



ECOVIURE

FÒRUM ENERGIA 2021

ESTRATÈGIES COL-LABORATIVES EN TRANSICIÓ ENERGÈTICA

# ***Reptes per assolir el 100 % d'energia verda a Catalunya***

Xavier Obradors

Institut de Ciència de Materials de Barcelona, ICMAB - CSIC  
Campus UAB, Bellaterra

Real Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, RACAB



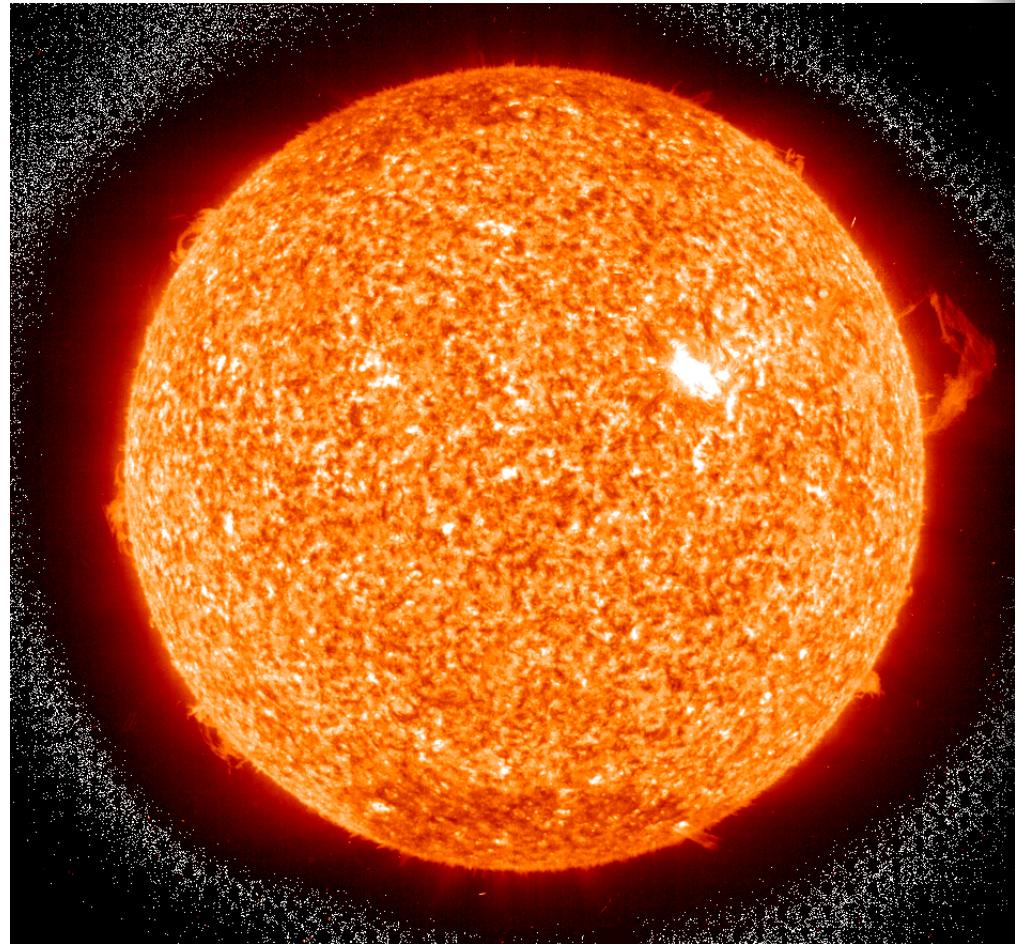
"Functional Materials for a Better Future" (*FUNFUTURE*)

<https://www.racab.cat/academia/opinio/opinio-30-abr-2021-2>

# L'energia és el motor de la nostra civilització

- L'energia es la indústria mundial més gran del mon (1.5 bilions \$/any)
- L'energia ens dóna la capacitat de proporcionar:
  - Aigua
  - Aliments
  - Salut
  - Estat del benestar (vivenda, transport, materials, comunicacions...)
- Motor de transformacions socials i econòmiques

1h llum solar = 1 any energia humanitat



La fusió nuclear al sol és la nostra major font d'energia

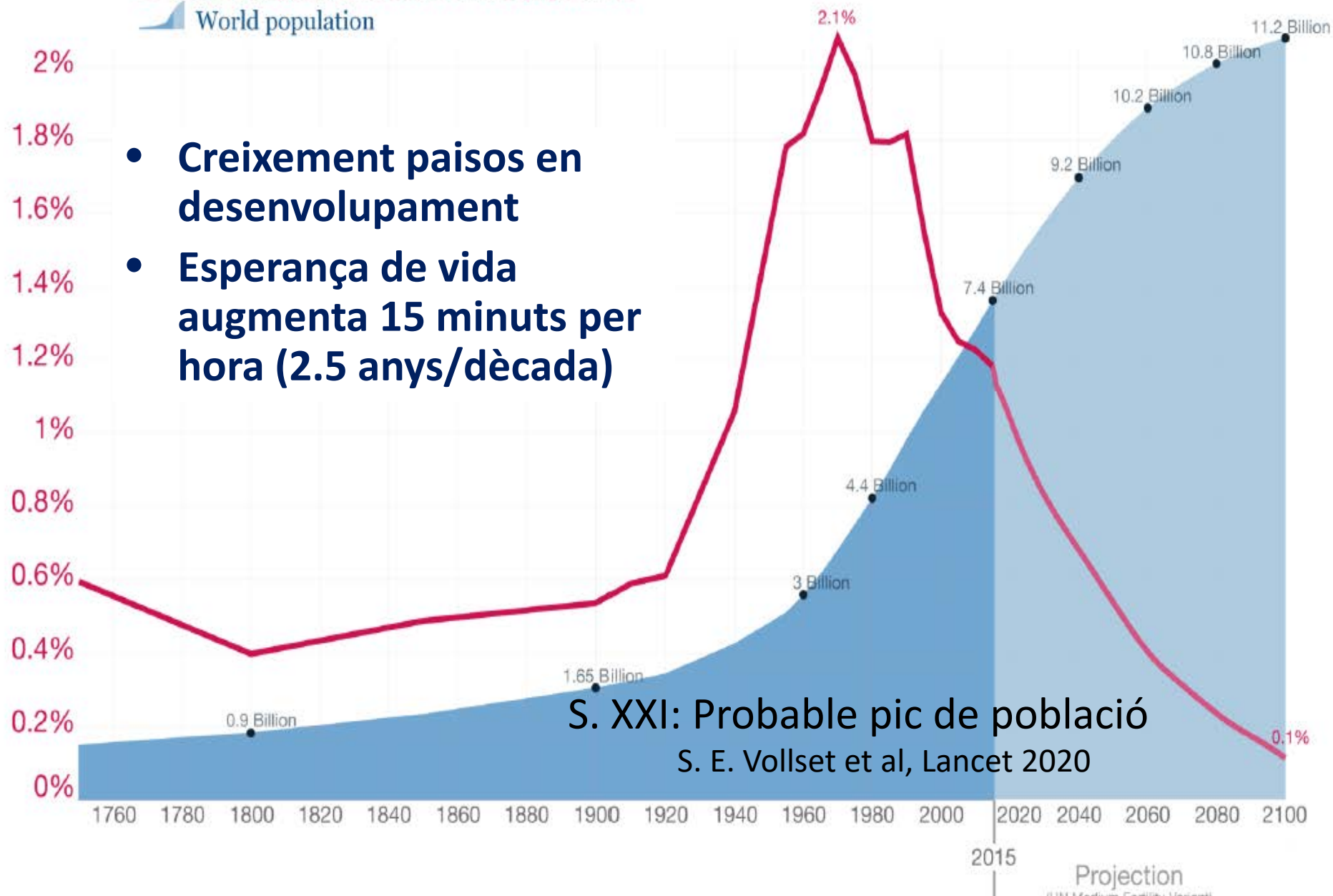
# Energia: és possible la sostenibilitat?

## Energy Return On Investment (EROI): un concepte unificador

- Quanta energia podem recuperar pel consum realitzat per aconseguir-la?. És sostenible el procés?
- Un procés EROI  $< 1:1$  no és viable
- Agricultura (anys 1.300-1750): aconseguix EROI 2.5:1. Població doble.
- S XX: petroli dona fins EROI 50:1. Població x4 en 100 anys.
- Una societat avançada necessita EROI  $> 10:1$ .
- Energies renovables poden generar EROI 10-15:1
- La sostenibilitat energètica amb energies renovables és possible!

# World population growth, 1750-2100

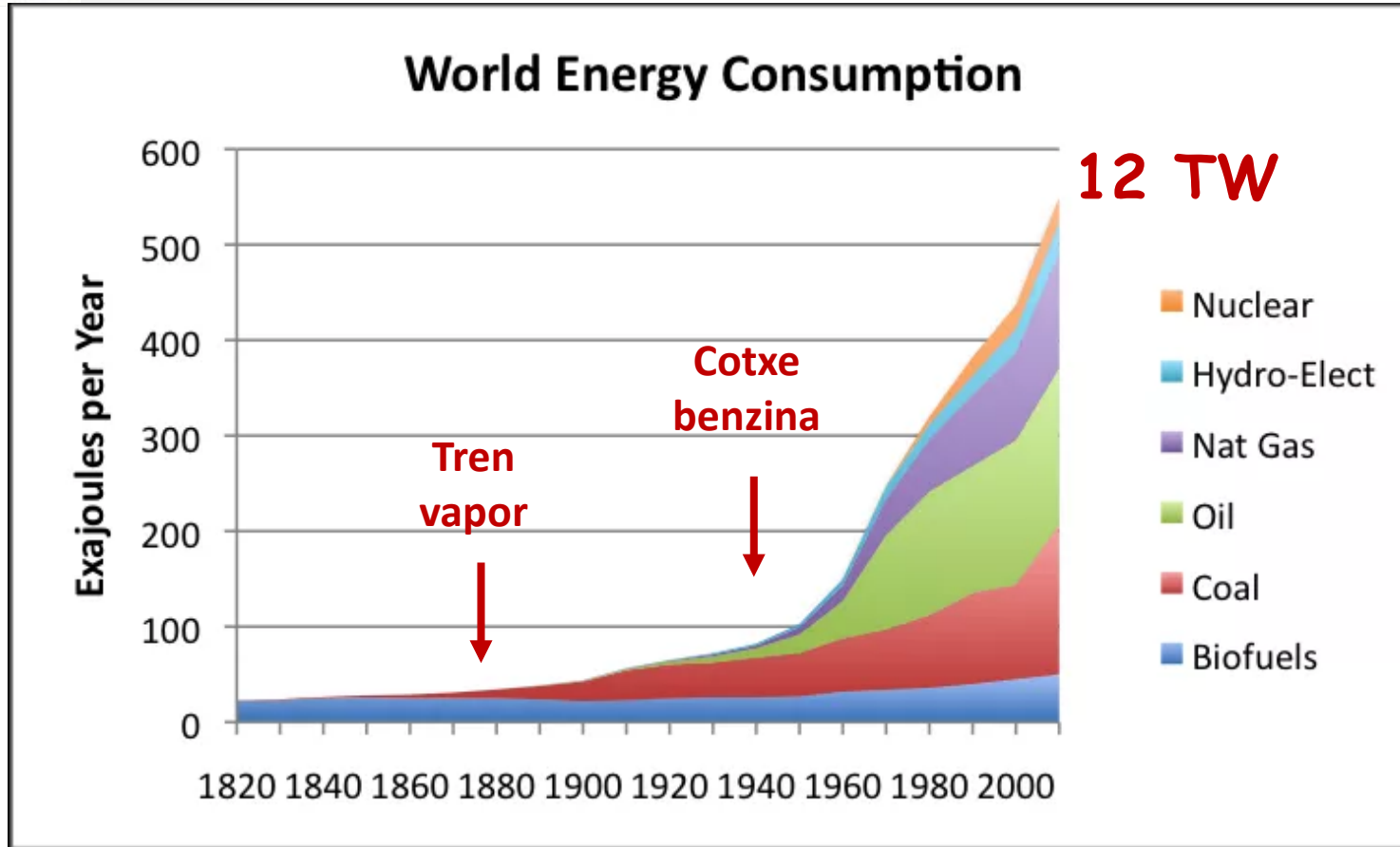
 Annual growth rate of the world population  
 World population



- Creixement països en desenvolupament
- Esperança de vida augmenta 15 minuts per hora (2.5 anys/dècada)

S. XXI: Probable pic de població  
S. E. Vollset et al, Lancet 2020

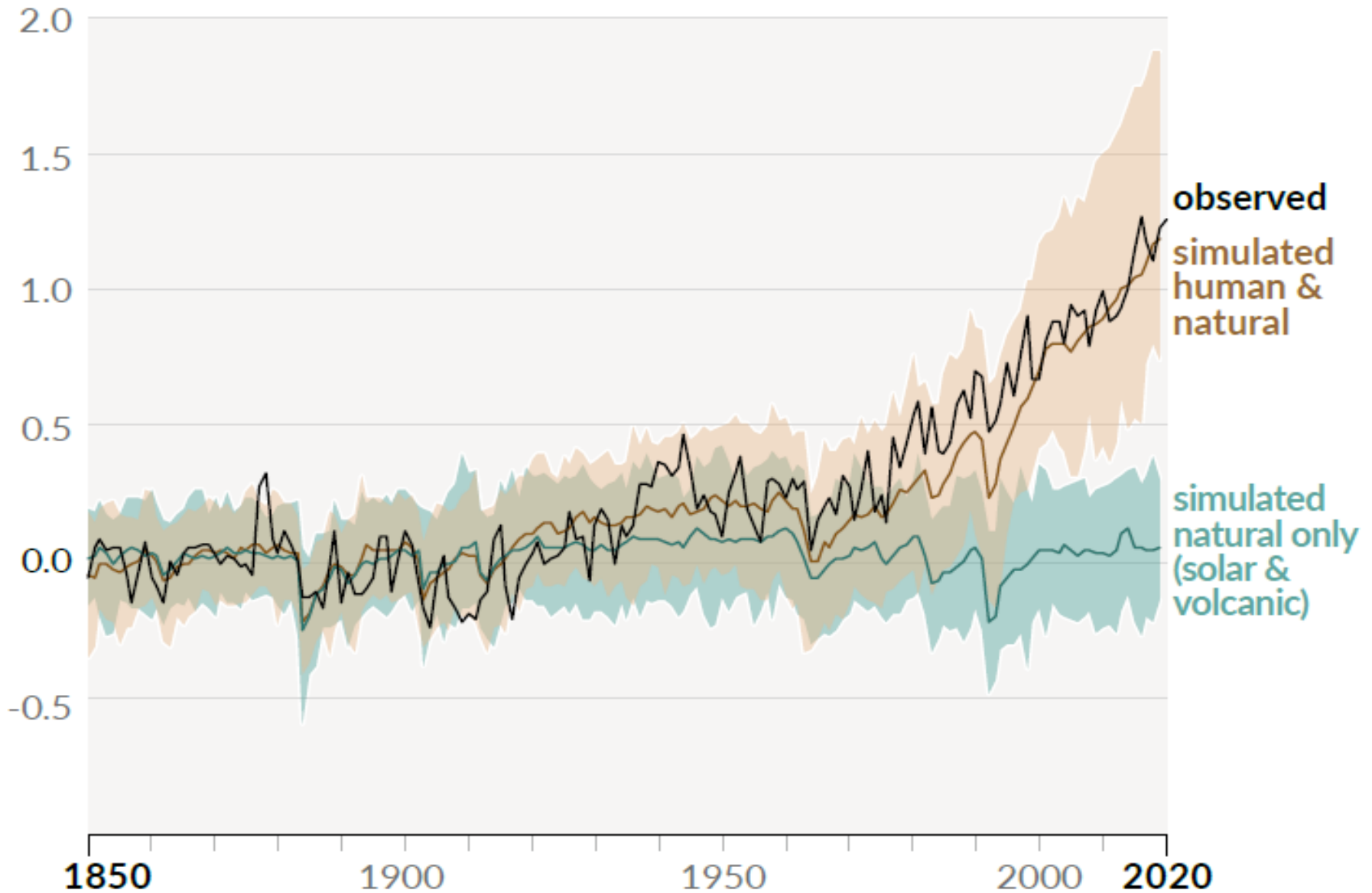
2015  
Projection  
(UN Medium Fertility Variant)



- Segle XX: dominació absoluta d'energies fòssils (75-85 %).
- Previsions BAU: +70% al 2030 / +100% al 2050
- Extracció petroli: 160.000 l/s actualment



# Augment de la temperatura de la Terra

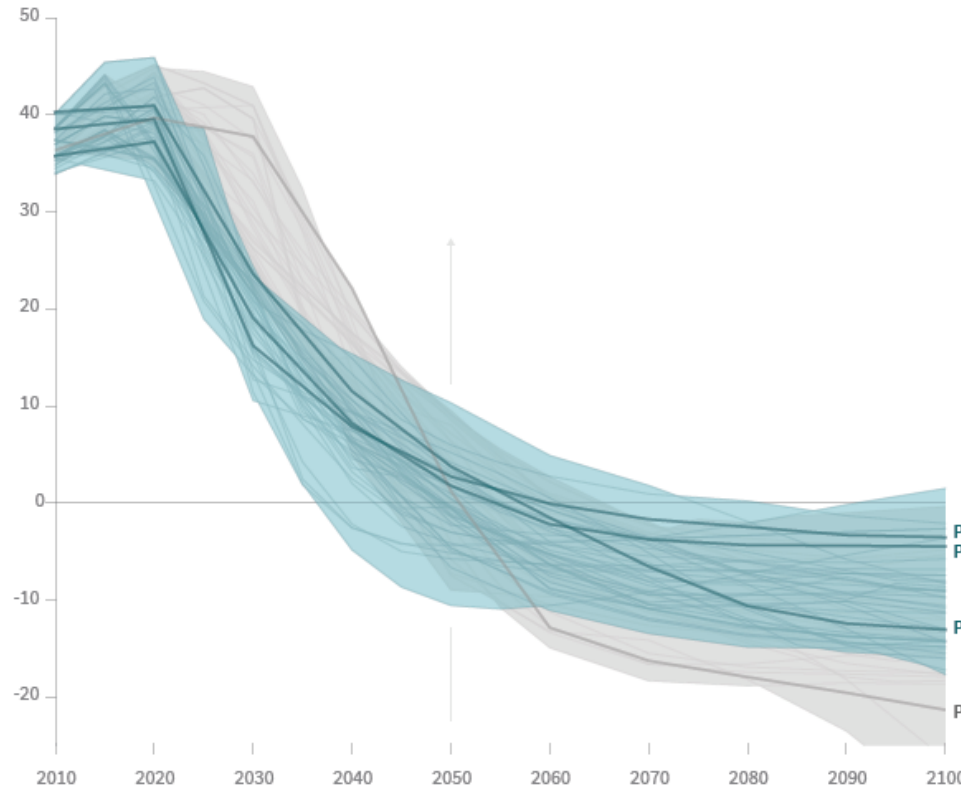


GTm CO<sub>2</sub>



Global total net CO<sub>2</sub> emissions

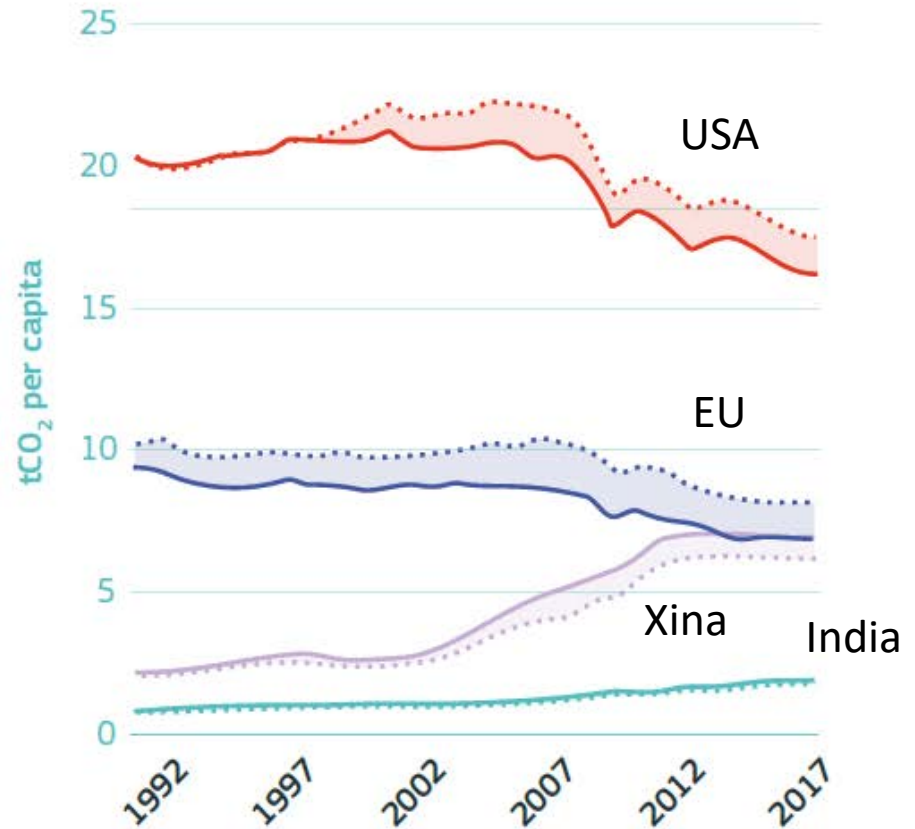
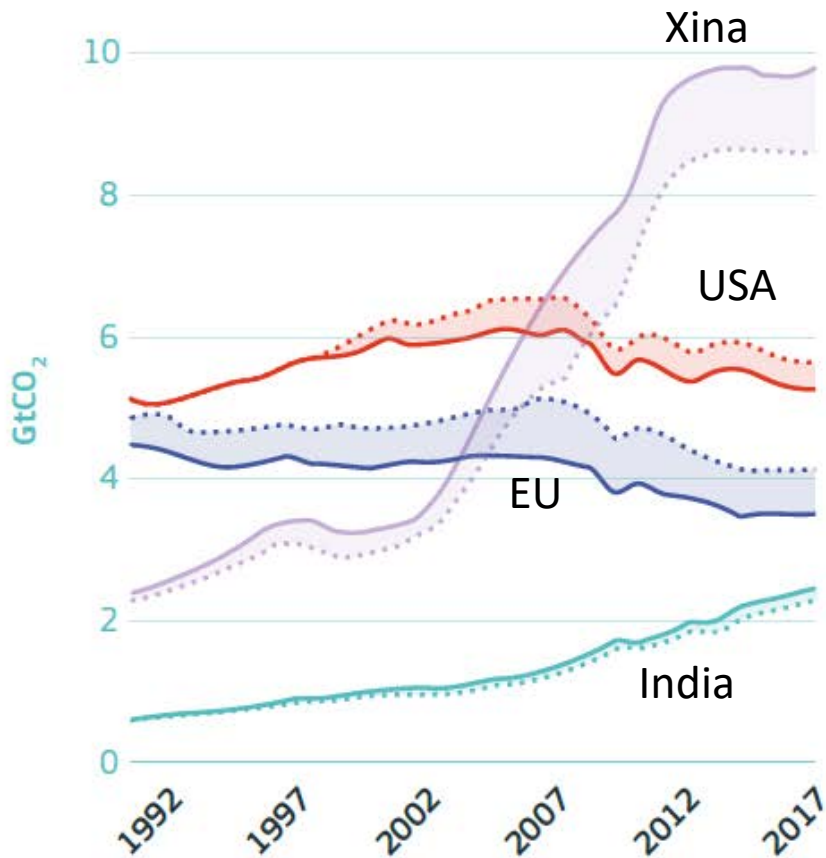
Billion tonnes of CO<sub>2</sub>/yr



ID19

- Segle XXI: reducció mitjana de 3 % a CO<sub>2</sub> fins 2050
- Camada d'òs polar s'endia a un ritme de ~ 2 %

# Origen geogràfic de l'efecte hivernacle antropogènic



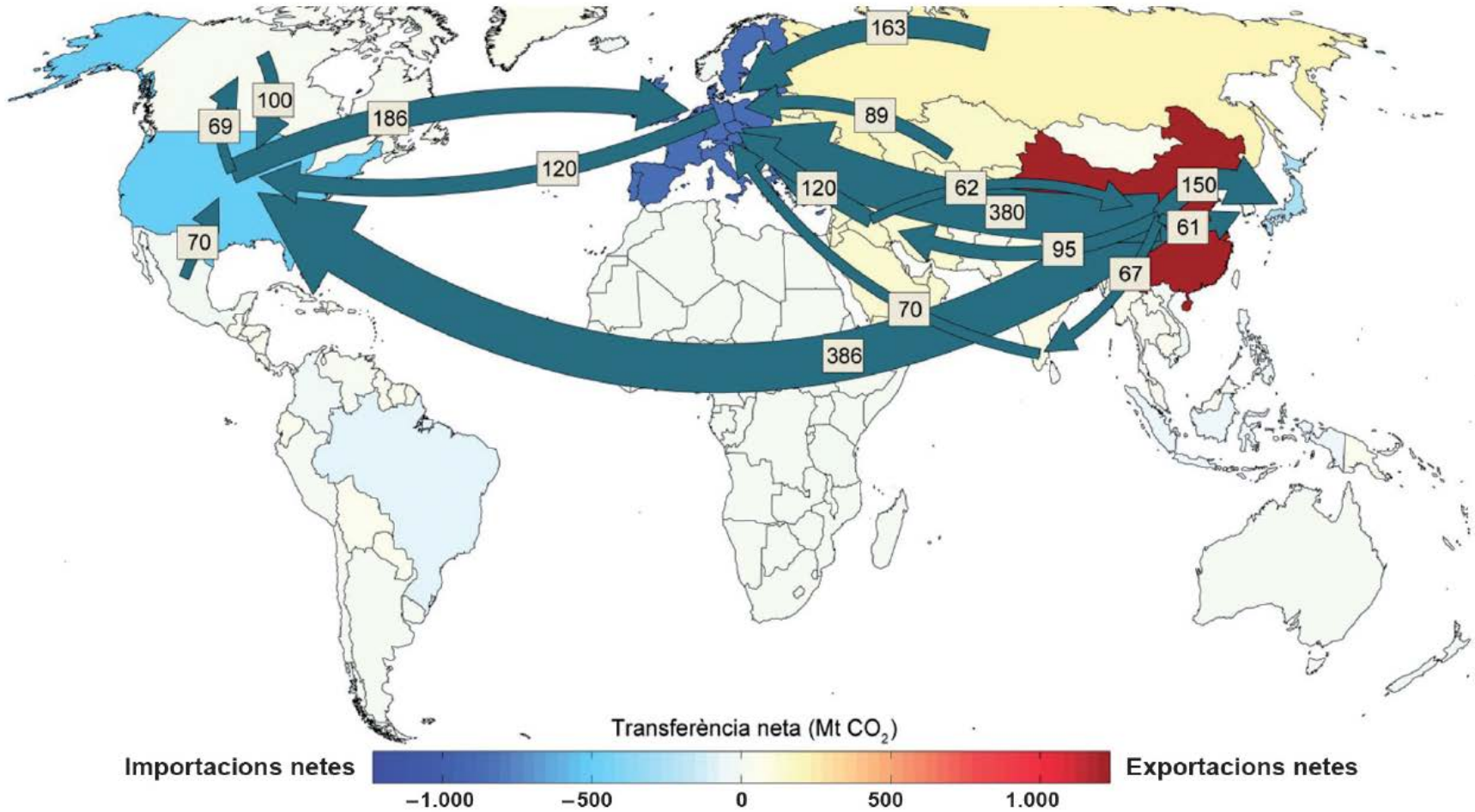
## Valors acumulats de CO<sub>2</sub>

- > 1,5 bilió de Tm CO<sub>2</sub> generades pels combustibles fòssils

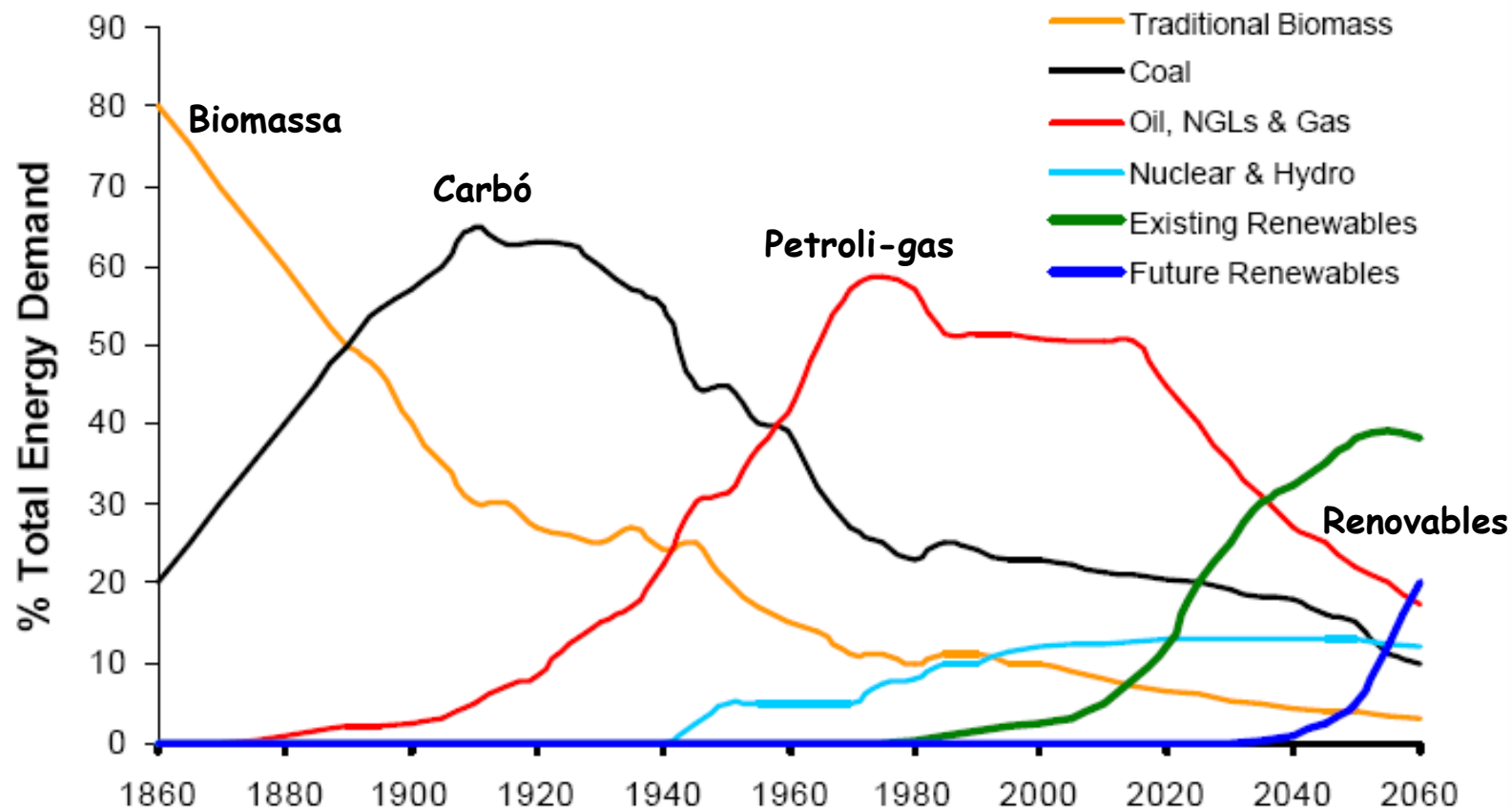


# Origen geogràfic de l'efecte hivernacle antropogènic

EU: + 1.000 MTm CO<sub>2</sub> / any importades



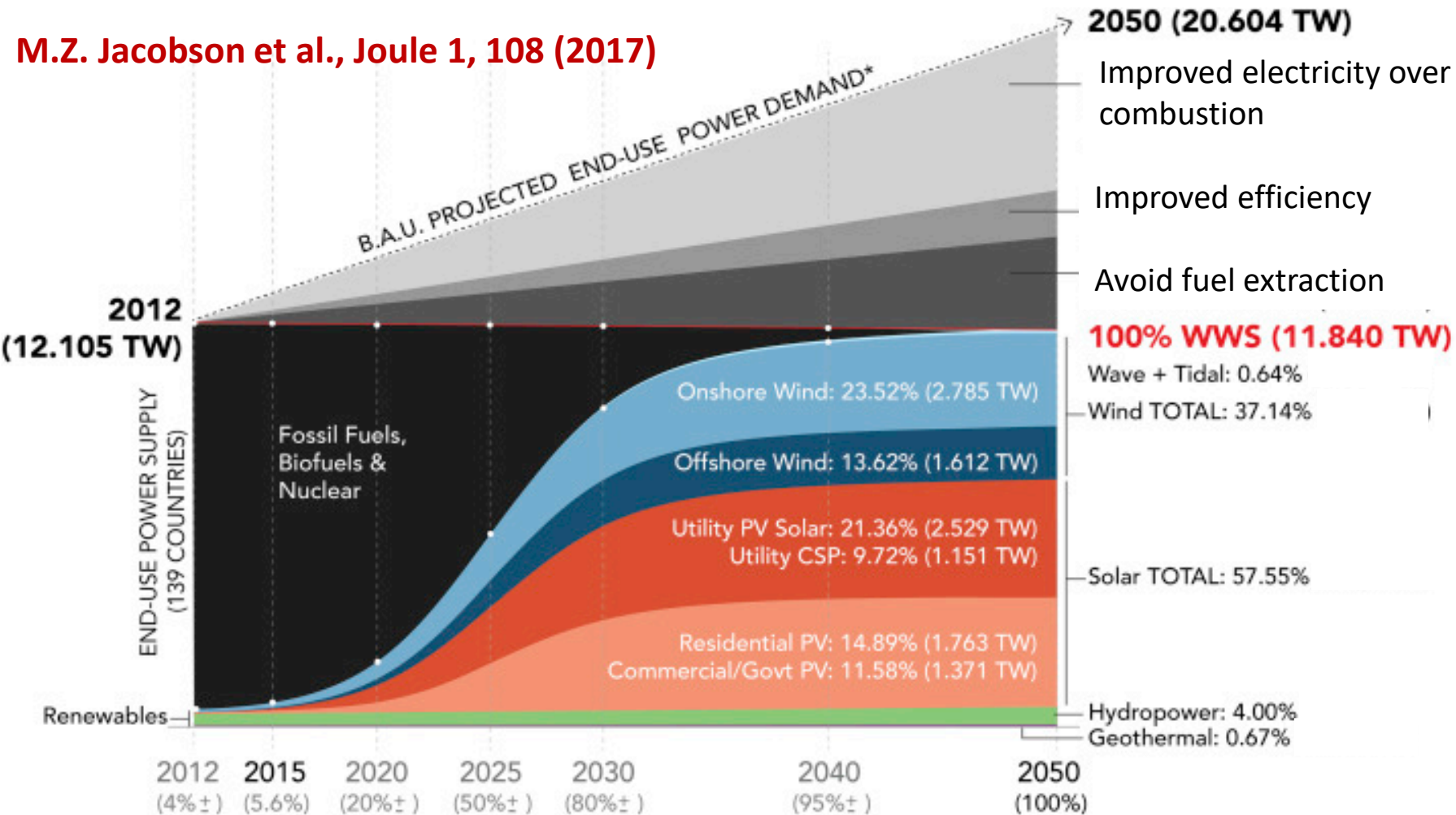
# La transició energètica del S. XXI: canvi de paradigma



**Història de les fonts d'energia:  
Renovables pel S XXI**

# Full de ruta transició energètica

M.Z. Jacobson et al., Joule 1, 108 (2017)

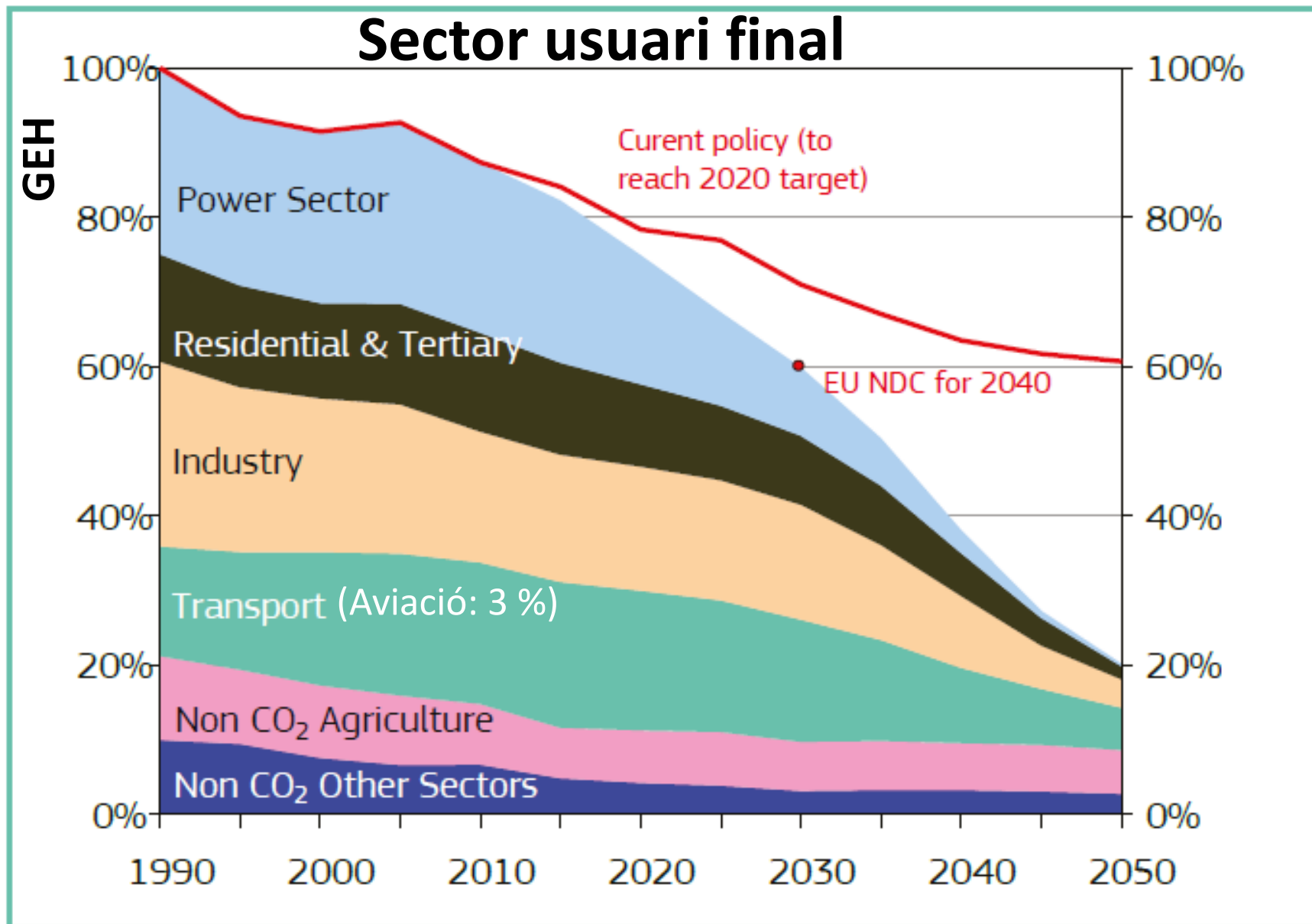


Projected Power Supply & Demand, 139 Countries

\*ENERGY FOR ALL USES INCLUDING ELECTRICITY, HEATING, TRANSPORTATION, INDUSTRY

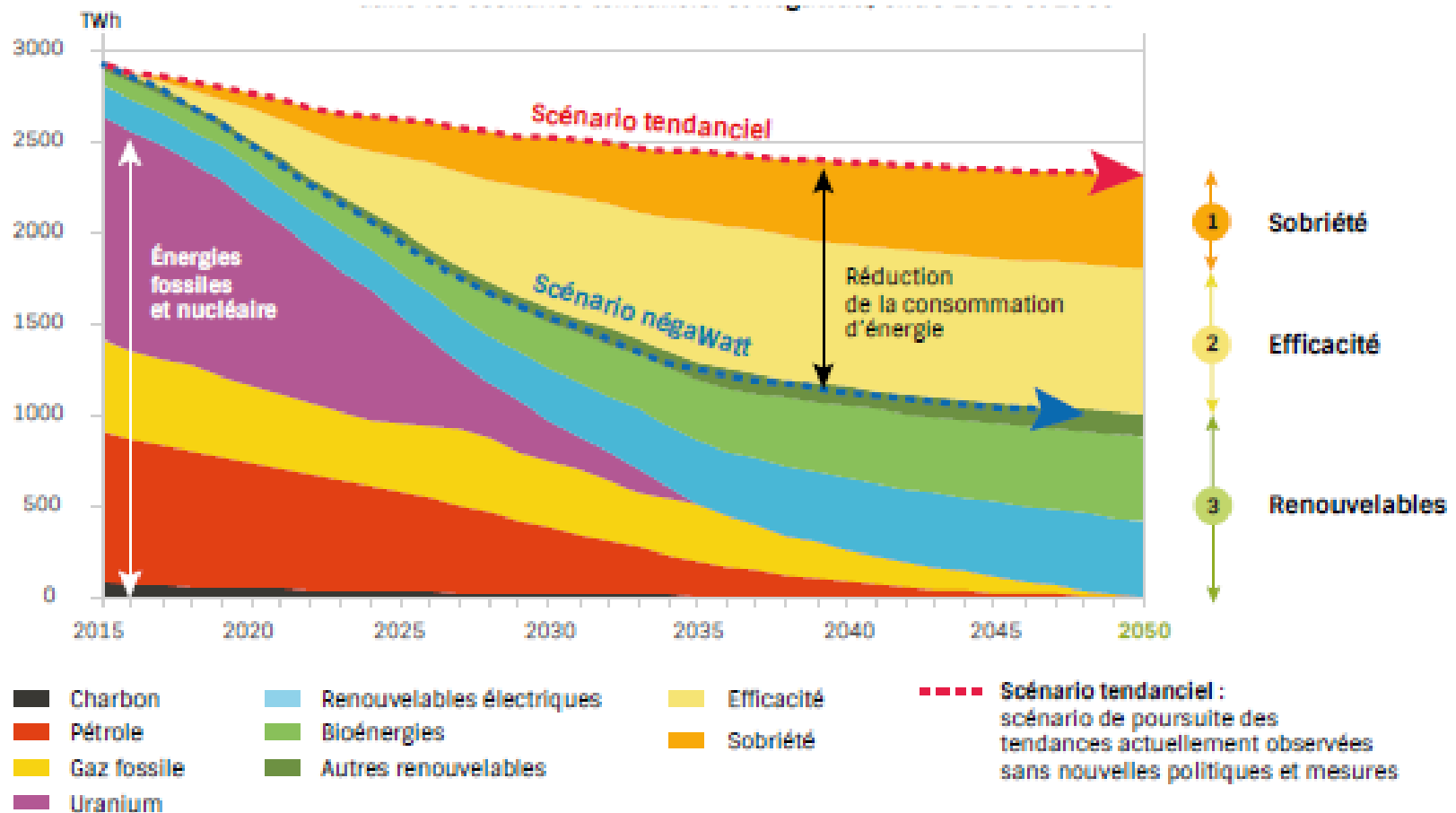
Catalunya: 9 %

# Full de ruta emissions GEH: Europa



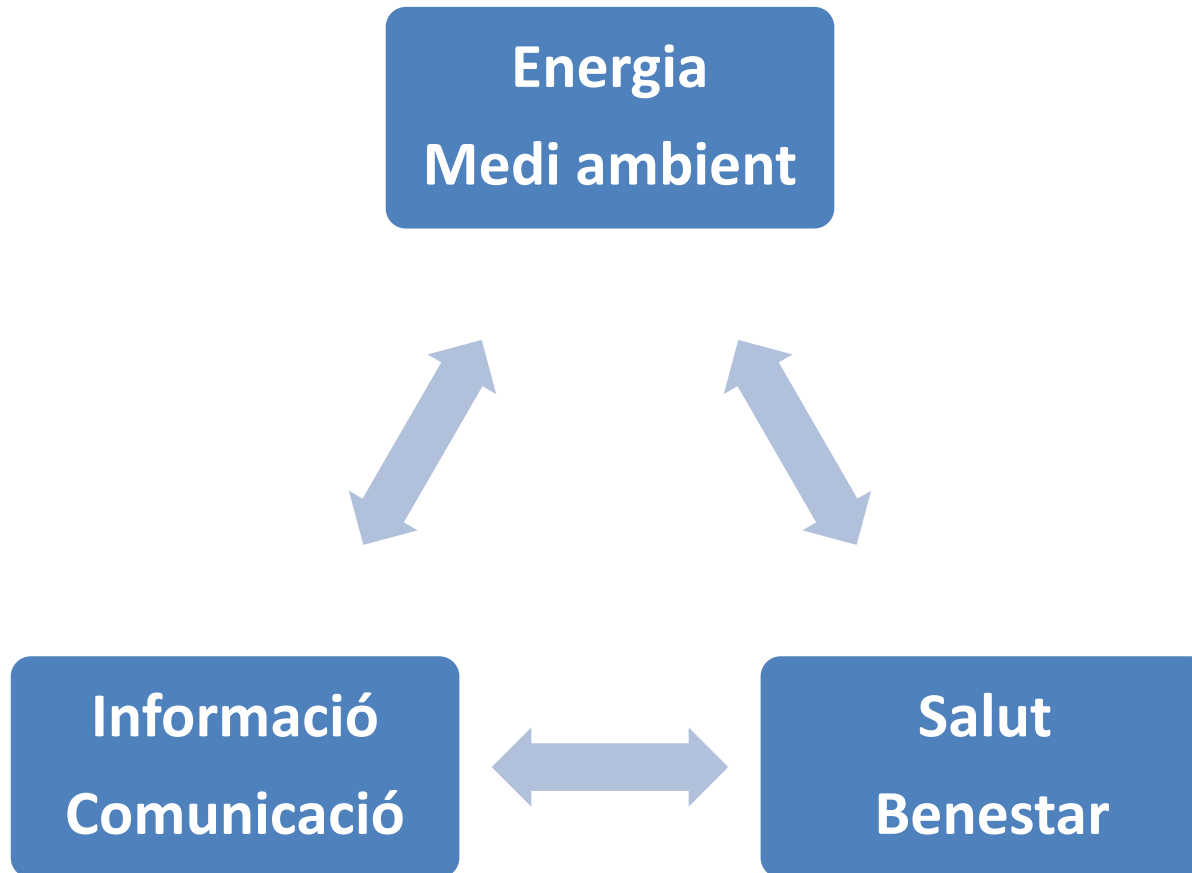
# Escenaris amb sobrietat energètica (països del 1<sup>er</sup> món)

- Exemple: NégaWatt (França) ([www.negawatt.org](http://www.negawatt.org))
- Proposta reducció consum energia 50 % (2017 – 2050)
- Sobrietat energètica i eficiència (25 % + 25 %)





# Reptes múltiples interrelacionats pel segle XXI



- Tenim coneixement científic per enfrontar el triple repte
- Nou paradigma: la revolució ecològica industrial

# Acords contra el Canvi Climàtic

- **Acord de Kyoto (1997)**

- Nombre de països: 38 industrialitzats
- Acords concrets: inversions, reducció 20 % de CO<sub>2</sub> per 2020

- **Acords de Paris (2015)**

- Limitar l'escalfament del planeta a 2°C i seguir reduint després (2<sup>a</sup> meitat S XXI)
- Rebaixar un 25-40 % les emissions de CO<sub>2</sub> respecte 1990 al 2025
- 195 Països van signar l'acord
- Sense acords sobre els efectes del transport mundial (aviació, navegació marítima)

- **Proposta IPCC (2018 / 2021)**

- Limitar l'escalfament del planeta a 1.5°C (2050): múltiples accions. P.ex. >85 % renovables
- Rebaixar un 45 % les emissions de CO<sub>2</sub> respecte 1990 al 2030 i balanç zero el 2050: 10 anys crítics!



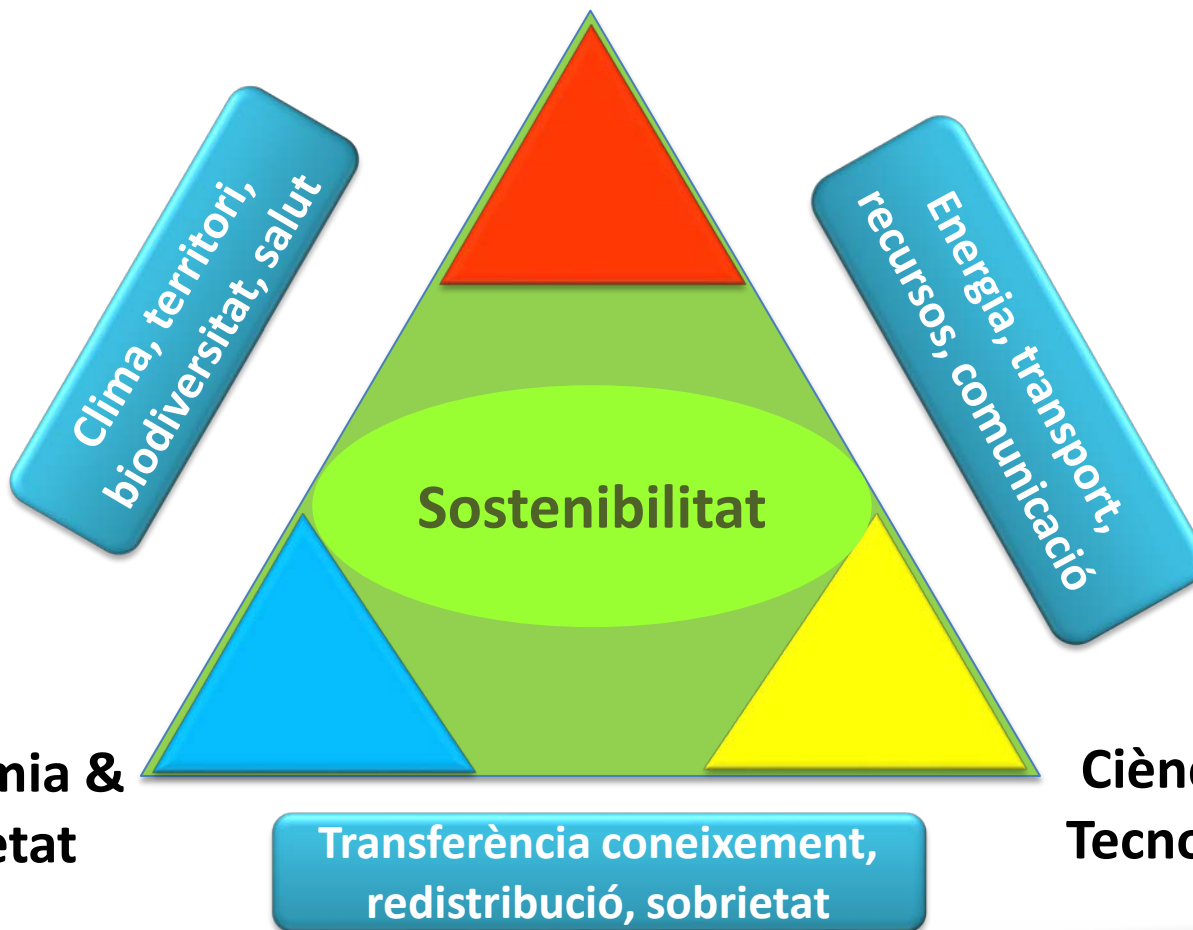
# Objectius Desenvolupament Sostenible Nacions Unides



# El triangle de la sostenibilitat: el gran repte del S XXI

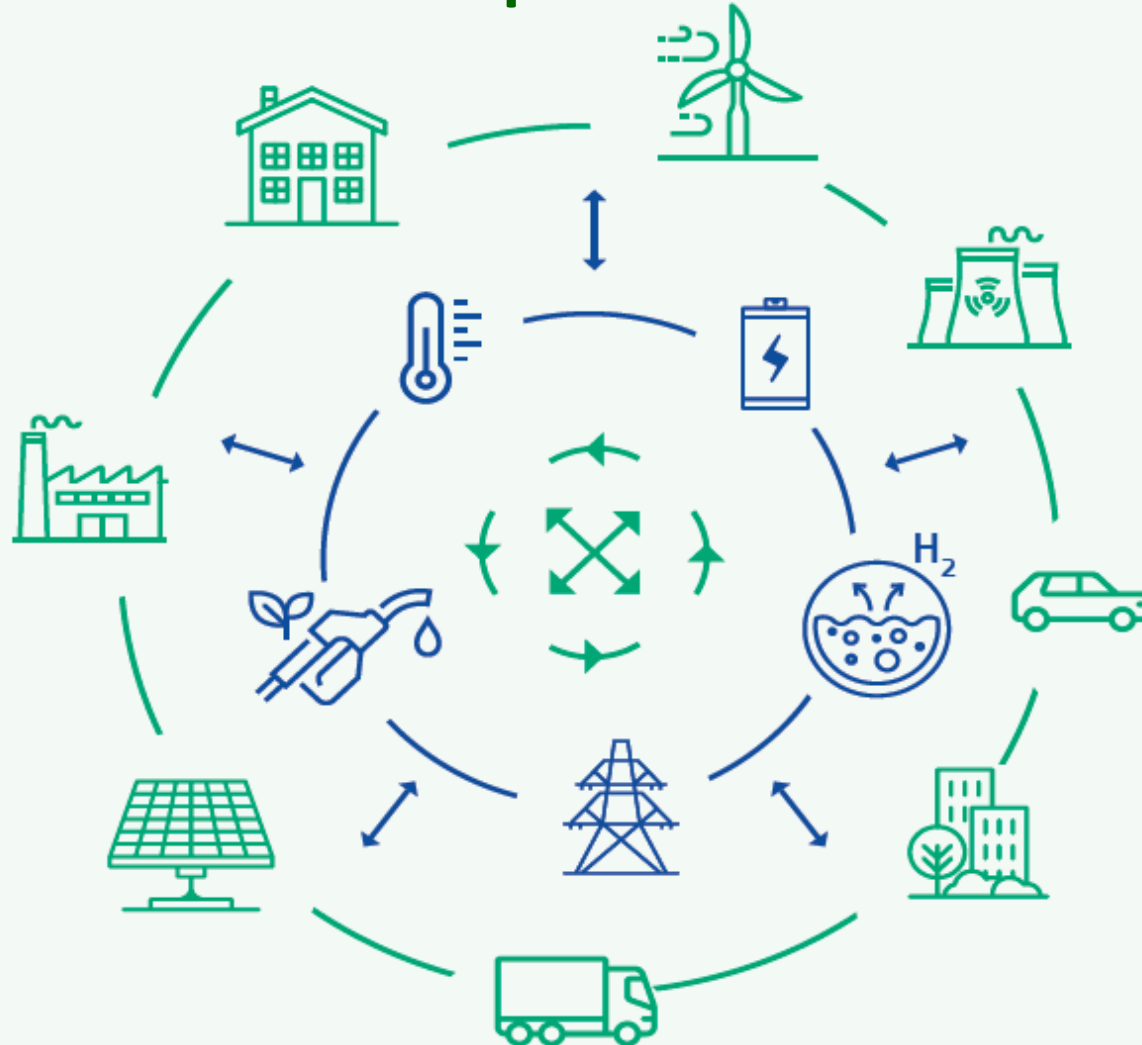


**Medi ambient &  
territori**



# Nou paradigma: vectors energètics entrelligats

Usuaris i productors



Energia química so

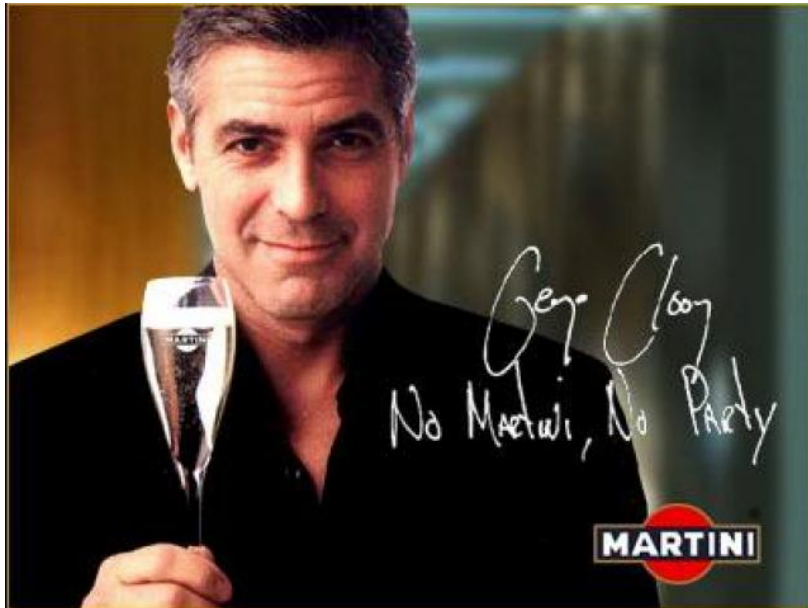
Electrònica  
ctrica

Electro  
Xarxa de

gia  
gia

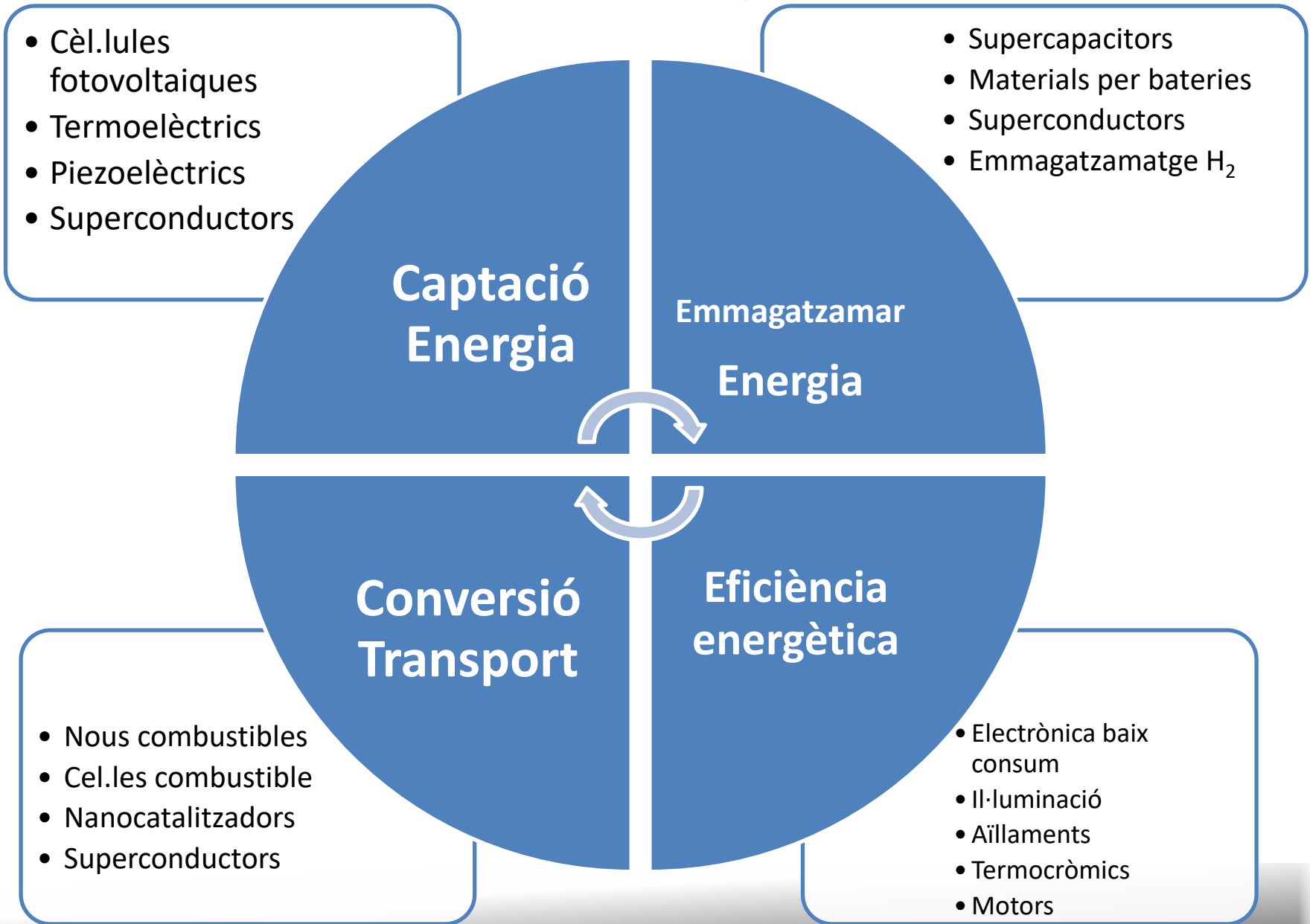


# Les tecnologies están sempre limitades pels materials de que disposem!



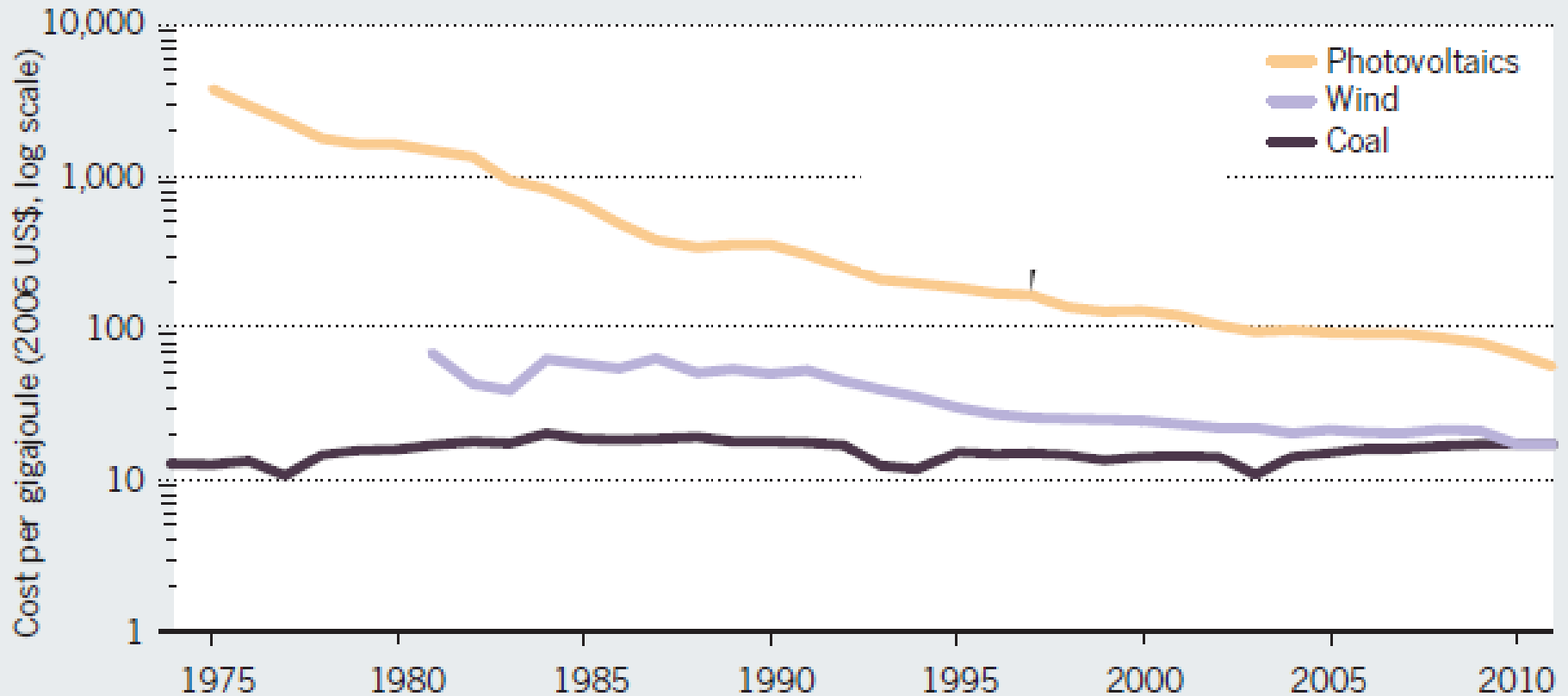
**Els grans reptes científics, tecnològics i socials es poden convertir en una realitat quan disposem de materials avançats i els integrem en dispositius competitiu**

# Nanomaterials: un desllorigador per a la transició energètica



# Cost energies renovables: fotovoltaic + eòlica

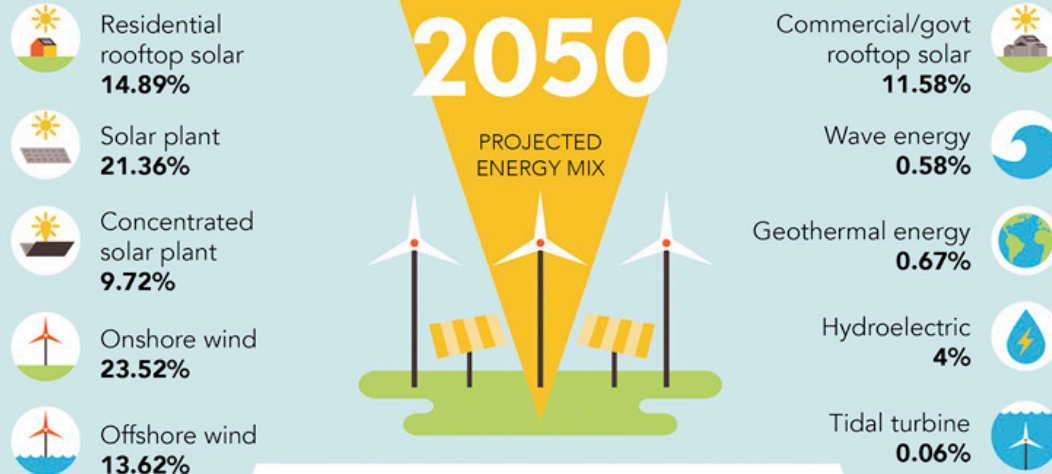
## Economia d'escala



Augment de fabricació = baixada de costos unitaris (-20 % / duplicació)  
Energia eòlica i fotovoltaica ja són més competitives que les fòssils

# 100% IN 139 COUNTRIES

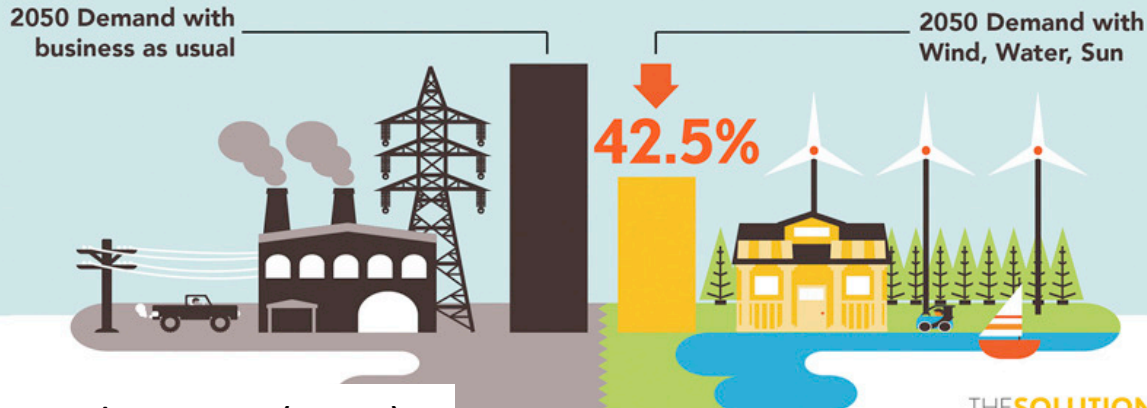
Transition to 100% wind, water, and solar (WWS) for all purposes  
(electricity, transportation, heating/cooling, industry)



**JOBS CREATED 52 MILLION**

**JOBS LOST 27.7 MILLION**

Using WWS electricity for everything, instead of burning fuel, and improving energy efficiency means you need much less energy.



# Escenaris de mitigació a gran escala

- **Reducció CO<sub>2</sub> de l'atmosfera mitjançant la reforestació**
  - Limitar escalfament Terra a 1.5 °C
  - Eliminar unes 200 Gt CO<sub>2</sub> atmosfera (20-70 % total)
  - Concentració aire: 0.02 % fa inviable la separació
  - 1.000 milions Ha arbres addicionals serien necessaris (equivalent a 300 vegades Catalunya = 1 Europa)
- **Programa 1 bilió arbres (1 trillion tree) (- 10 % CO<sub>2</sub> ?)**

[www.nature.org](http://www.nature.org) (UN) / [www.drawdown.org](http://www.drawdown.org)

  - Equivalent a 1.000 arbres per cada naixement (20 anys)
  - Suport ciutats, països, associacions natura, cooperació, etc.





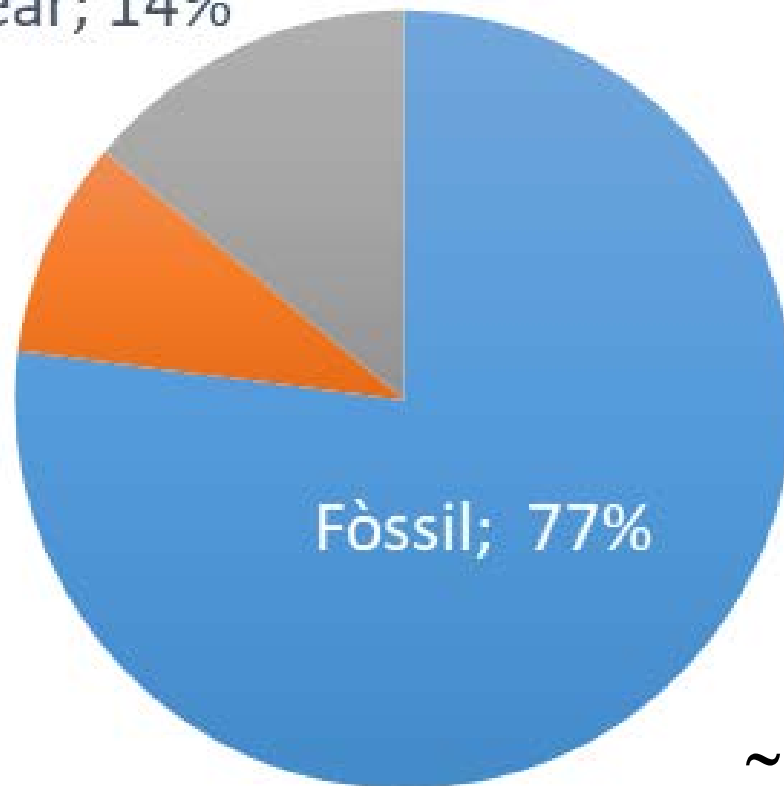
## Energia final Catalunya

Primària: 295.000 GWh/any (+44 %)

168.000 GWh/any

~ 5 Tm CO<sub>2</sub> /any-català

Nuclear; 14%

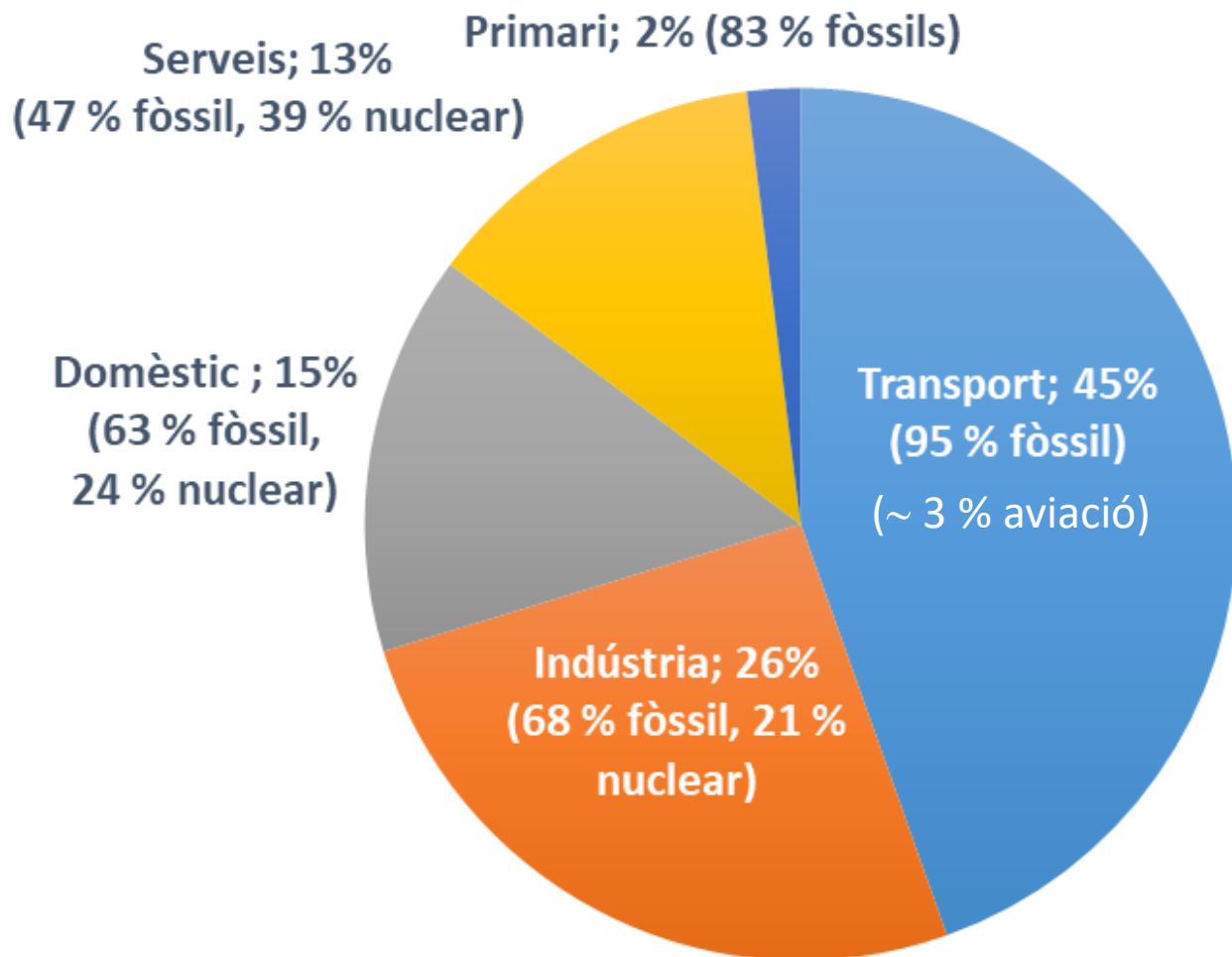


Fòssil; 77%

Renovables; 9%

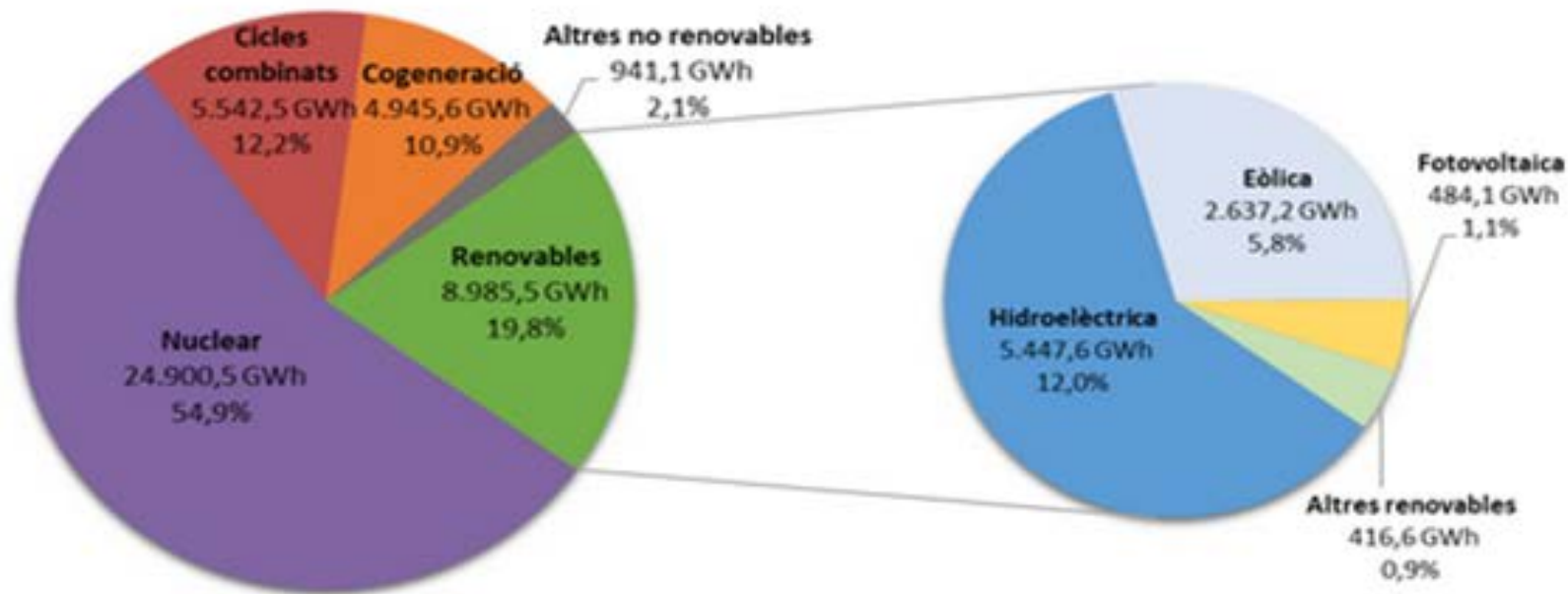


## Consum d'energia final per sectors





~ 45.000 GWh/any (~ 30 % energia final)

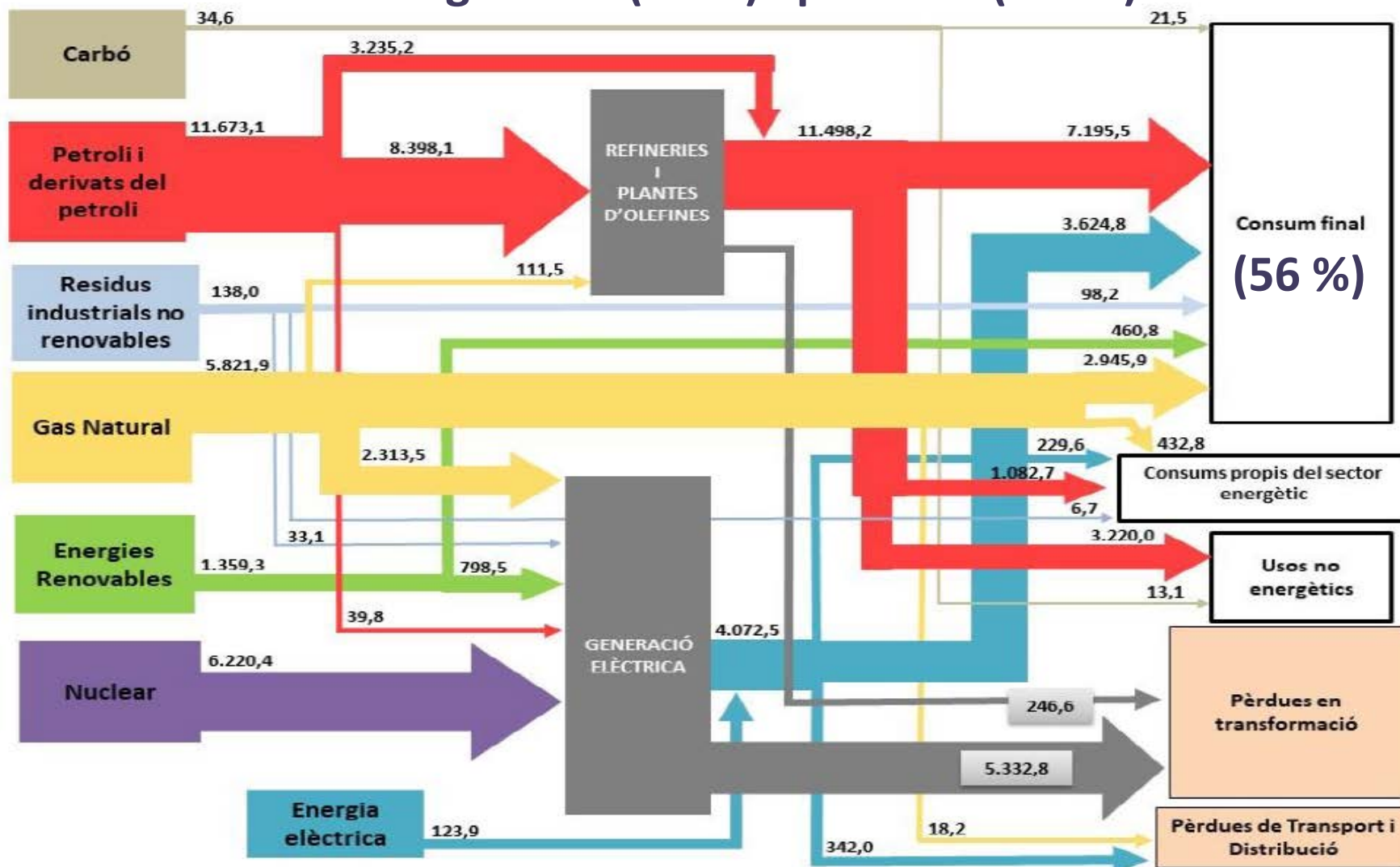


- Usuaris assumeixen directament el ~ 15 % del cost electricitat, la resta està inclòs al cost dels productes que consumeixen!
- Cal augmentar la consciència de la població sobre el que consumeixen
- El tancament de les centrals nuclears augmentarà l'exigència de renovables

# La transició energètica a Catalunya



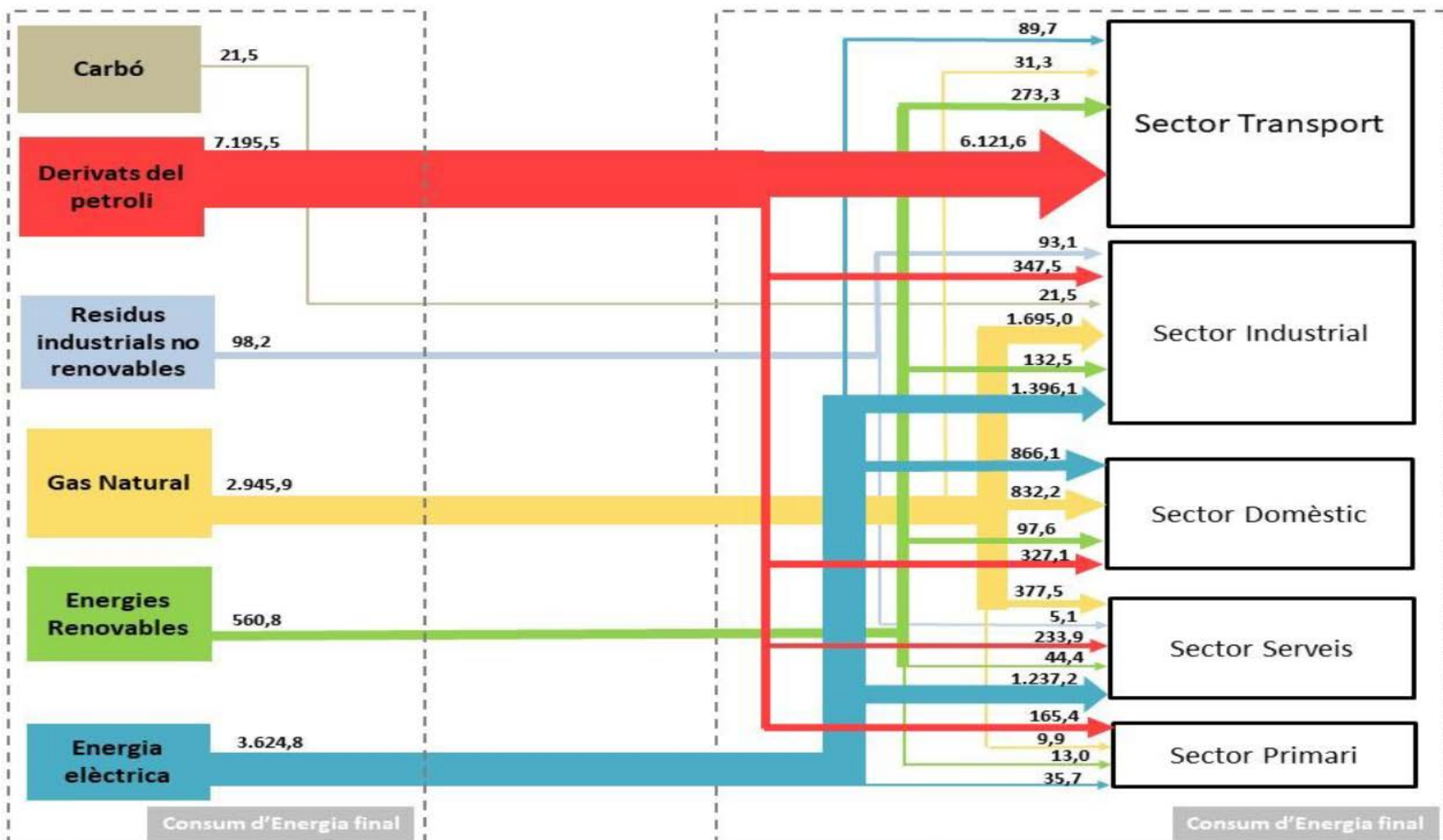
## Energia final (56 %) i primària (100%)



- Unitats kTEP (11,63 GWh)



## Sectors finals



- Unitats kTEP (11,63 GWh)





- Catalunya importa el 75-80 % energia que utilitza
- Cost energia exterior utilitzada: 8.000 Milions € (4.2 % PIB)
- Transformació a energies renovables amb producció local
  - Estalvi en les despeses del país
  - Nous llocs de treball i empreses pròpies
  - Seguretat energètica augmentada
  - Alternativa: 100 % verda amb soberania parcial
- Catalunya: coneixement i capacitat industrial per a ser líder en les noves tecnologies surgides de la transició energètica
- Objectiu del PNTE: 100 % renovables el 2050
- Inversió +5% infraestructures energia (<2025) i retorn 50 % energia (>2050)



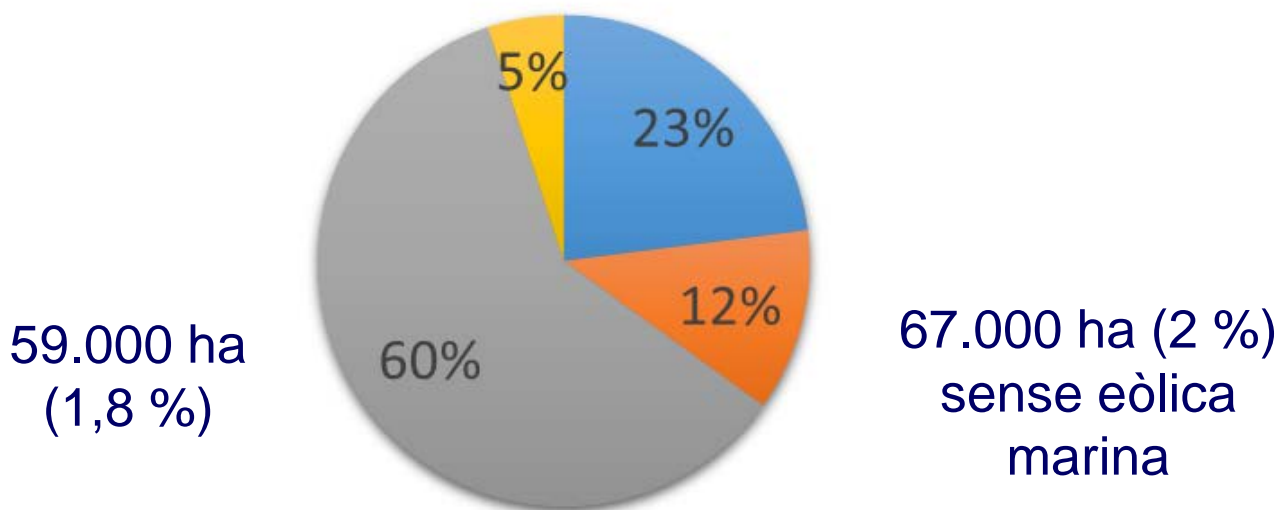
- Producció energia final Catalunya: 168.000 GWh/any
- Energia primària (2019): + 44 % (~295.000 GWh/any).
- Creixement darrers 30 anys: energia (+1,5 %/any) i població (+0.8 %/any)
- BAU Catalunya: +(40 – 45) % energia el 2050
- Estabilització final actual basada en l'eficiència i la frugalitat
- Necessitem: ~ 150.000 GWh/any addicionals d'energia renovable.  
Multiplicar per 10 la generació renovable (x 3,7 electricitat total)
- Acumulació d'energia (hidrogen verd, altres), connexió xarxes internacionals o altres.
- Minimització ús territori, balanç de costos producció pròpia – producció externa
- Estimació territori possible autoconsum:
  - 20-25 % generació (~ 40.000 GWh/any) utilitzant territori ja construït (~ 6 %: cases, polígons, carreteres, etc.). Inversió consumidors en règim autoconsum.



- Estimació energia necessària no autoconsum:
  - 75-80 % generació (128.000 GWh/any) amb grans instal·lacions connectades a la xarxa (FV, eòlica, altres). Inversions elevades, participació del territori a la governança.
- Territori necessari
  - Producció amb parcs FV i eòlica on-shore i off-shore: ~59.000 ha (~ 1,8 % territori, quadrat 24 km x 24 km). El 50 % superfície del Bages o quatre vegades Barcelonés!)
  - Eòlica off-shore: ~1.000 aerogeneradors (20.000 GWh/any, 12 % energia necessària)
  - Renewable actual (9% energia final, 50 % previsions fetes pel 2020). Passaria a 25 % amb les peticions fetes el 2021.
  - Alemanya ja té el 18 % renovable!. Més propers al compromís 2030.
  - Recordem: Catalunya té el 3 % FV i 7 % eòlica d'Espanya! (PIB Catalunya ~17 % Espanya)



## Distribució de fonts d'energia renovable segons la seva ocupació del territori

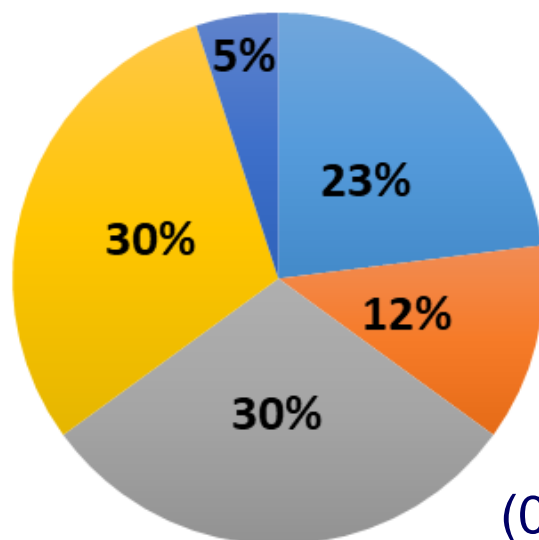


- Domèstic i infraestructures existents
- Eòlica marina
- Eòlica terrestre i fotovoltaica
- Altres (hidràulica, etc.)



- Nous reactors de fusió compacte (~ 500 MW): 2035-2040?
- Podrien assumir 30 % energia renovable prevista amb ~ 15 reactors (50.000 GWh/any) (x 2 centrals nuclears actuals Catalunya)

## Distribució de fonts d'energia renovable segons el seu origen



29.500 ha territori  
(0,9 %, 12 km x 12 km)

- Domèstic i infraestructures existents
- Eòlica marina
- Eòlica terrestre i fotovoltaica
- Fusió
- Altres (hidràulica, etc.)



# FUSIÓ i la Superconductivitat: energia inesgotable

Reactor ITER (2005-2021)

Smallest as possible Affordable, Reliable, Compact (SPARC)

MIT and Commonwealth  
Fusion Systems, USA  
Tokamak Energy, UK



IS  
rs

Deuter

Helium



- Generadors compactes de fusió 100-500 MW amb superconductors alta temperatura ja demostrats (20 T): 1ª generació reactors fusió (>2035)?
- Volum molt reduït, unitats múltiples, més flexibles

Col.laboració internacional: construcció a Cadarache, França



# Actuacions escenari societat frugal

## • Transport

- Menys distàncies recorregudes (teletreball, compartir)
- Més tren que avió (< 1.000 km)
- Menys velocitat dels cotxes
- Més transport en comú sostenible

**Decreixement països desenvolupats 20-25 %?**

## • Construcció

- Reducció m<sup>2</sup>/persona construïts, millors aïllaments
- Mutualització espais i equipaments

## • Equipament elèctric i electrònic

- Reducció nombre equips disponibles (TV, rentadores, mòbils, etc.)

## • Il·luminació i refrigeració

- Reducció consum residencial i comercial (sports, lleure)

## • Alimentació i tèxtil

- Disminució consum proteïnes (animal a vegetal)
- Reducció pèrdues, menys consum roba (moda)

## • Indústria

- Reducció productes llençables
- Promoció reparació, durabilitat, reciclatge parts
- Promoció utilització col·lectiva equips

# Resum: La transició energètica a Catalunya

- Triangle de la sostenibilitat: Mediambient – Economia – Tecnologia
- Equilibri entre els tres termes: sostenibilitat vs crisi climàtica. Nou paradigma.
- No es pot assolir la sostenibilitat sense intervenció mediatitzada de les persones involucrades en aquests tres elements.
- Sense el coneixement científic i la tecnologia és impossible enfrontar-se a la crisi climàtica. Cal utilitzar els coneixements generats per a fer viable el període renovable amb equitat social global.
- Com a científics el nostre objectiu és aportar solucions i donar elements per fer prospectiva de com resoldre els reptes. Tenim capacitat per fer front a aquesta crisi!
- Cal parametritzar i implementar decisions basades en:
  - Eficiència energètica, respecte al medi ambient, els recursos naturals, reciclatge, balanç del cost de les opcions, minimitzar l'ús del territori, impacte econòmic i social de les diferents opcions, la prospectiva tecnològica.

# Resum: la transició energètica global

- Hem d'evitar els plantejaments de “suma zero” (sumar i restar): tots hi hem de guanyar (C. Figueres, Acords Paris). Cal evitar l'especulació.
- La crisi climàtica és global, afecta a tota la humanitat, no es podrà avançar i crear consens si no es planteja en termes de “win-win”, tot-hom hi ha de guanyar, l'alternativa és pitjor per a tot-hom.
- L'estat del desenvolupament de tots els països és molt diferent i per tant cal trobar la manera de respectar el camí que ha de fer cadascú.
- La frugalitat la poden practicar molts pocs països i d'aquests només una part de la població.
- Millorar la redistribució i disminuir les desigualtats són els únics camins.
- La solidaritat internacional és indispensable per aconseguir que la crisi no afecti de forma més important als països més febles.

OUR PLANET  
OUR FUTURE

FIGHTING CLIMATE CHANGE TOGETHER



GRÀCIES  
PER LA  
VOSTRA  
ATENCIÓ!

**ICMAB**

INSTITUT DE CIÈNCIA DE MATERIALS DE BARCELONA



EXCELENCIA  
SEVERO  
OCHOA



**CSIC**  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

[icmab.es](http://icmab.es)

ICMAB - CSIC

ICMAB acknowledges the Severo Ochoa  
Program (MINECO, SEV- 2015-0496,  
CEX2019-000917-S)