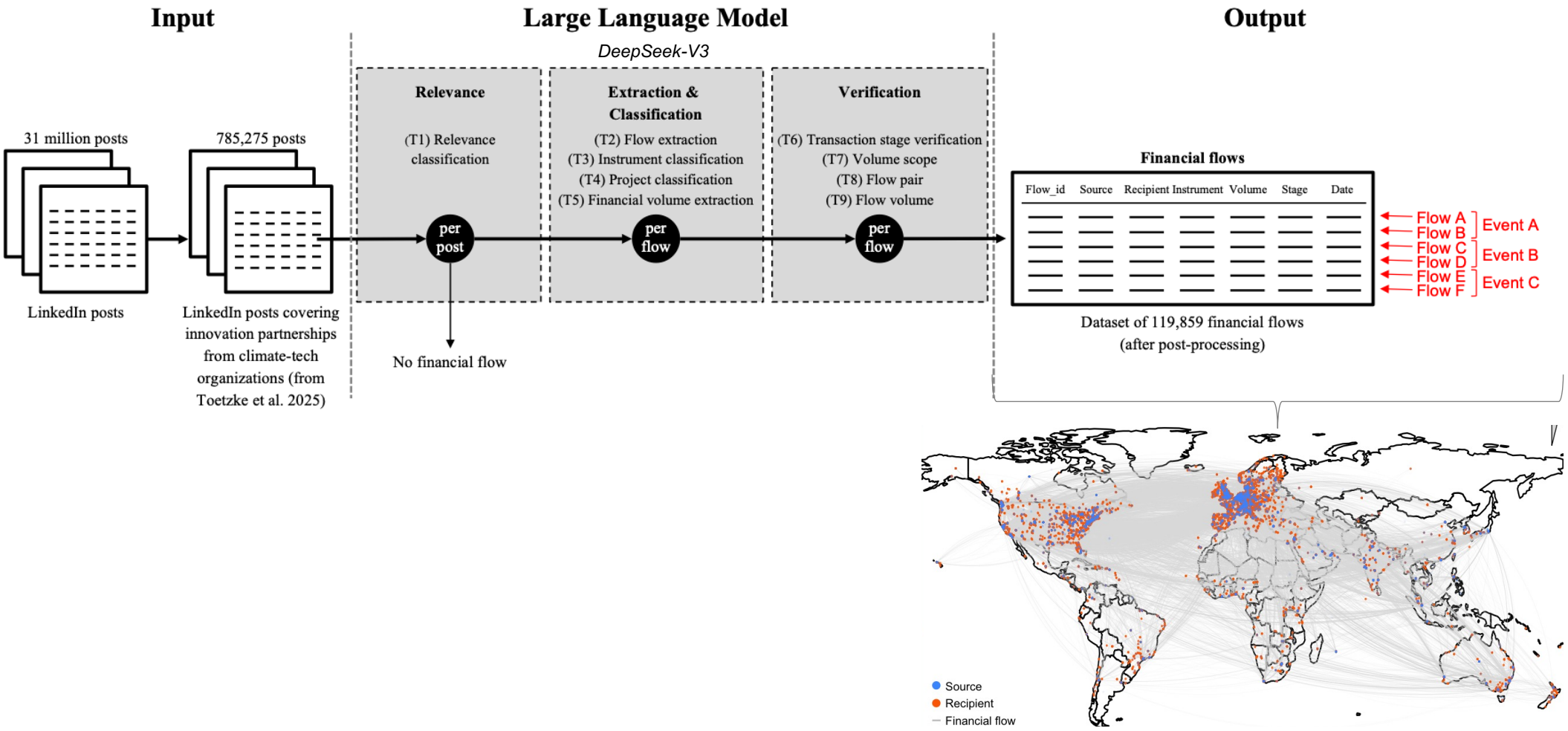
Nous avons extrait les flux d'investissement dans les technologies climatiques à partir d'annonces LinkedIn à l'aide de grands modèles de langage

LIBREC
Environmental Services
Biberist, Solothurn

Librec lève 2,6 millions de francs lors d'un tour d'amorçage sursouscrit mené par un family office suisse, accompagné d'un prêt de 400 k d'Innosuisse pour faire progresser le recyclage des batteries (…).



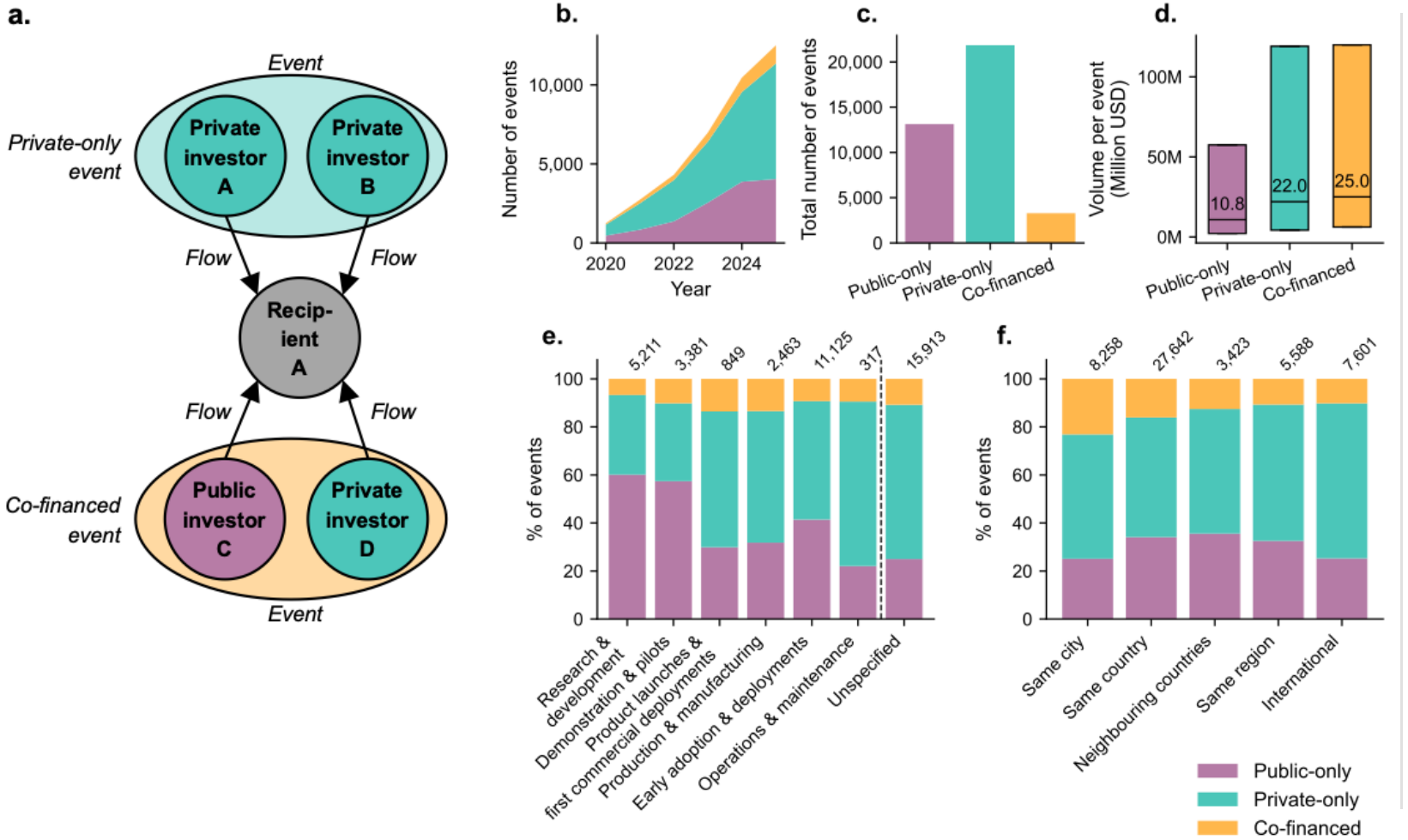
Lehofer, Egli, Toetzke (2026)



Flux financiers mondiaux vers les technologies climatiques (2020—2025)

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

Nous avons extrait 100 000 flux financiers dans les technologies climatiques à partir de plus de 31 millions de publications d'entreprises

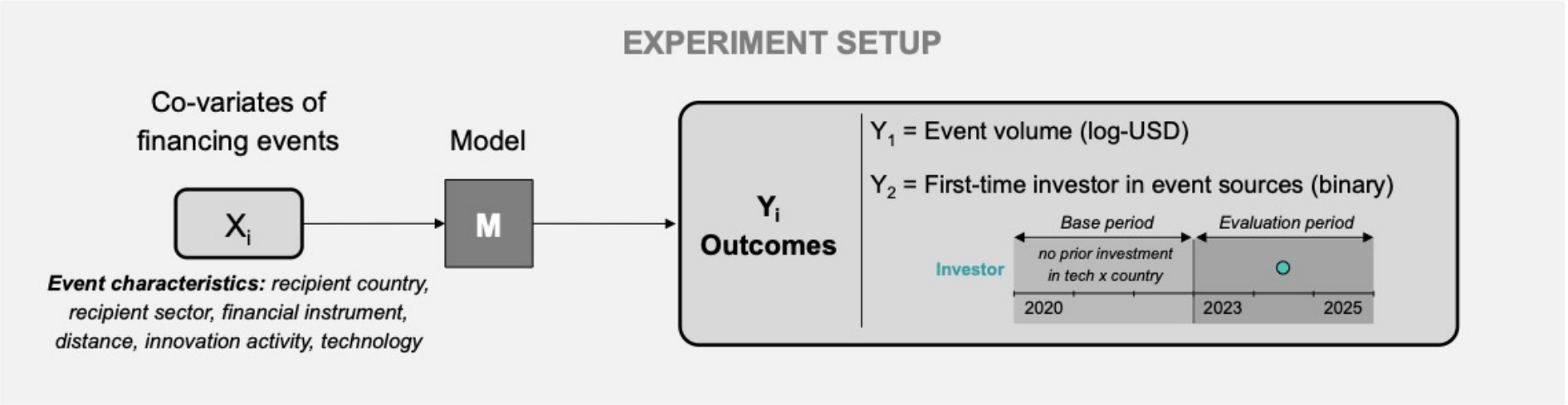


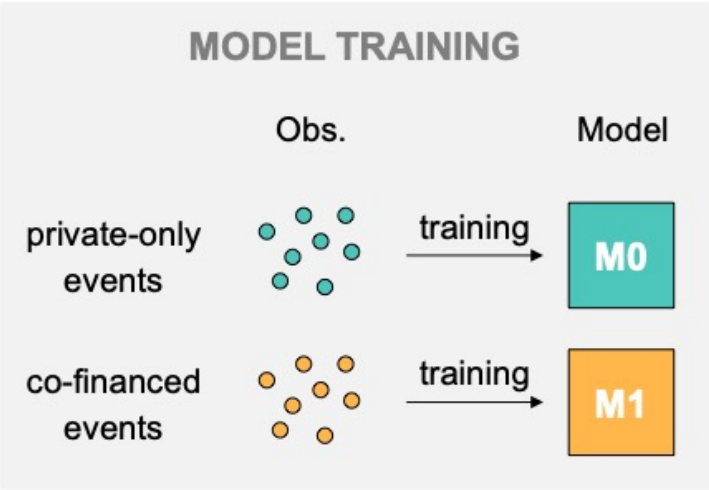
- Le cofinancement public mobilise-t-il **de nouveaux investisseurs** ? … qui n'investiraient pas autrement

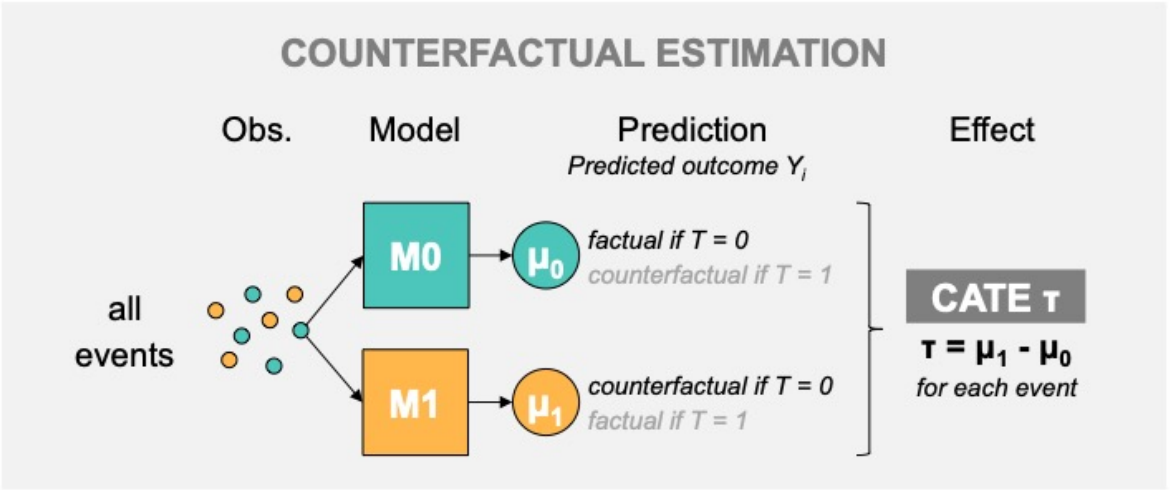
- Le cofinancement public entraîne-t-il **des tickets plus élevés** ? … ou évince-t-il l'investissement privé ?

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

Nous utilisons l'IA pour estimer des résultats contrefactuels





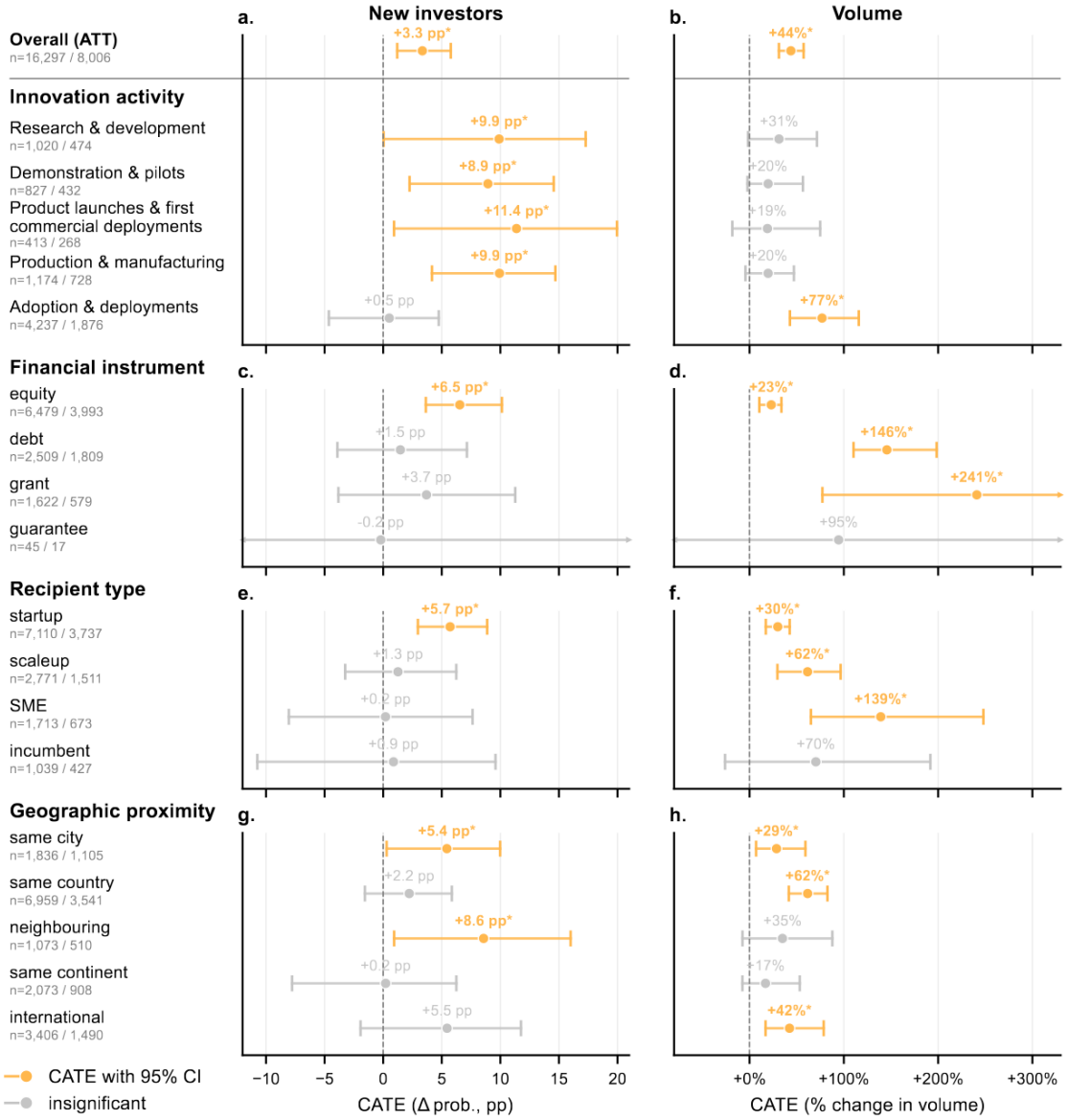


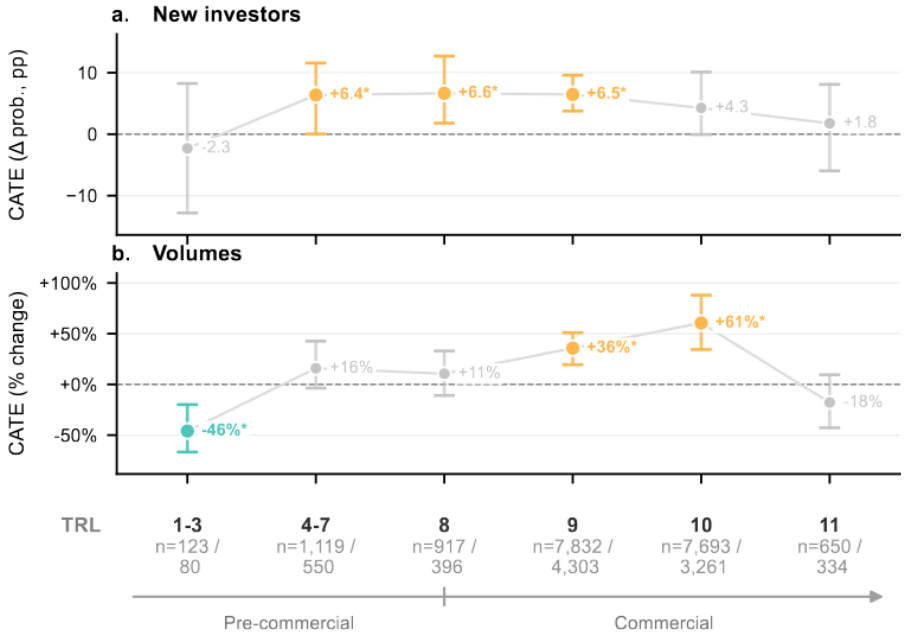
Modèle de référence :
Arbre de décision à gradient boosting (Ke, 2017)

Test de robustesse :
Forêt causale (Athey, 2019)

Lehofer, Egli, Toetzke (2026)

Le cofinancement mobilise de nouveaux investisseurs à des stades d'innovation différents de ceux où il mobilise des volumes plus élevés





Groupe de TRL	Stade	Technologies typiques
TRL 1–3	Recherche et preuve de concept	Recherche fondamentale, expériences en laboratoire et technologies au stade de la preuve de concept (p. ex. nouvelles chimies de batteries, premiers matériaux de DAC).
TRL 4–7	Développement et démonstration	Développement de prototypes, usines pilotes et projets de démonstration dans des conditions de plus en plus réalistes (p. ex. électrolyseurs d'hydrogène pilotes, installations de démonstration de CSC).
TRL 8–10	Premier déploiement commercial	Premières usines commerciales et déploiement précoce sur le marché, technologies éprouvées mais pas encore largement adoptées (p. ex. premières aciéries vertes, usines de SAF).
TRL 11	Échelle commerciale et diffusion	Technologies matures déployées à grande échelle sur des marchés concurrentiels (p. ex. photovoltaïque, éolien terrestre, batteries lithium-ion, pompes à chaleur).

Contribution, limites et travaux futurs

Contribution principale

- **Nouvelle source de données :** première cartographie à grande échelle des flux d'investissement dans les technologies climatiques, y compris le cofinancement public (subventions, prêts, garanties) absent des bases commerciales
- **Preuves causales :** estimations contrefactuelles au niveau des entreprises de la capacité du cofinancement public à mobiliser du capital privé
- **Ciblage des politiques :** identifie où le cofinancement fonctionne (TRL, instrument, bénéficiaire, zone géographique)

Limites

- **Sélection sur observables :** les estimations causales supposent l'absence de facteurs non observés dans les décisions de cofinancement
- **Données autodéclarées :** volumes et instruments proviennent de publications marketing, pas de documents audités
- **Biais géographiques possibles :** les données LinkedIn représentent certaines régions plus que d'autres

Travaux futurs

- **Lien avec les résultats :** relier la finance mobilisée au déploiement, aux brevets et aux capacités de production
- **Conception des instruments :** quels instruments (garantie vs prêt vs fonds propres) mobilisent le plus de capital privé par euro public
- **Évaluer des programmes spécifiques visant à mobiliser l'investissement privé**

Autres cas d’usage de l’IA pour analyser le financement de l’innovation des technologies climatiques

Apports financiers

Cartographier et analyser l’allocation des financements aux entreprises et aux activités d’innovation ?

Quelle probabilité pour les entreprises d’accéder au financement ?

P. ex. prédire les tours de financement à partir des brevets, produits, etc. avec les données Crunchbase et repérer les biais régionaux (Ross et al. (2021), Ang et al. (2022))

Quel est l’effet de politiques spécifiques sur l’attraction de financements privés ?

P. ex. relier les politiques d’innovation aux entreprises concernées pour évaluer leurs effets sur l’accès au financement

Résultats d’innovation

Cartographier les résultats d’innovation et les relier aux apports financiers ?

De combien de financement les entreprises ont-elles besoin pour atteindre certains résultats ?

P. ex. prédire les apports financiers à partir des résultats d’innovation (brevets, commercialisation, capacités de production) et d’autres données d’entreprise

À quelle vitesse les technologies progressent-elles ?

P. ex. suivre les gains d’efficacité des technologies et les différences régionales pour éclairer les opportunités d’investissement (Way et al. (2022))

Par où commencer : jeux de données ouverts et outils d'IA pour la finance climat

	A — Finance internationale	B — Marchés financiers	C — Financement de l'innovation
Jeux de données ouverts	**OECD CRS** — 2,7 M de descriptions de projets d'aide au développement (gratuit) **AidData GCDF v3.0** — 21 000 projets d'aide au développement financés par la Chine **Climate Watch** — textes et données des contributions déterminées au niveau national (CDN) (CC BY) **Climate Funds Update** — fonds multilatéraux	**SEC EDGAR** — texte intégral des publications financières des entreprises **Données d'exposition de Sautner et al.** — exposition des entreprises au changement climatique **Net Zero Tracker** — panorama des objectifs zéro net **GeoAsset** — bases ouvertes d'actifs (acier, ciment)	**Google Patents BigQuery** — codes CPC Y02 des technologies vertes **IRENA** — données de coûts et de capacités renouvelables **Global Energy Monitor** — suivi des actifs par unité
Modèles d'IA affinés, outils et code	**ClimateBERT** — 16 modèles, 7 jeux de données (Hugging Face) **Climate Policy Radar** — recherche NLP dans les politiques climatiques mondiales	**ClimateBERT** — 16 modèles, 7 jeux de données (Hugging Face) **ChatReport** — analyse de rapports par LLM (code ouvert) **CLIMADA** — moteur ouvert de risques physiques	**Climate TRACE** — émissions par satellite + AA, au niveau des actifs (CC BY) **MIT tech rates** / **SFI PCDB** — courbes d'apprentissage technologiques

Remarques importantes

1 Les définitions comptent

- Les définitions des catégories influent fortement sur les résultats
- L'automatisation apporte de la cohérence, pas de l'objectivité
- Les désaccords entre annotateurs montrent si les définitions sont claires

2 La finance valorise un avenir que les données n'ont pas vu

- Les résultats des modèles peuvent créer un excès de confiance sur des issues très incertaines
- Travailler avec des scénarios

3 Comprendre la finalité d'origine de vos données

- Les 8-K sont des documents juridiques. Les publications LinkedIn relèvent du marketing
- Les données peuvent contenir du bruit ou de fausses affirmations (écoblanchiment)

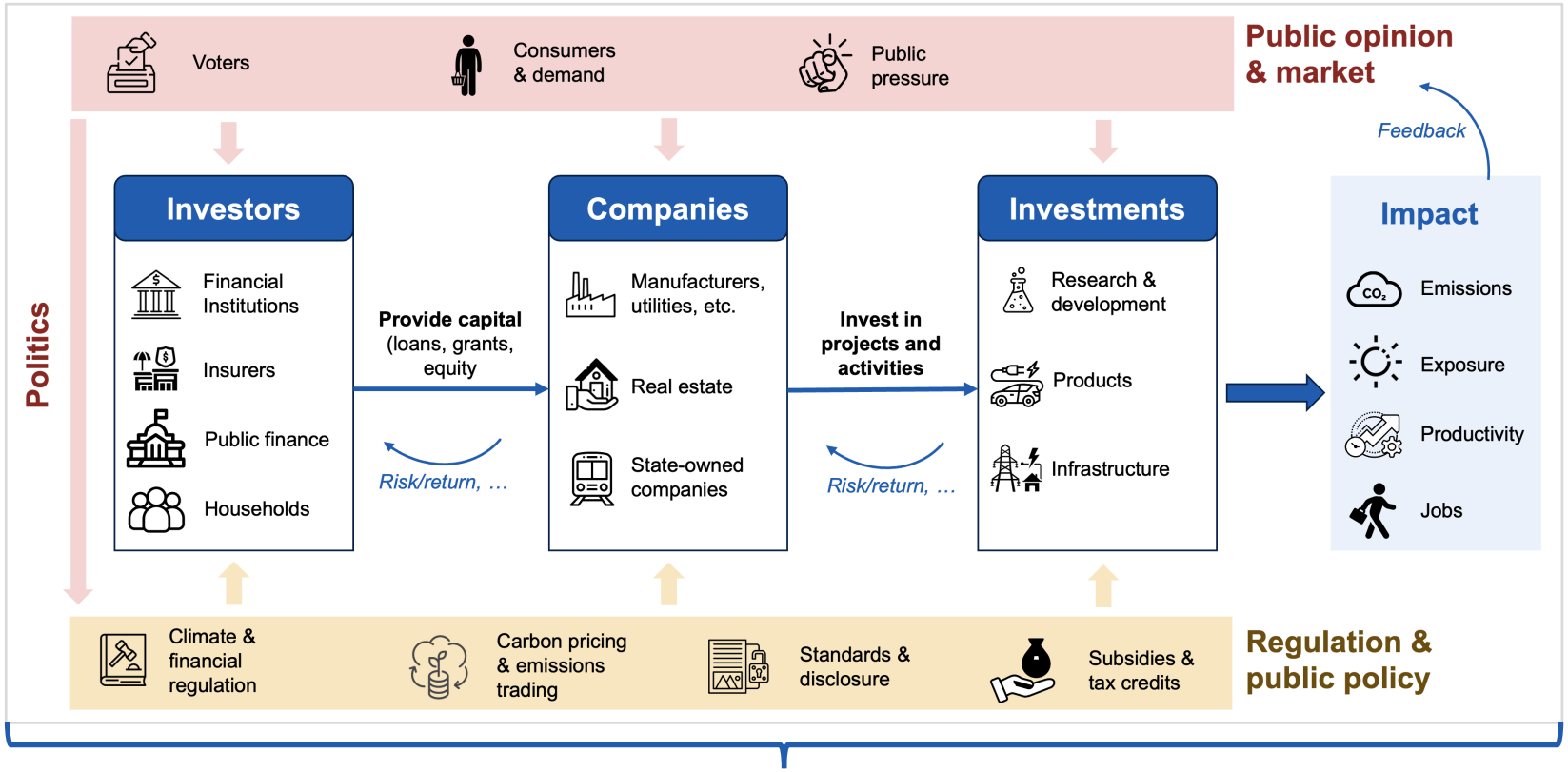
4 Ce qui est mesuré réagit au fait d'être mesuré

- Dès qu'un score compte, le discours s'adapte (p. ex. déclarations de finance climat)
- Privilégier des signaux coûteux à falsifier (p. ex. brevets, données financières)

Toujours valider les informations extraites et les prédictions avec

- D'autres jeux de données
- Des hypothèses d'experts
- Des résultats réels

Où les résultats se contredisent-ils, et pourquoi ?



- **Cartographier les déficits de financement :** où va la finance et où manque-t-elle encore ?
- **Éclairer les décisions de financement :** quelles entreprises, technologies ou projets sont de bons ou de mauvais investissements ?
- **Évaluer l'impact des investissements :** quels investissements entraînent davantage de déploiement, de réductions d'émissions ou de résilience ?

Merci !

Malte Toetzke
Chercheur postdoctoral, TU Munich
Chercheur principal, Institut Max Planck pour l'innovation et la concurrence

malte.toetzke@tum.de
TUM School of Social Sciences and Technology
Augustenstr. 40 | 80333 Munich | Germany
Site web : maltetoetzke.com

Références

Addoum, J., Ng, D., Ortiz-Bobea, A. (2020). Temperature Shocks and Establishment Sales. Review of Financial Studies 33(3).

Ang, Y. Q., Chia, A., Saghafian, S. (2022). Using Machine Learning to Demystify Startups' Funding, Post-Money Valuation, and Success. In: Innovative Technology at the Interface of Finance and Operations, Springer.

Athey, S., Tibshirani, J., Wager, S. (2019). Generalized Random Forests. Annals of Statistics 47(2).

Barrot, J.-N., Sauvagnat, J. (2016). Input Specificity and the Propagation of Idiosyncratic Shocks in Production Networks. Quarterly Journal of Economics 131(3).

Bingler, J., Kraus, M., Leippold, M., Webersinke, N. (2022). Cheap Talk and Cherry-Picking: What ClimateBert Has to Say on Corporate Climate Risk Disclosures. Finance Research Letters 47.

Climate Policy Initiative (2024). Global Landscape of Climate Finance 2024.

Cohen, L., Gurun, U., Nguyen, Q. (2025). The ESG-Innovation Disconnect: Evidence from Green Patenting. Management Science.

Colesanti Senni, C., Schimanski, T., Bingler, J., Ni, J., Leippold, M. (2025). Using AI to Assess Corporate Climate Transition Disclosures. Environmental Research Communications.

Haščič, I., Migotto, M. (2015). Measuring Environmental Innovation Using Patent Data (ENV-TECH). OECD Environment Working Papers No. 89.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation. AR6 WGIII, Ch. 15 (Investment and Finance).

Ke, G., et al. (2017). LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. NeurIPS 30.

Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L. (2020). The Importance of Climate Risks for Institutional Investors. Review of Financial Studies 33(3).

Kruttli, M., Roth Tran, B., Watugala, S. (2025). Pricing Poseidon: Extreme Weather Uncertainty and Firm Return Dynamics. Journal of Finance 80.

Künzel, S., Sekhon, J., Bickel, P., Yu, B. (2019). Metalearners for Estimating Heterogeneous Treatment Effects Using Machine Learning. PNAS 116(10).

Lehofer, C., Egli, F., Toetzke, M. (2026). Public–private co-financing can mobilize private investments in climate technologies. On request.

Pankratz, N., Bauer, R., Derwall, J. (2023). Climate Change, Firm Performance, and Investor Surprises. Management Science 69(12).

Pankratz, N., Schiller, C. (2024). Climate Change and Adaptation in Global Supply-Chain Networks. Review of Financial Studies 37(6).

Ross, G., Das, S., Sciro, D., Raza, H. (2021). CapitalVX: A Machine Learning Model for Startup Selection and Exit Prediction. Journal of Finance and Data Science 7.

Sautner, Z., van Lent, L., Vilkov, G., Zhang, R. (2023). Firm-Level Climate Change Exposure. Journal of Finance 78(3).

Schimanski, T., Gostlow, G., Toetzke, M., Leippold, M. (2024). What Firms Actually Lose (and Gain) from Extreme Weather Event Impacts. Working paper (SSRN).

Stroebel, J., Wurgler, J. (2021). What Do You Think about Climate Finance? Journal of Financial Economics 142(2).

Toetzke, M., Stünzi, A., Egli, F. (2022). Consistent and Replicable Estimation of Bilateral Climate Finance. Nature Climate Change 12.

Toetzke, M., Probst, B., Feuerriegel, S., Diaz Anadon, L., Hoffmann, V. H. (2024). Analyzing the Dynamics of Innovation Networks in Climate Technologies Using Large Language Models. Working paper (SSRN).

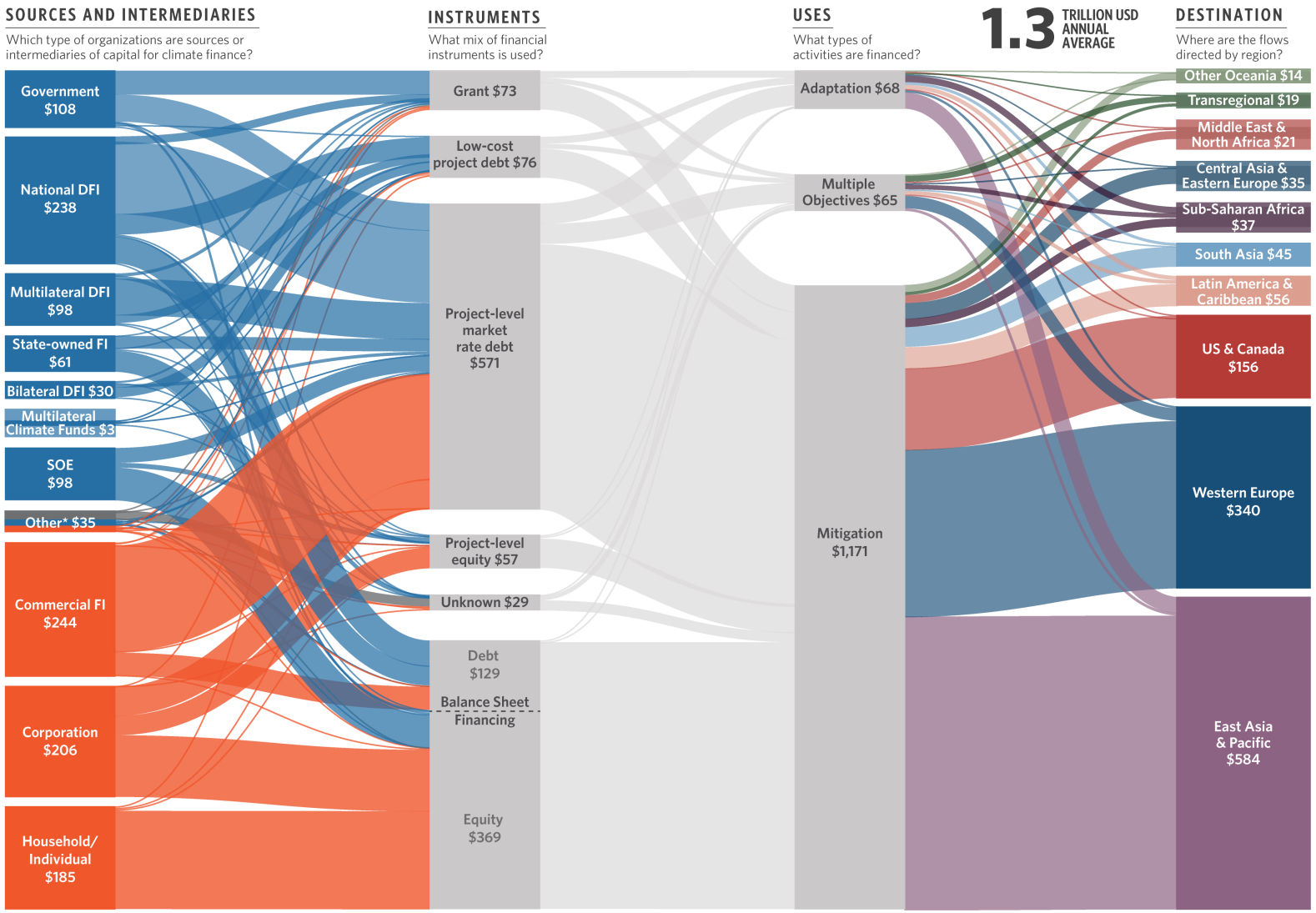
UNEP (2023). Adaptation Gap Report 2023.

LANDSCAPE OF CLIMATE FINANCE IN 2021/2022

Global climate finance flows along their life cycle in 2021 and 2022. Values are averages of two years' data to smooth out fluctuations, in USD billions

CLIMATE POLICY INITIATIVE

1.3 TRILLION USD ANNUAL AVERAGE



"Other" public sources include export credit agencies and unknown public funds
"Other" private sources include institutional investors, funds, and unknown

Source: Climate Policy Initiative

Le secteur privé est essentiel :

Plus de la moitié de la finance climat fournie provient de sources privées

La rentabilité et le risque comptent :

L'immense majorité de la finance climat repose sur la dette (prêts)

L'adaptation reste marginale :

Moins de 10 % de la finance climat va à l'adaptation

Les pays en développement sont sous-financés :

Moins de 25 % de la finance climat va aux marchés émergents* et aux PMA

*hors Chine