

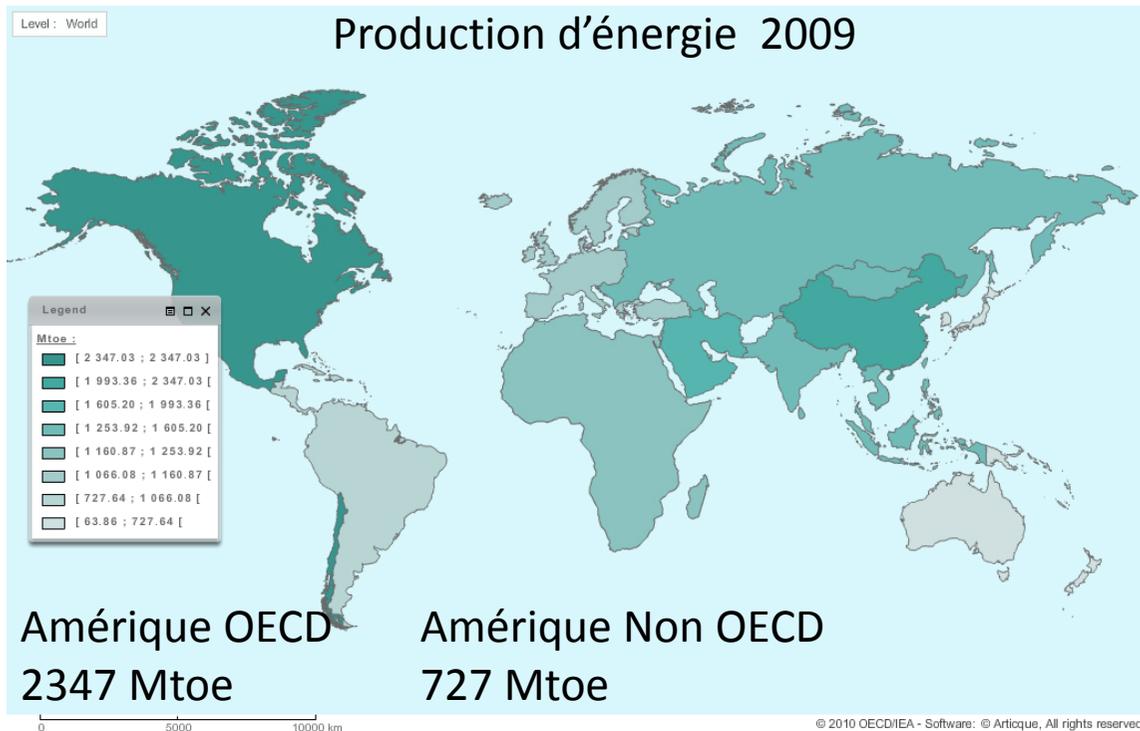
**Transitions énergétiques
et intégration régionale
dans la diversité
des sentiers de la croissance
- Amérique du Sud -**

Silvina Carrizo

Centro de Estudios Urbanos y Regionales CONICET,
Centro de Estudios sobre Territorio, Energía y Ambiente UNNOBA

Sébastien Velut

Université de Paris 3 - Sorbonne Nouvelle
Institut des Hautes Etudes d'Amérique Latine CREDA (UMR 7227)

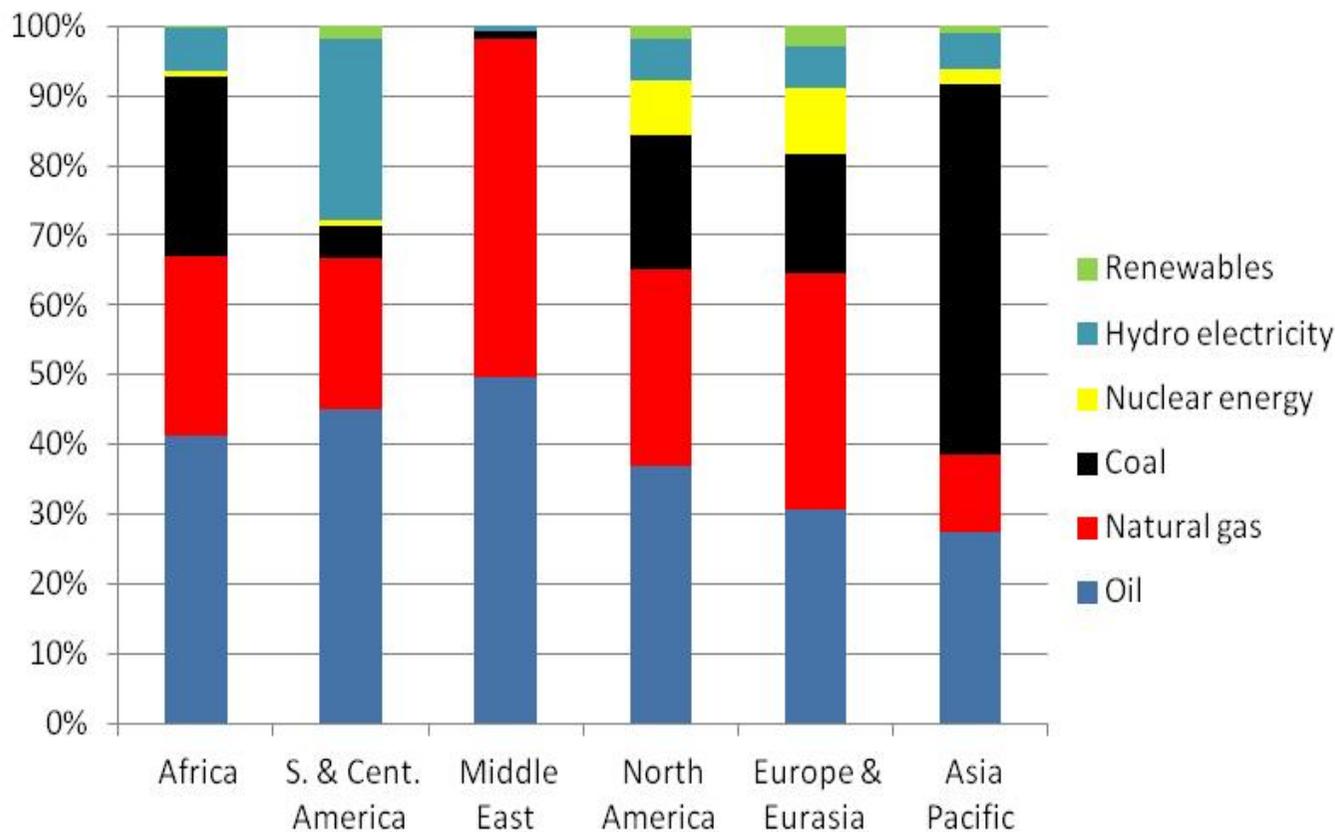


Participation des énergies renouvelables
Dans la production électrique



Dépendance sud-américaine –mondiale- vis-à-vis des hydrocarbures mais une participation supérieure des sources renouvelables

Consommation régionale 2011

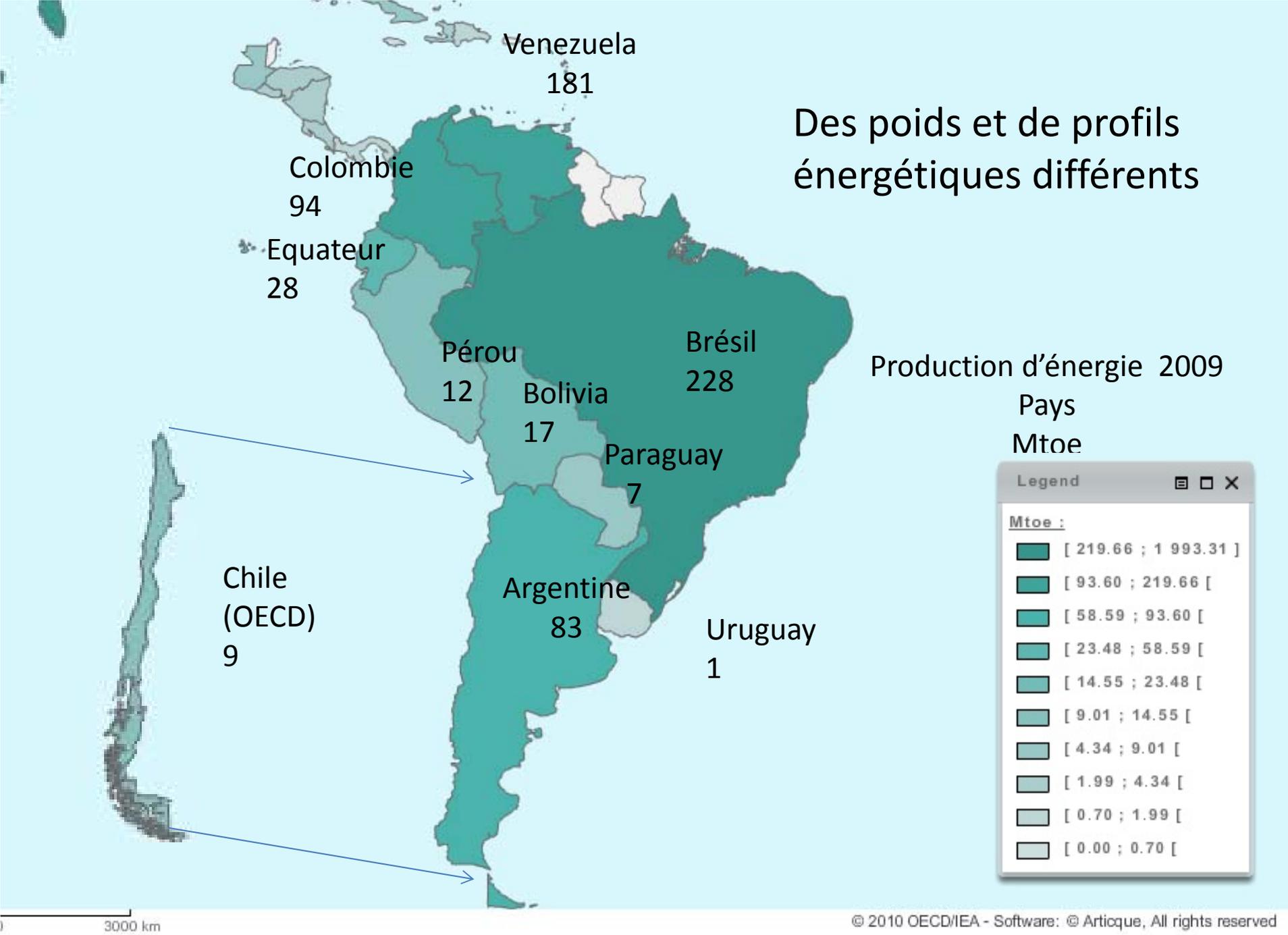


| | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Million TEP | 384,5 | 642,5 | 747,5 | 2773,3 | 2923,4 | 4803,3 |
| | 3,13% | 5,23% | 6,09% | 22,59% | 23,82% | 39,13% |

Source de données : BP statistical review of world energy full report 2012

Des poids et de profils énergétiques différents

Production d'énergie 2009
Pays
Mtoe



- **La diversité des mix énergétiques des pays**
- **les changements en faveur des énergies renouvelables**
- **Les processus d'intégration régionale**

Diversité de mix énergétiques

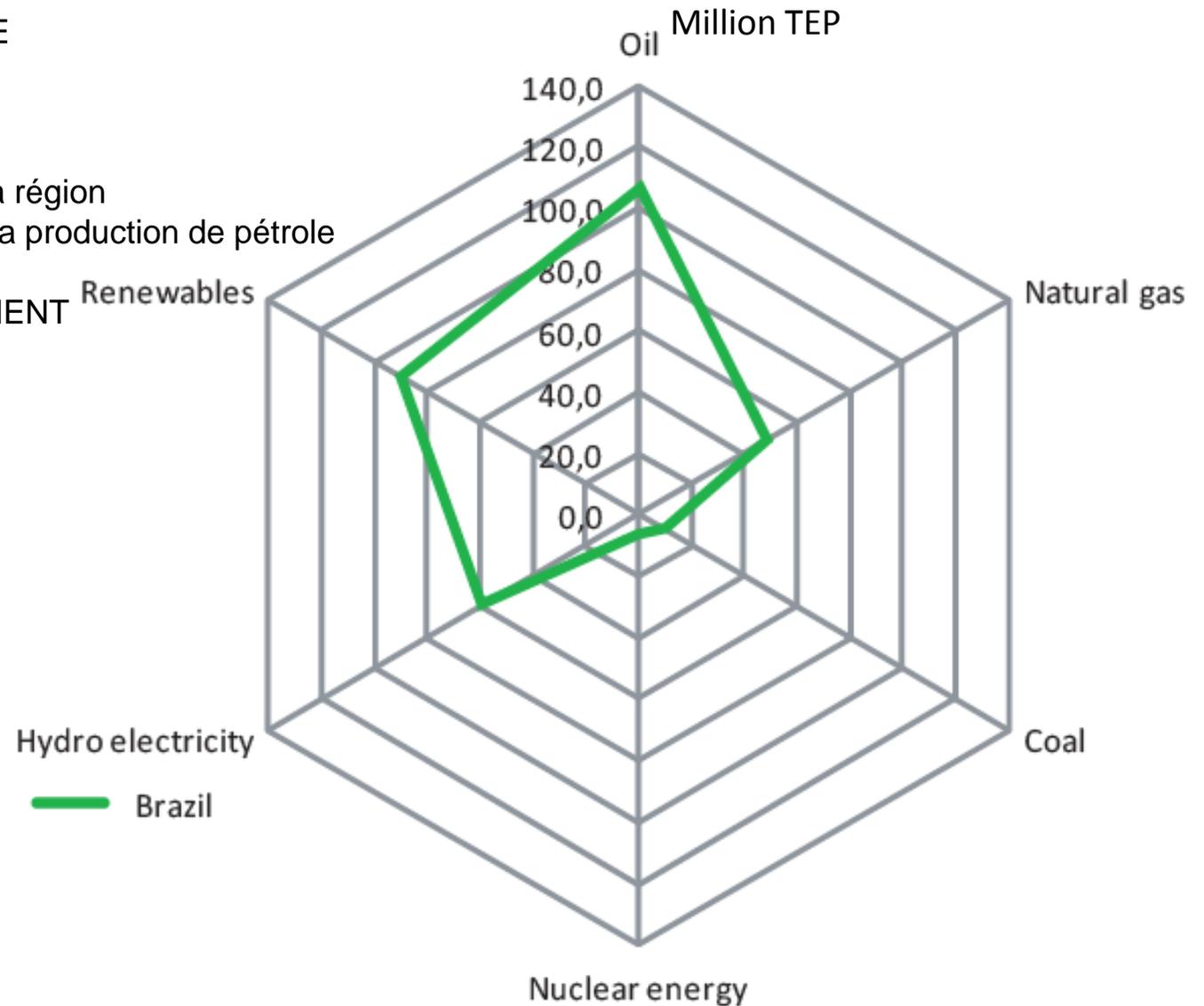
BRÉSIL

DIVERSIFICATION SOUTENUE
AUTOSUFFISANCE ÉNERGÉTIQUE

POLITIQUES A LONGUE TERME

- 2 centrales nucléaires
- 1^{er} producteur de pétrole de la région
PETROBRAS contrôle 95% de la production de pétrole
- Importation de gaz
- RÉSERVES EN DÉVELOPPEMENT

Consommation par pays et source





-2° PRODUCTEUR D'ETHANOL

25 millions de m³

¼ de la surface mondiale de canne
→ 8 de 24 millions de hectares de canne

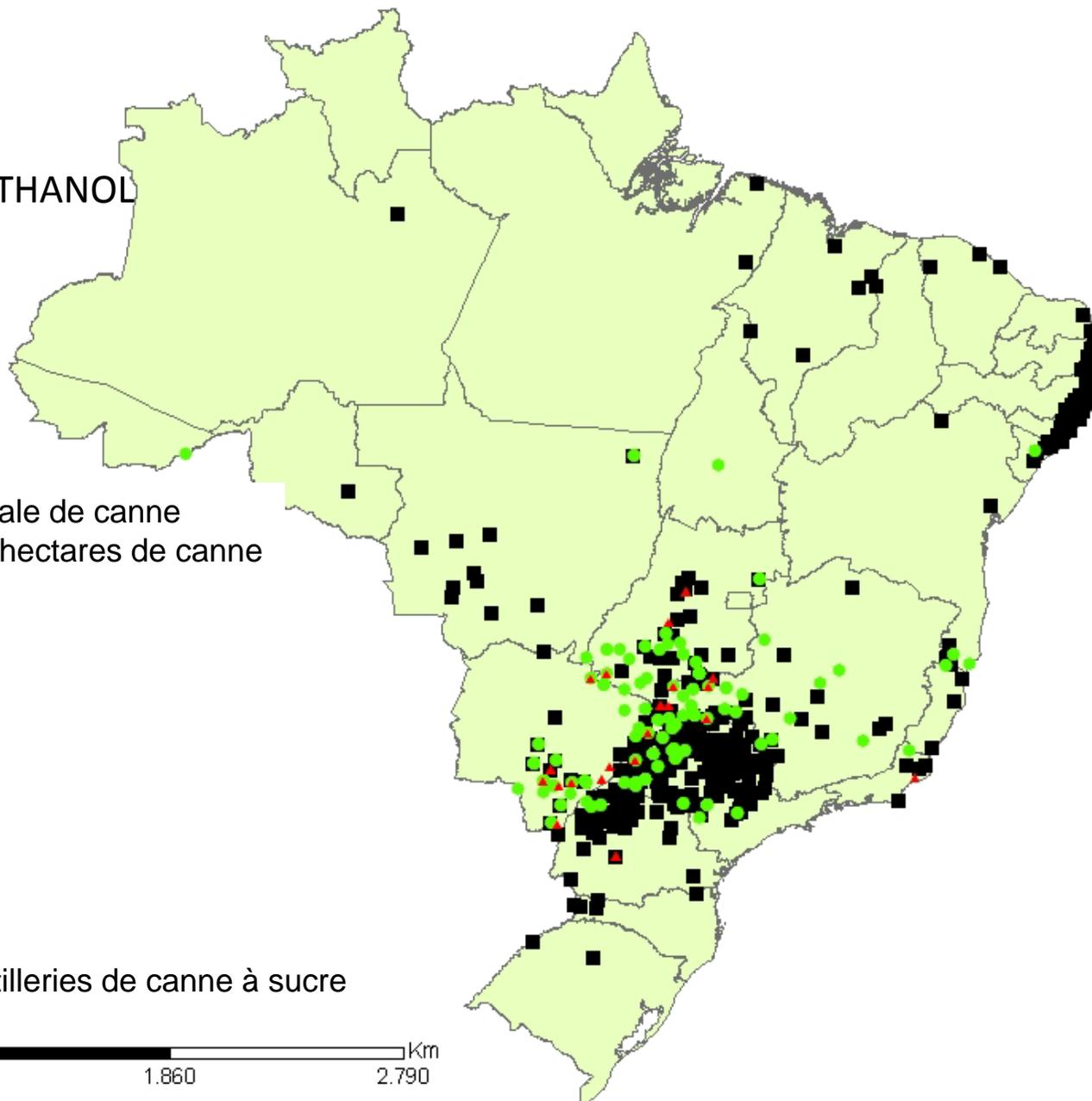
Legenda:

Usinas de Etanol

Situação

- ▲ Estudo
- Implantação
- operando

Plus de 400 usines-distilleries de canne à sucre



Source: EPE 2013

http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28/Mapa%20das%20usinas%20de%20etanol%20no%20Brasil.jpg

Système interconnecté national:

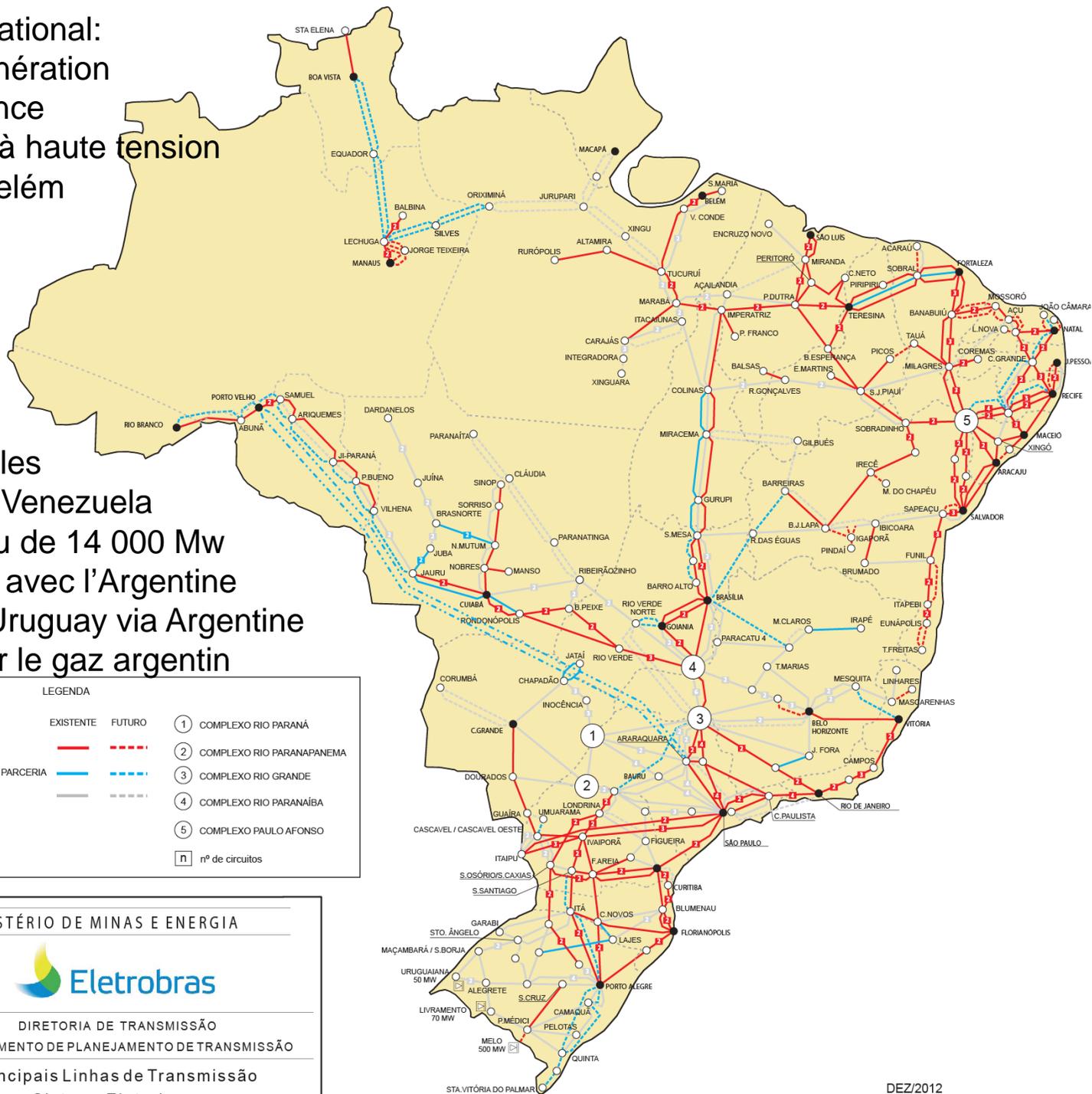
- 2.500 centrales de génération
- 115.000MW de puissance
- 100.000 km de lignes à haute tension
- de l'Uruguay jusqu'à Belém

- Systèmes isolées:

- ~ 50% de la surface
- 3,4% de l'électricité
- 345 usines

- Connexions internationales

- Etat de Roraima relié a Venezuela
- Barrage binational Itaipu de 14 000 Mw
- Connexions électriques avec l'Argentine
- Ventes d'électricité en Uruguay via Argentine
- centrale Uruguaina pour le gaz argentin



ARGENTINE

CONSOMMATION DE GAZ

- diversifiée (chaleur, transport, électricité),
- intensive (51% de l'énergie) et
- répandue (50% de la population connecté)



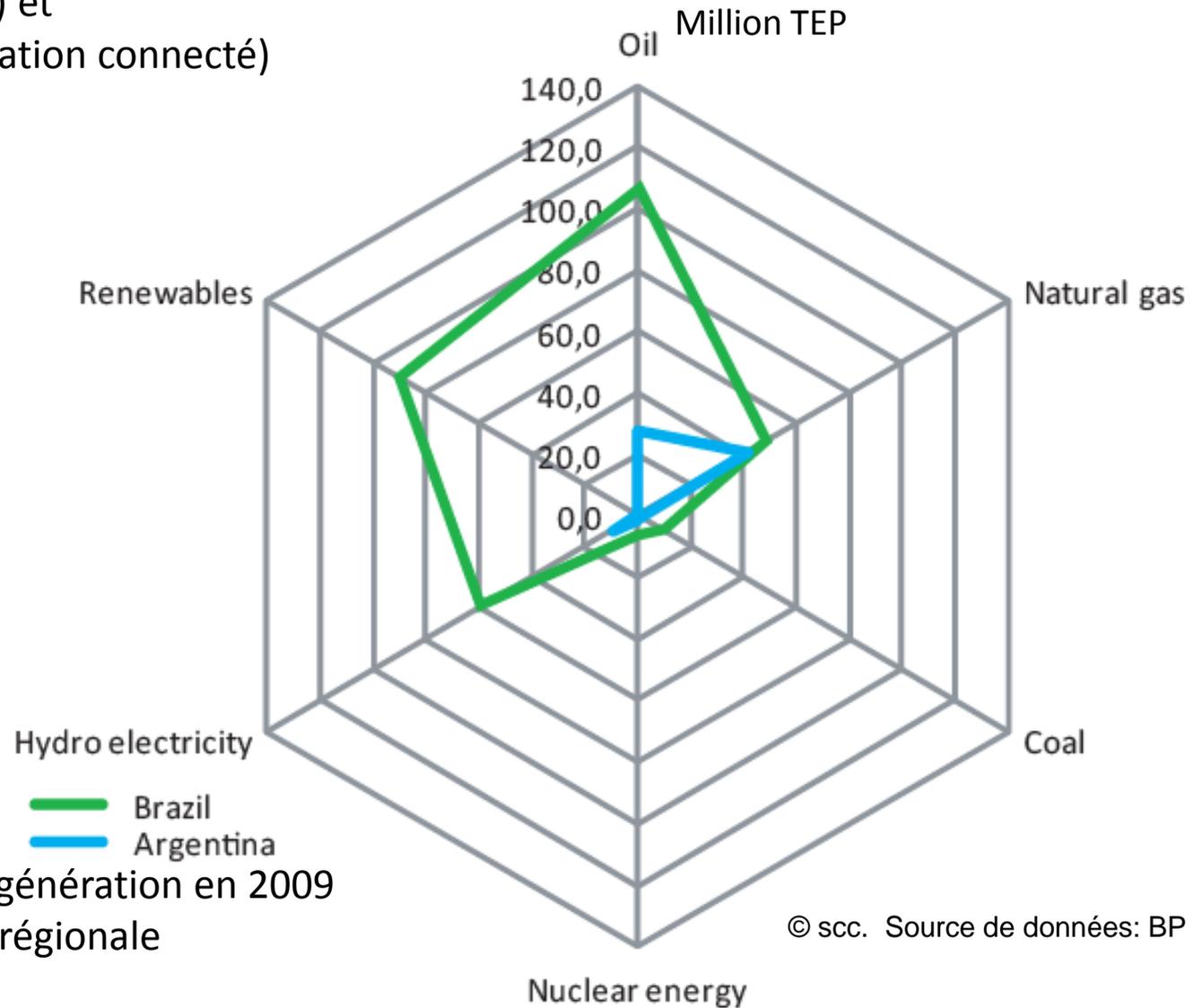
→ Hydroélectricité: 29% de génération en 2009
contre 68% en moyenne régionale

→ 2 centrales nucléaires + 1

- 1^{ER} EXPORTATEUR DE BIODIESEL DE SOJA

- bilan commercial énergétique négatif

Consommation par pays et source

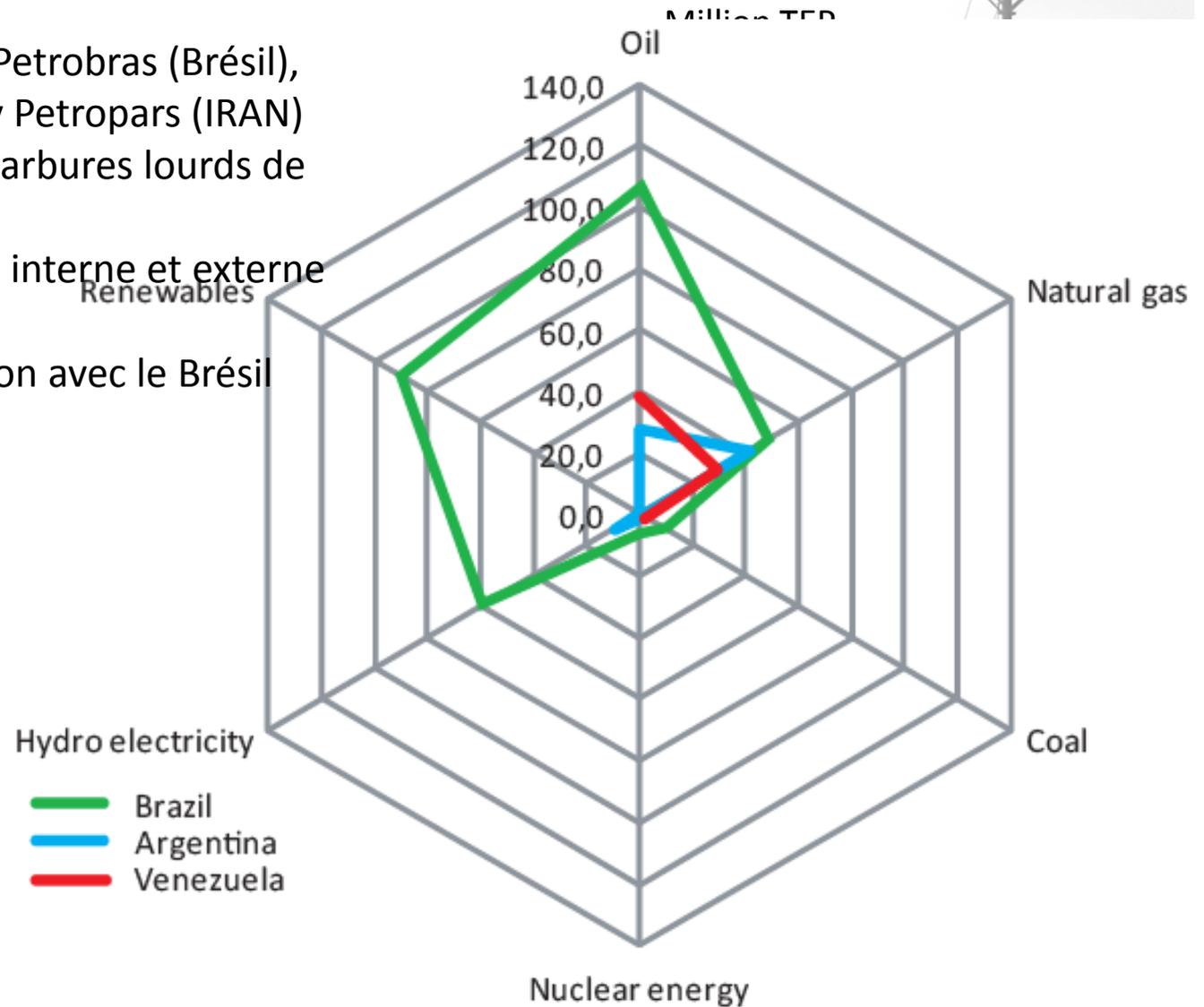


© scc. Source de données: BP

VENEZUELA

- 1° RÉSERVES D'HYDROCARBURES
- 8° EXPORTATEUR DE PÉTROLE
- MEMBRE DE L'OPEP
- PDVSA en association avec Petrobras (Brésil), CNPC (China), ONGC (India) y Petropars (IRAN) cherche a développer hydrocarbures lourds de l'Orénoque
- Capacité de raffinage élevée interne et externe
- Hydroélectricité → connexion avec le Brésil
- Barrage de Guri

Consommation par pays et source



PetroCedeño, référence mondiale de traitement des huiles extra-lourdes

PDVSA, TOTAL, Statoil



Barrage de Guri, connecté au Brésil

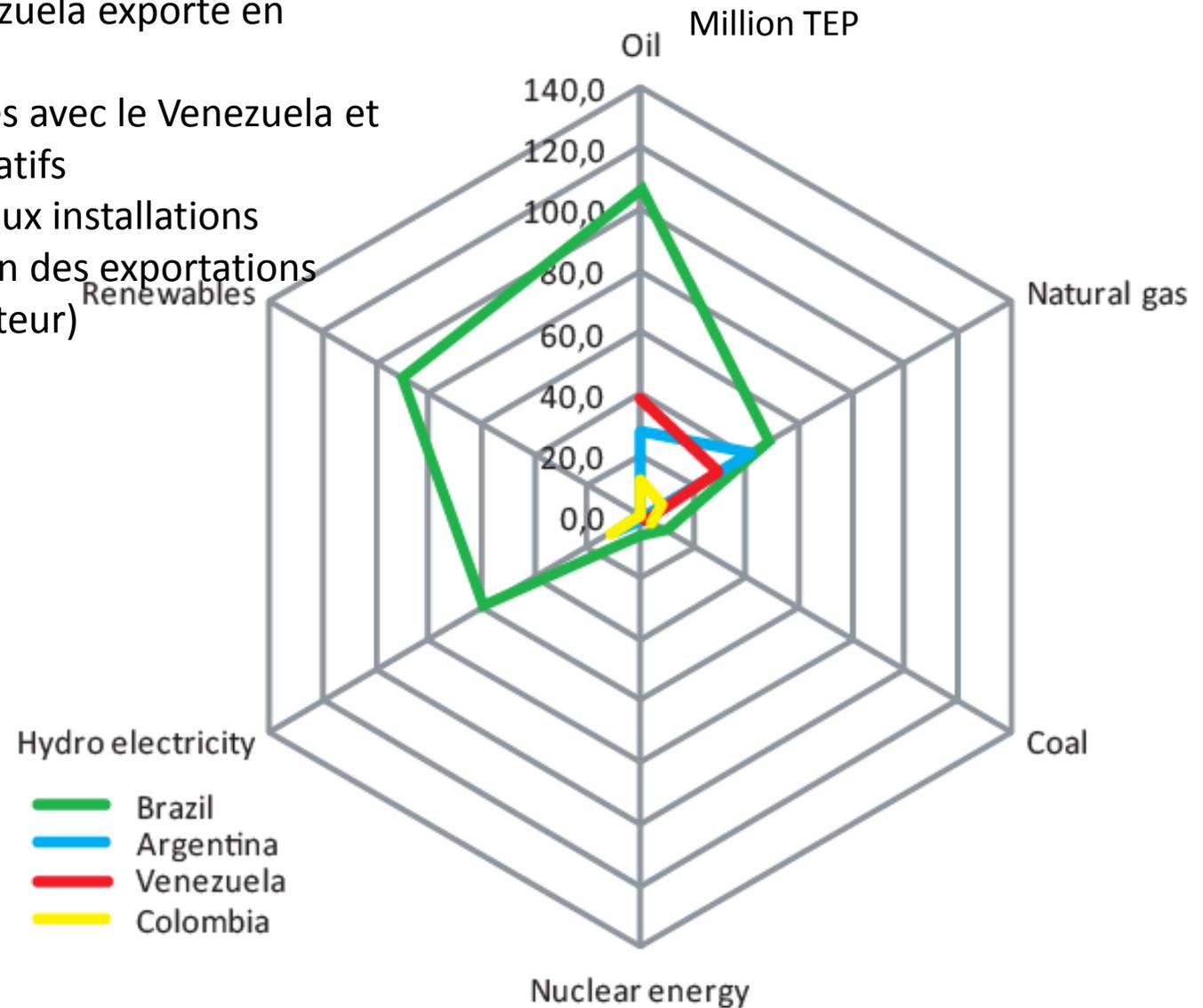


© SCC.

COLOMBIE

- EXPORTATEUR DE PÉTROLE ET DE CHARBON (5°)
- ventes de gaz a Venezuela via un gazoduc construit pour que le Venezuela exporte en Amérique Centrale
- interconnexions électriques avec le Venezuela et l'Equateur sans flux significatifs
- diminution des attaques aux installations pétrolières → augmentation des exportations (dépassent celles de l'Equateur)

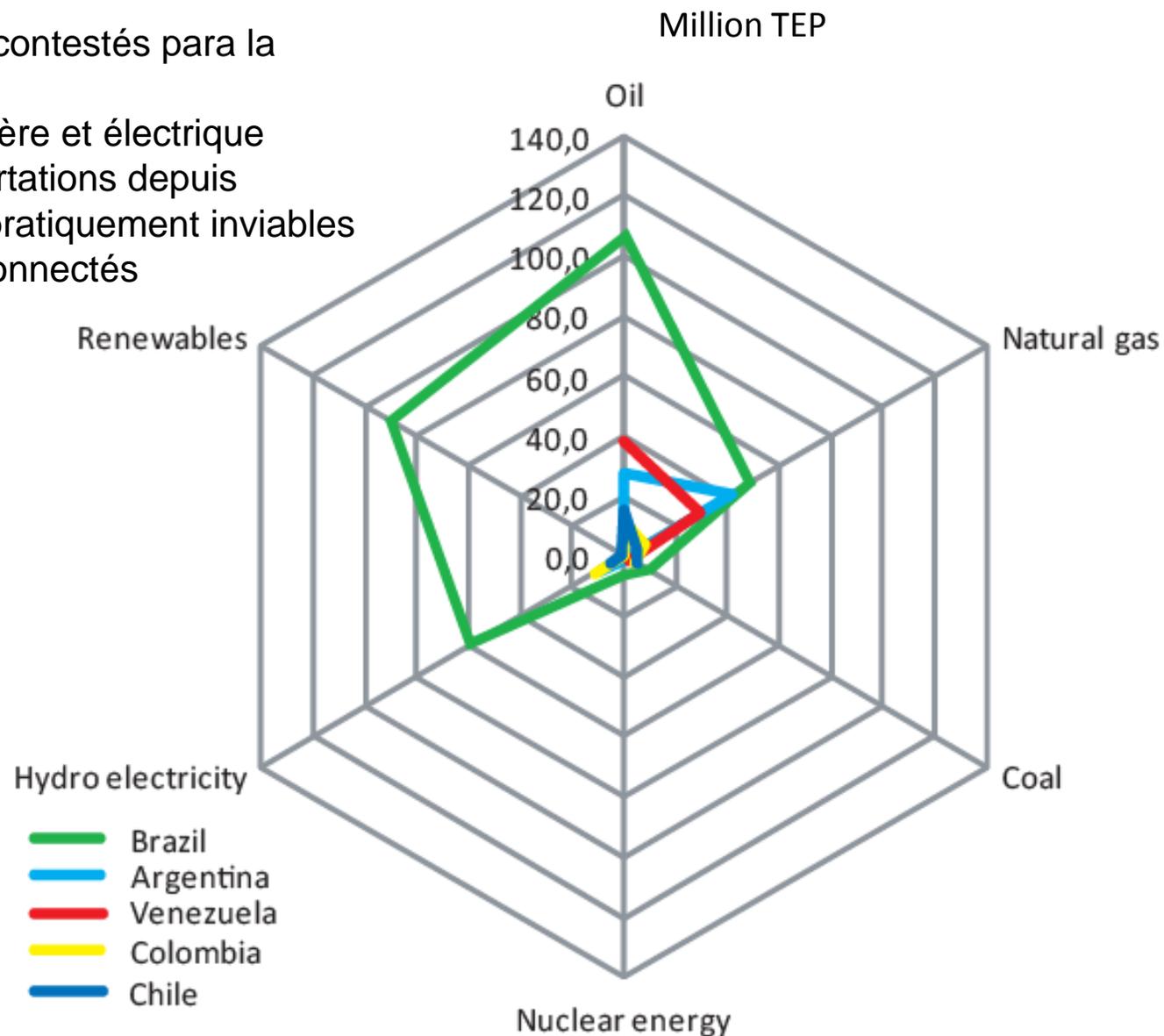
Consommation par pays et source



CHILI

- DEMANDE ET INCERTITUDES CROISSANTES
- Production d'hydrocarbures insuffisant et en déclin
- Hydro électricité et charbon contestés para la population
- Connexions gazières, pétrolière et électrique internationales mais les importations depuis l'Argentine et la Bolivie sont pratiquement inviablés
- 4 systèmes électriques déconnectés

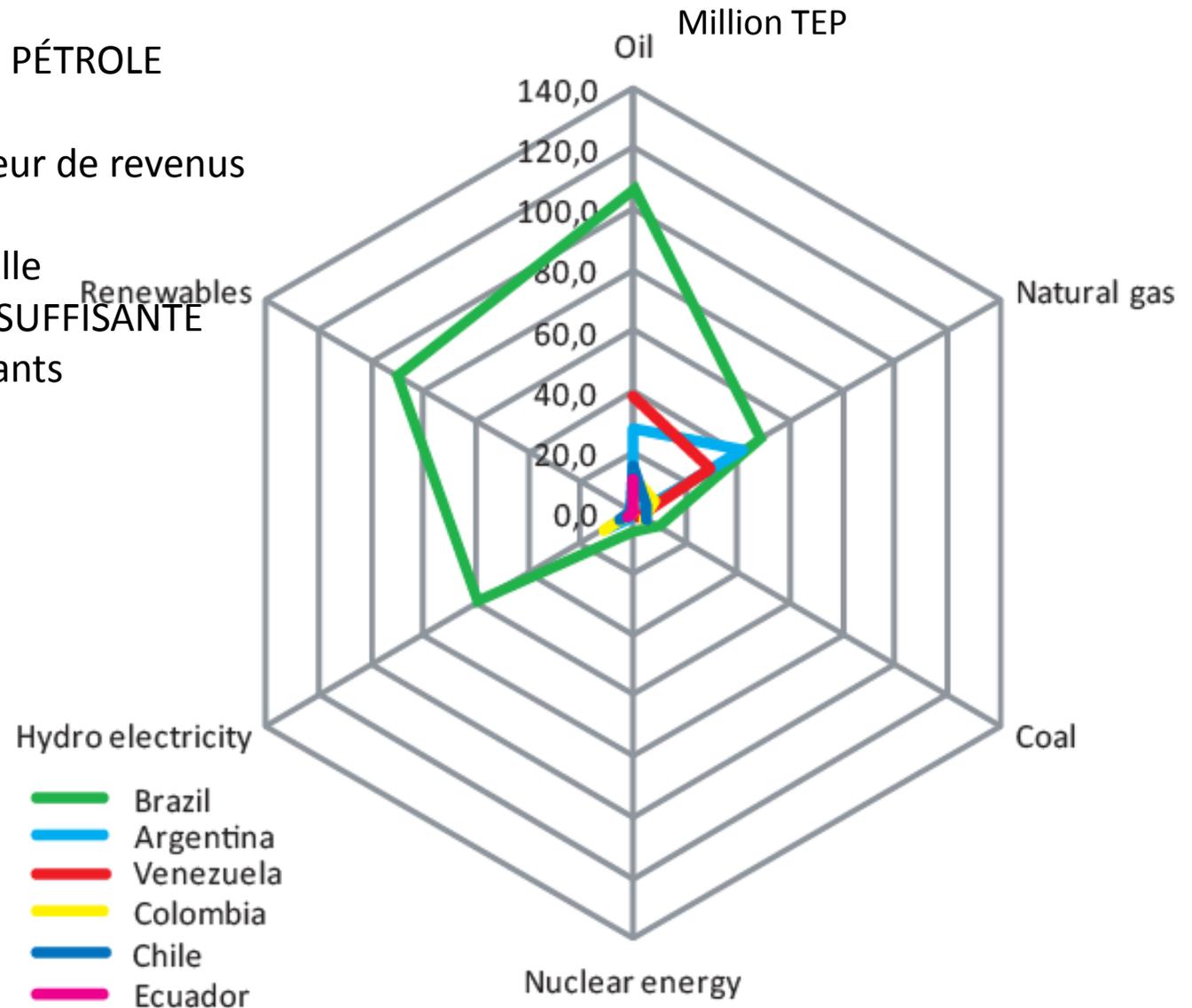
Consommation par pays et source



EQUATEUR

- MEMBRE DE L'OPEP (1973 -1993 ; depuis 2007)
- Plus petit producteur de l'OPEP, 5° en Amérique du Sud et 3° réserves
- DEPENDANCE EXTREME DE PÉTROLE
 - 80% de l'énergie
 - Exportations, source majeur de revenus
 - 50% vers les Etats Unis
 - Chine, destination nouvelle
- CAPACITÉ DE RAFFINAGE INSUFFISANTE
 - IMPORTATION de carburants

Consommation par pays et source



PÉROU

DIMINUTION DE LA DEPENDENCE DE L'HYDRO ELECTRICITÉ

2002, 85% hydroélectricité, 15 % électricité thermique

2008, 61% hydroélectricité, 39 % électricité thermique

A PARTIR DE MEGA GISEMENT CAMISEA

CONSOMMATION DE GAZ + EXPORTATION GNL

→ Distribution a Lima (depuis 2004)

→ génération électrique → 32% a gaz

→ exportations aux Etats unis et Mexique

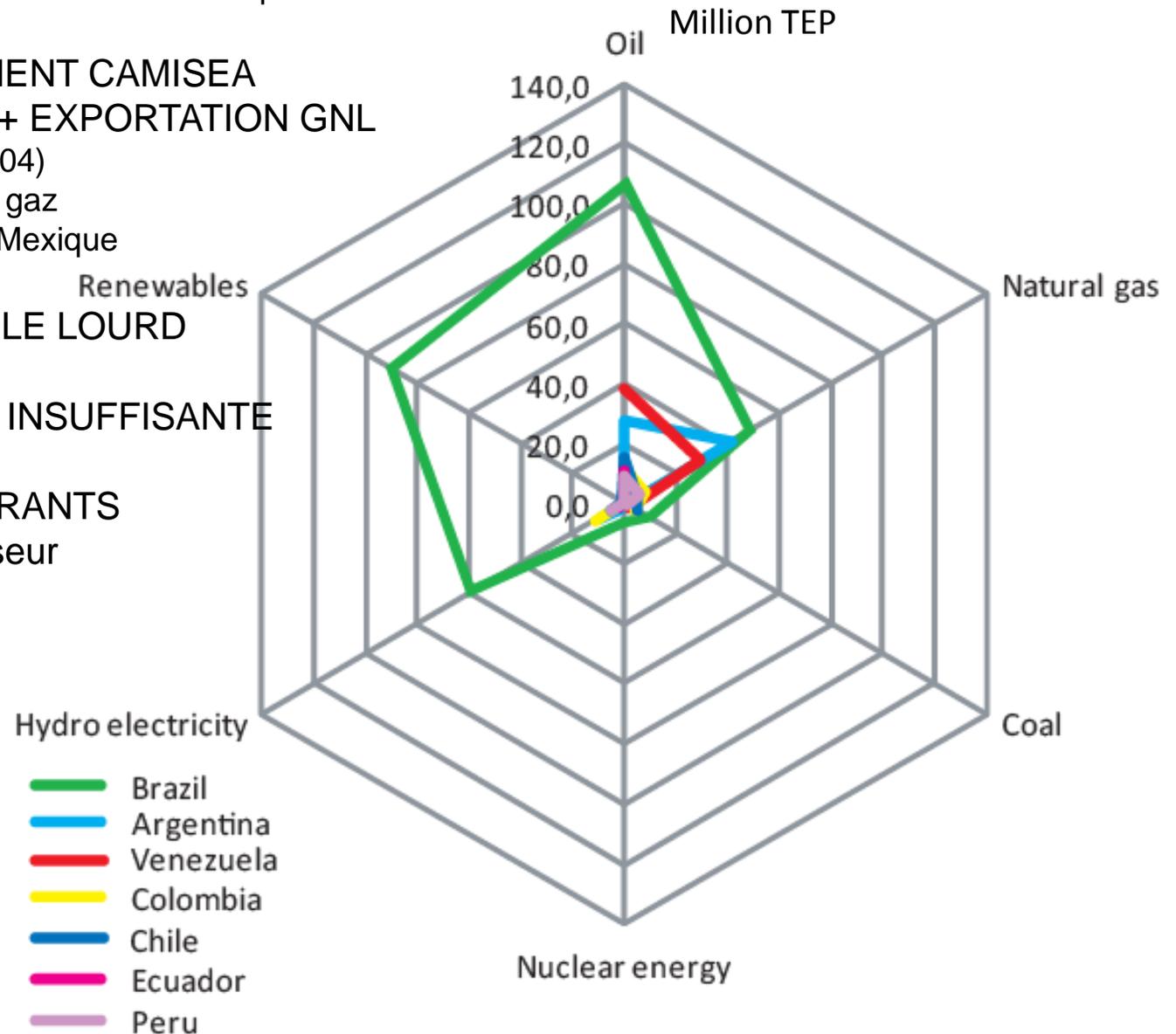
EXPORTATEUR DE PETROLE LOURD

CAPACITÉ DE RAFFINAGE INSUFFISANTE

IMPORTATEUR DE CARBURANTS

→ Equateur principal fournisseur

Consommation par pays et source



BOLIVIE

EXPORTATEUR DE GAZ

→ depuis 1970 vers l'Argentine

→ depuis 2002 vers le Brésil

→ Projets d'exportation de GNL

RESEAU DE GAZ EN DEVELOPEMENT

SYSTEMES ELECTRIQUES

→ manque d'interconnexion interne et externe

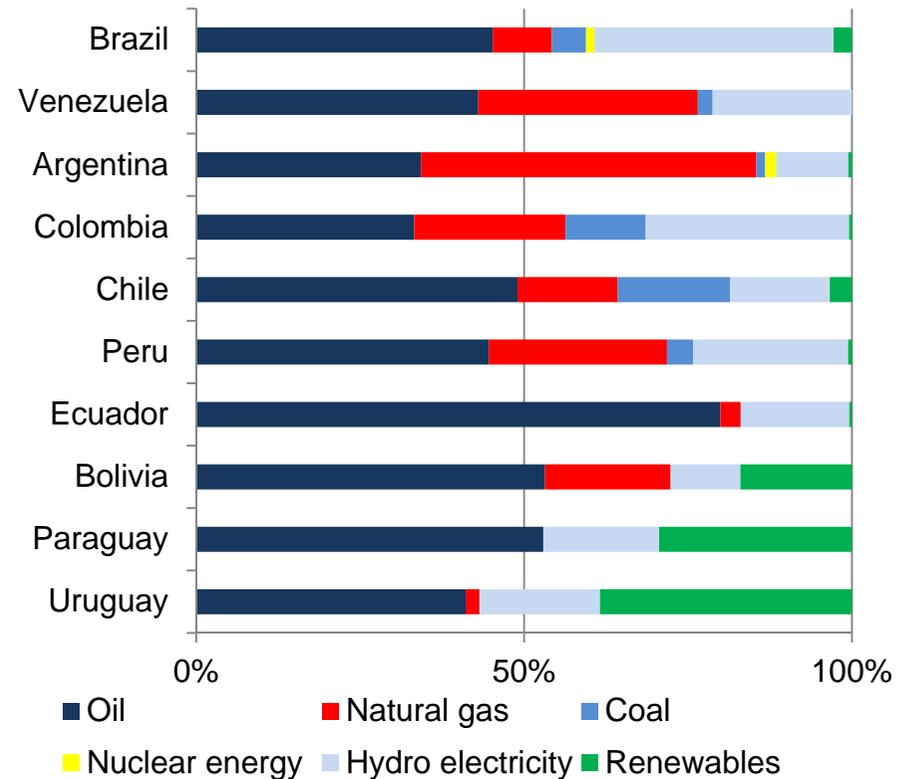
URUGUAY

Electricité → 65% hydraulique

IMPORTATEUR D'HYDROCARBURES

→ importations de gaz depuis l'Argentine pour
génération interrompues

Autres sources: bois et charbon



PARAGUAY

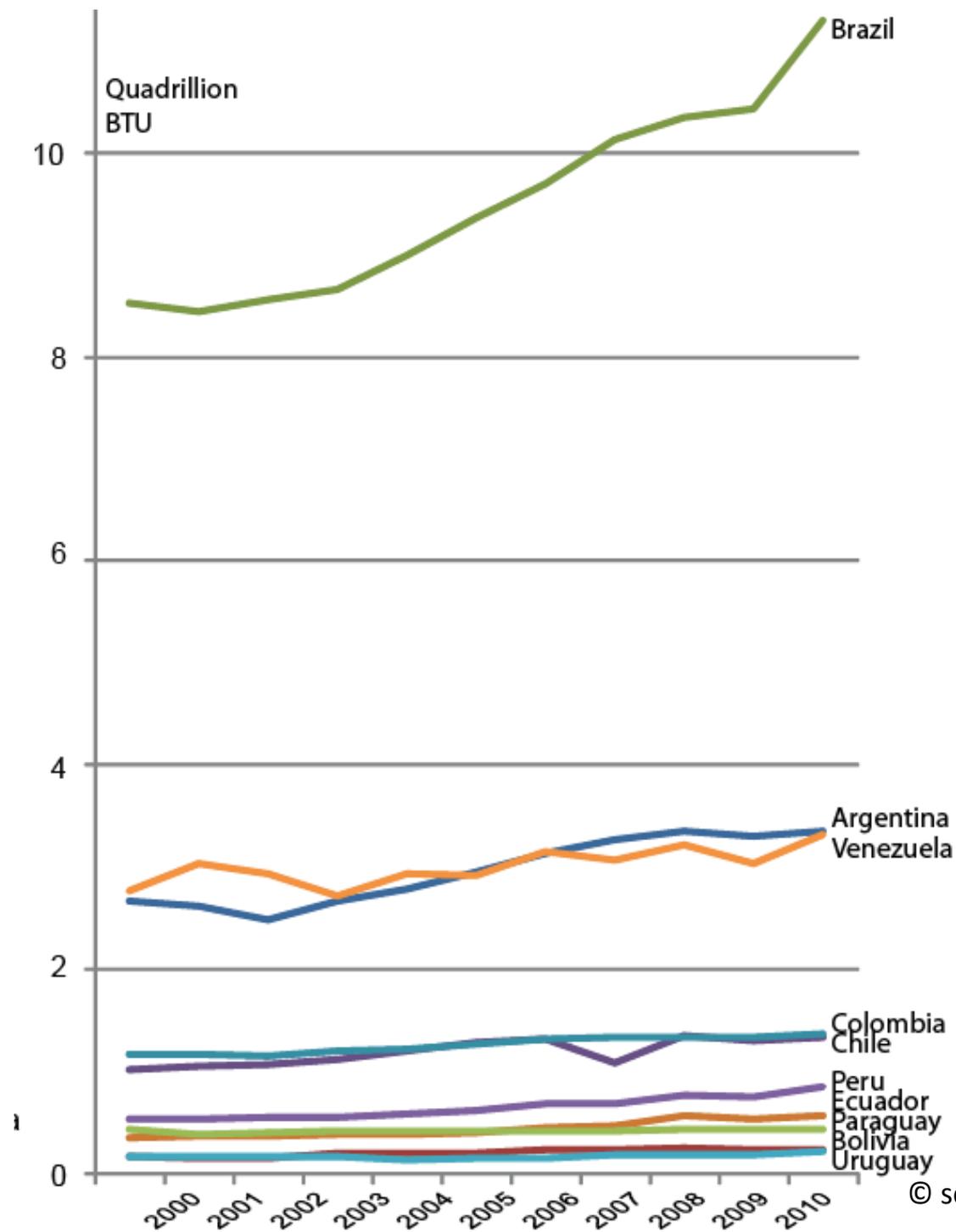
EXPORTATEUR D'ELECTRICITÉ

→ 89% de exportations de la région
d'ITAIPU et Yacyreta vers Brésil et Argentine

LIGNES 220Kv vers Asunción

IMPORTATEUR DE PETROLE

Consommation par pays 2000-2010



© scc. Source de données: IEA

Diversificación energética



DISTRITO SUR - SAN TOME
INSTALACIÓN PANELES SOLARES
COMUNIDAD LAS PALOMAS
PARROQUIA SANTA CLARA
ENERGIZANDO A VENEZUELA
DESARROLLO ENDOGENO
SUB-NÚCLEO PROYECTO SAN CRISTÓBAL
ZONA RURAL
40 VIVIENDAS
01 ESCUELA

NOVIEMBRE - 2004

| | Programme | % bioethanol | % biodiesel | ERNC | système d'incitation |
|-----------|---------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Argentine | 2006 Régimen fomento | | | 2016: 8% génération | Tarifs spéciales |
| | Loi 26193/2006 | 2010: 5% | 2010: 5% | | quotas et tarifs |
| | GENREN 2009 | | | +1015 MW | appel d'offres, tarifs spéciaux |
| 'Bolivie | Generando c. E. Alternat. | | | + 10% génération en 5 ans | |
| | | 2007: 10% | 2007: 2,5 2015: 20% | | |
| | Plan de Universalización Bolivia con Energía 2010 | | | 2015: accès universel urbain 2025: accès universel rural | |
| Brésil | (Proalcool 1975) | 25% | 2010: 5% | | |
| | 2004 Proinfa | | | 2006: 6% génération; 10% en dix ans +3300MW | appel d'offres; financement BNDES |
| Colombie | | 2010: 10% 2012: 20% | 2010: 7% ou 10% par région | | |
| | PROURE Plan d'action indicatif 2010-2015 | | | 2015: 3,5% SIN et 20% zones non connectées; 2020: 6,5 et 30% | exonérations fiscales |
| | GTZ + Colciencia | | | 20 MW eolien | |
| Chili | | 2008: 2,5 | 2008: 2,5 | | |
| | Loi 19940:2004 | | | 2014 : 5%, 2024 : 10% | Quotas a générateur >200MW SING et SIC |
| | Loi 20365/2008 | | | | Exoneration syst. solaire |
| | Loi 20257/2008 | | | | \$ extra/kWh additional ER |
| Equateur | R004/2011 CONELEC | | | 6% (285 MW) | tarifs spéciaux |
| Pérou | | 2010: 7,8 | 2011: 5% | | |
| | D.législatif 1002 / 2008, D supremo 050/2008 | | | 5%; 2010 +500 MW y 1314 GWh/an; 2011: + 1981 GWh/an | appel d'offres |
| Paraguay | Résolutions 234 et 235/2007 et 162/2009 | 18 ou 24% Type d'essence | 2007: 1%, 2008: 3%, 2009: 5% | | |
| Uruguay | Loi 18.195 / 2007 | Jusqu'a 2014: 5 max 2015: 5 min | Jusqu'a 2008: 2% max 2012: 5% | 50% ER en énergie primaire 2015: 30% → +550 MW; 2020: + 251 MW | appel d'offres |

initiatives publiques de promotion d'ERNC

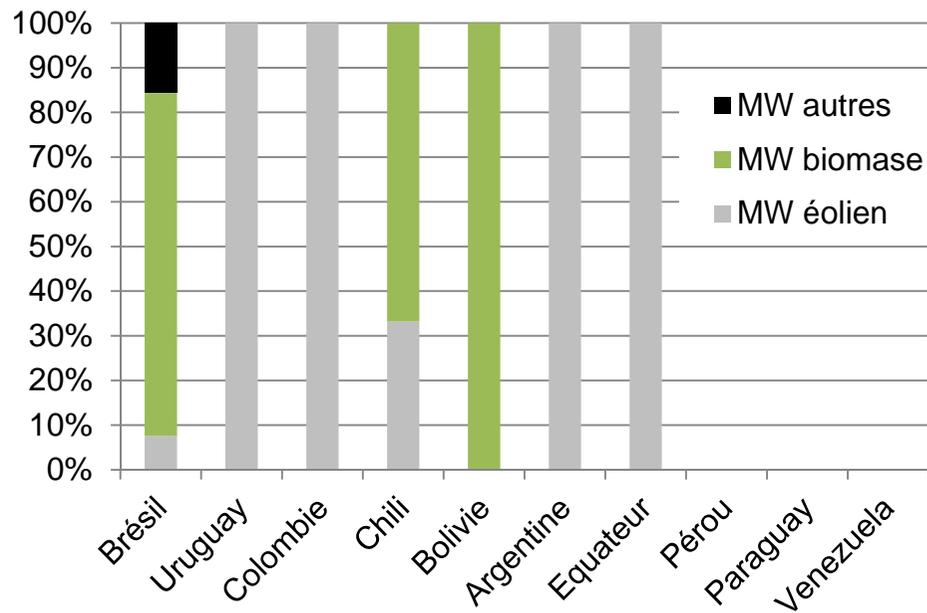
Partenariats public-privé en dehors des programmes nationaux

Exemples:

- Usine géothermique 50 MW a Antofagasta, au Chili en étude
(Geotermia del Norte: 51% ENEL d'Italie; 44% Enap y 5% Codelco)
- Développement de Biocarburant d'algues au Chili (3 projets PPP)
- Parc éolien à l'île San Cristobal, Galapagos, en Equateur
(Nations Unies, E8 et Etat)
- micro-hydro à Cochico 65 kW et hybride à Chorriaca -75 kW éolien, 120 kW diesel-, Neuquén, Argentine (Duke Energy, Global Sustainable Electricity Paternship, EPEN de la Province)
- Générateur photovoltaïque (400 kW) à Bahia Brésil (PPP: Eletrobras, Université Fédérale Santa Catarina) + COELBA (Electricité de l'Etat de Bahia, Neoenergia (Bresil), GIZ (Allemagne))



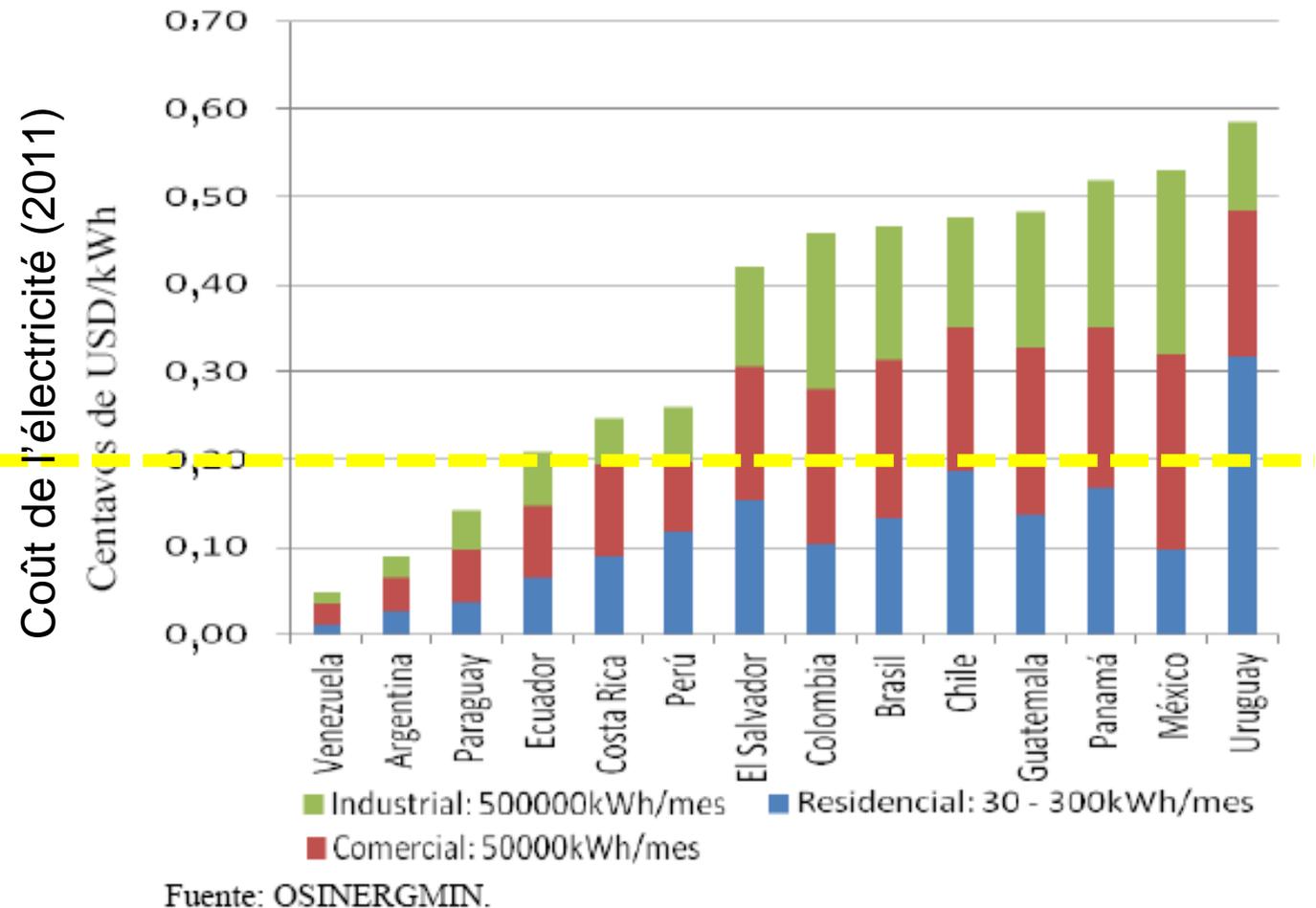
diversification limitée ...à l'exception du Brésil



| 2009 | MW thermique conventionnel | MW hydraulique | MW renouvelable non hydr. | Demande maximale | Mois de demande max. | GWh thermique conventionnel | GWh hydraulique | GWh éolien | GWh solaire | GWh biomasse | GWh autres | Renouvelable non hydr. GWh total | % ER du total |
|-----------|----------------------------|----------------|---------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------|--------------|------------|----------------------------------|---------------|
| Brésil | 20011 | 78610 | 7952 | 69193 | Nov. | 44441 | 390988 | 1238 | | 22601 | 6889 | 30728 | 6,59 |
| Uruguay | 793 | 1538 | 172 | 1684 | Jul. | 2627 | 5173 | 42 | | 180 | | 222 | 2,77 |
| Colombie | 4515 | 9010 | 18 | 9290 | Déc. | 15023 | 41313 | 1282 | | | | 1282 | 2,22 |
| Chili | 9868 | 5404 | 250 | 6139 | Déc. | 33482 | 25158 | 79 | | 971 | | 1050 | 1,76 |
| Bolivie | 902 | 486 | 21 | 939 | Déc. | 3763 | 2295 | | | 60 | | 60 | 0,98 |
| Argentine | 21993 | 10122 | 28 | 19566 | Jul. | 87064 | 35184 | 37 | 1 | | | 38 | 0,03 |
| Equateur | 2777 | 2059 | 2 | 2770 | Avr. | 9128 | 9222 | 3 | | | | 3 | 0,02 |
| Pérou | 4709 | 3273 | | 4322 | Déc. | 13040 | 19904 | | | 1 | | 1 | 0,00 |
| Paraguay | 4 | 8810 | | 1810 | Nov. | 1 | 54842 | | | | | | |
| Venezuela | 9085 | 14623 | | 17337 | Sep. | 38861 | 85962 | | | | | | |

Des énergies renouvelables non conventionnelles de plus en plus compétitives

Coût de l'électricité à partir d'ERNC = 0,20 kWh (EIA 2009)



L'intégration énergétique

des intégrations flexibles

En fonction de

- **Des besoins**

- complémentarités temporelles (pics de demandes déphasés)
- situations de pénuries ou de crise

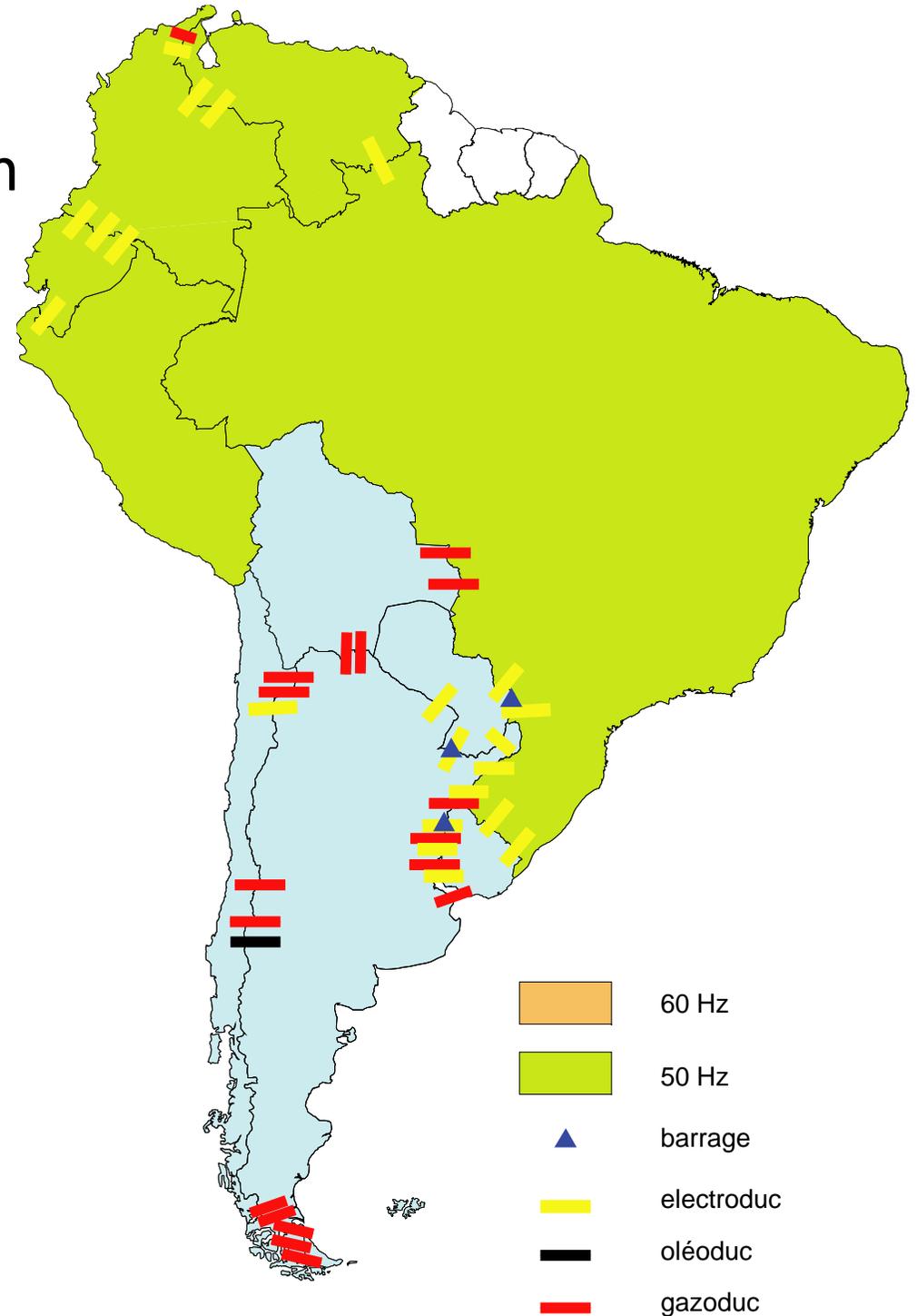
- **Des intérêts**

- complémentarités territoriales
(ressource -consommateur)

- **Des possibilités**

- incorporation des énergies renouvelables non conventionnelles
(génération intermittente)

Une intégration cousue main

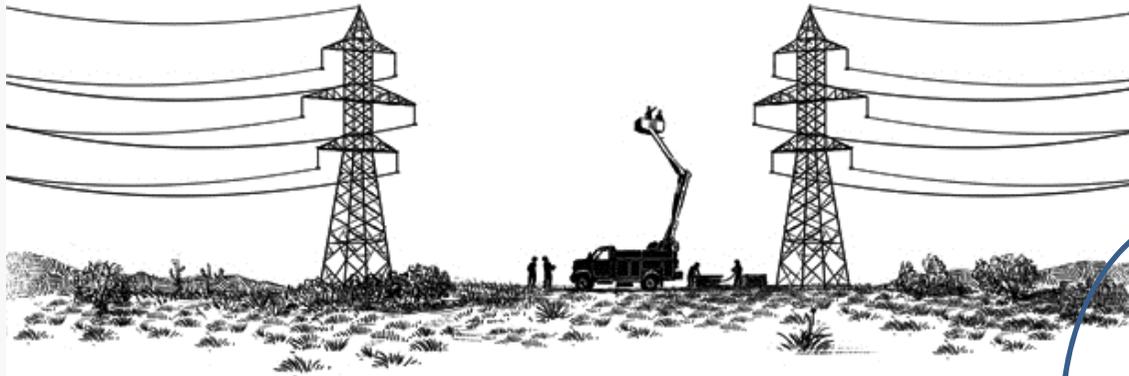


Résilience des systèmes intégrés

volonté des Etats d'approfondir les intégrations inachevées

SING
4600 MW
6% population

SIC
12.700 MW
92% population



Source: La tercera. 12/05/2013. Chile
S. Bernstein .Desafíos energéticos en Chile

Systeme Aysén
41 MW
1% population

Systeme Magallanes
100 MW
1% population

Resistance des systèmes existants

... des désarticulations internes

Références :

- centrale à gaz / cycle combiné avec gaz
- centrale à charbon ou fuel
- centrale hydroélectrique

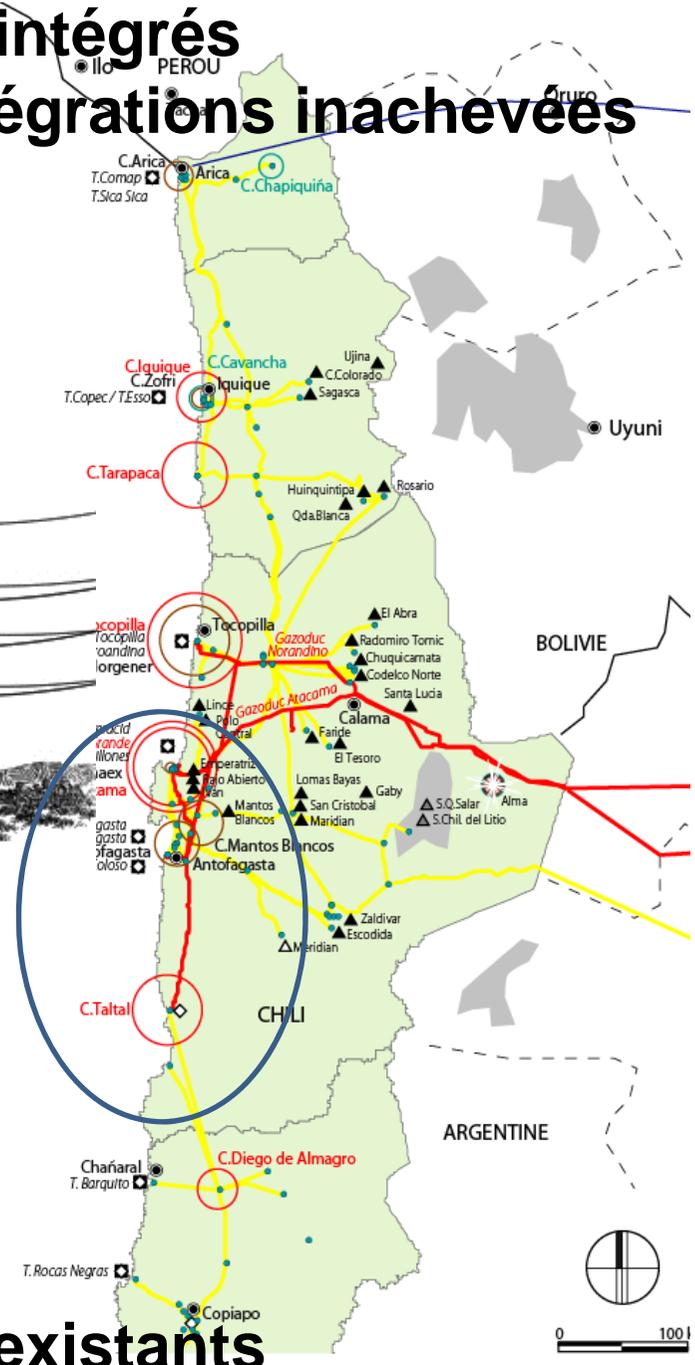
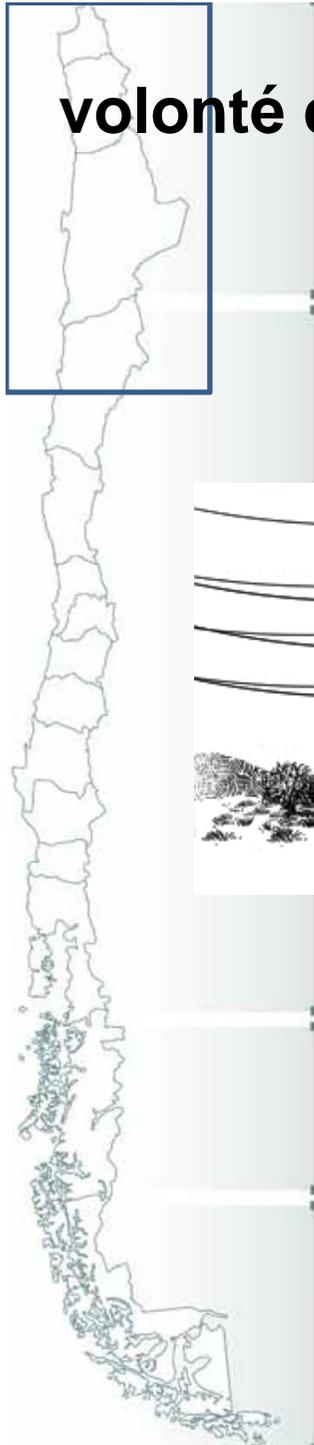
- terminal maritime
- stockage de carburant
- salar

OCEAN PACIFIQUE

CHILI

ARGENTINE

0 100 km



Echanges de gaz naturel 2011
 Billion cubic metres
 Source BP

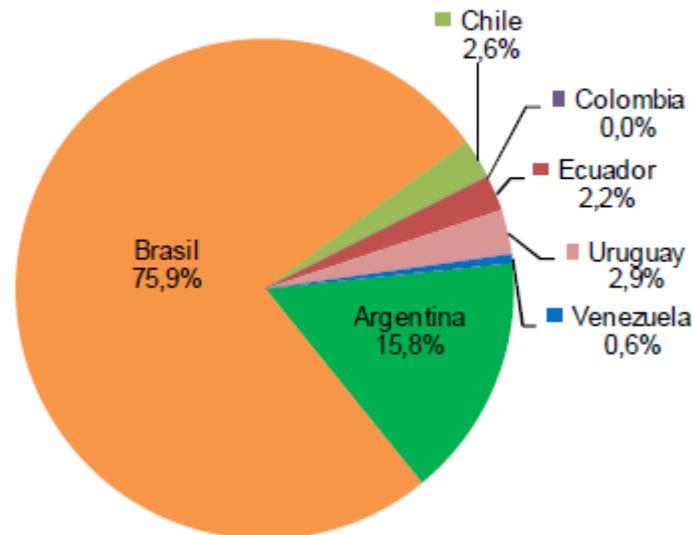
Une intégration “floue”
 sans contrats fermes

Mais avec des échanges

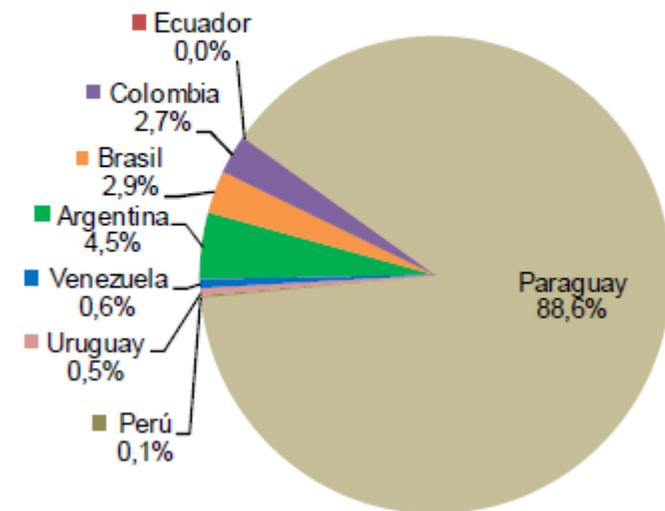
| de vers | Argentine | Bolivie | Colombie | Total |
|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| Argentine | | 3,58 | | 3,58 |
| Brésil | | 9,74 | | 9,74 |
| Chili | 0,12 | | | 0,12 |
| Uruguay | 0,08 | | | 0,08 |
| Venezuela | | | 2,11 | 2,11 |
| S. & Cent. America | 0,20 | 13,32 | 2,11 | 15,63 |

Participación por país en la importación de energía eléctrica en América del Sur – 2009

Echanges électriques



Participación por país en la exportación de energía eléctrica en América del Sur - 2009



• Source: CIER 2009

... et avec des nouveaux investissements

Projets d'investissements supérieurs à un milliard de dollars

| Projet | Pays | infrastructure | capacité | etat | millions \$source |
|-------------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------|---------------------------|
| Rio Madeira | Brésil Bolivie | hydroelectricité | 10250 | étude | 20000BNDES, BID, Privé |
| Morona-Marañon-Amazonas | Equateur | hydroelectricité | 4248 | execution | 4277Public, Privé |
| Aysén | Chili | hydroelectricité | 2750 | étude | 4000Privé |
| Corpus Christi | Argentine Paraguay | hydroelectricité | 3000 | sans financement | 2100 |
| Garabí | Argentine Brésil | hydroelectricité | 1800 | étude | 1300Public, Privé, BID |
| Manuels Piar e Tocomá | Venezuela | hydroelectricité | 2160 | execution | 3000Public, BID |
| Porce III | Colombie | hydroelectricité | 660 | execution | 910Public, BID |
| Terminación Yacyretá | Argentine Paraguay | hydroelectricité | 1500 | execution | 1074Public, BID |
| Coca Codo Sinclair | Equateur | hydroelectricité | 1500 | execution | 1591Public |
| Estreito | Brésil | hydroelectricité | 1087 | étude | 1800BNDES, Privé |
| Condor Cliff | Argentine | hydroelectricité | 1400 | étude | 2000sans financement |
| Tortruba | Guyane Brésil | hydroelectricité | 1000 | étude | 1850sans financement |
| gazoduc | Bolivie Brésil | gazoduc | 20 MM m3/j | fonctionnement | 2050Petrobras, Privé, BID |
| gazoduc | Argentine Bolivie | gazoduc | 31 MM m3/j | étude | 1700Public, Privé, BID |
| regazification GNL | Uruguay | GNL | 25 MM m3/j | execution | 1500public |
| liquefaction GNL | Pérou | GNL | 4,4 MM m3/j | étude | 3856Public, Privé, BID |
| Projet Camisea | Pérou | gaz naturel | | execution | 1800Privé, BID |
| regazification GNL | Brésil | GNL | 20 MM m3/j | execution | 2360Petrobras |

Source de données: Bertinat et al. 2008 Escenarios energéticos en América del Sur

Intégration portée par des entreprises transnationales avec le soutien des Etats

L'avancée brésilienne

- Travaux binationaux
- Exportation d'énergie
 - sans contrat firmes
 - flexible
- Expansion d'Electrobras, Petrobras
- Financement BNDES
- Exportation d'équipement et de services
- Constructions faites par les transnationales brésiliennes

Réflexions finales

En Amérique du Sud,

- la diversification énergétique est relativement élevée et
- les niveaux des émissions de CO₂ sont relativement faibles
- malgré une inefficience et une dépendance des hydrocarbures considérables.

Les Etats cherchent à améliorer l'approvisionnement énergétique de leur peuples et territoires

- lançant des incitations ou des obligations pour l'expansion des énergies renouvelables,
- des programmes d'efficacité énergétique,
- et appuyant des grands projets d'infrastructure pour la production et le transport.

Les propositions d'expansion des réseaux ne comprennent pas

- l'évaluation de choix optimales des solutions techniques
- ni critères ni d'amélioration de la *durabilité*, ni de la *fiabilité*
- ni des contrats internationaux fermes.

Il s'agit surtout d'augmenter

- la disponibilité énergétique,
- la concurrence et participation des acteurs régionaux
- et la flexibilité nécessaire pour faire face aux crises.

L'intégration sud-américaine

- est conçue comme un moyen de garantir le fonctionnement de l'existant, plutôt que comme l'instrument de transition.
- Les Etats coopèrent pour « gagner » et réalisent des projets qui développent des complémentarités régionales sans s'accorder sur un agenda énergétique limitant la souveraineté des gouvernements.
- Alors ni pour une transition énergétique, ni dans le processus d'intégration régionale, il n'existe de vision partagée d'un avenir commun.