



# Atelier « Enjeux climatiques, dégradation des sols, sécurité alimentaire et précarité »

18 juillet, 14h30-17h30



Réagissez sur #medcopSAT

# Agriculture de Conservation : Concilier **adaptation** et **mitigation** pour une intensification durable des systèmes agricoles méditerranéens



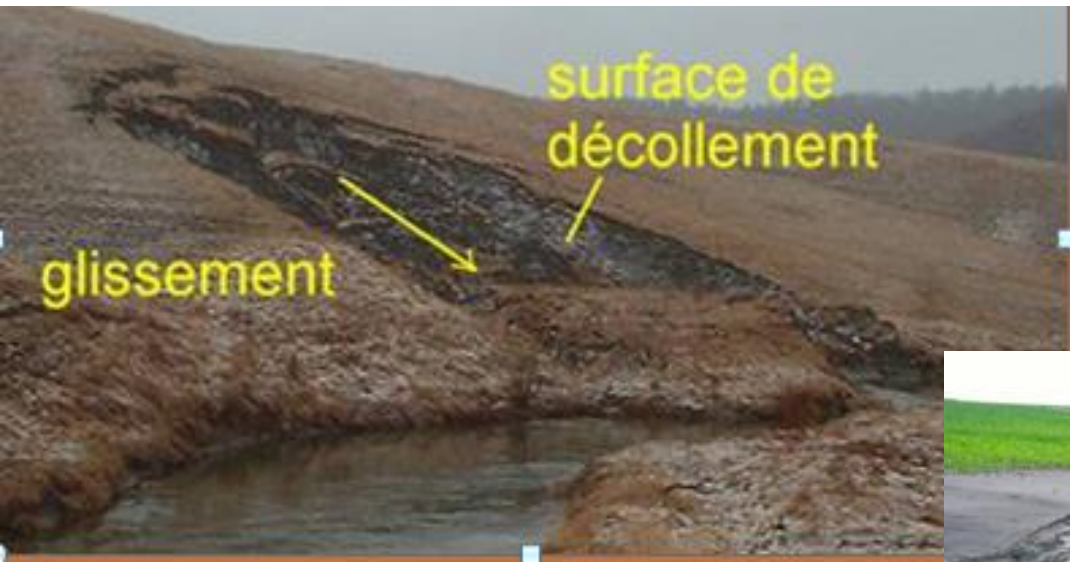
Rachid MRABET, *Ing. PhD*  
*Directeur de Recherche - INRA Maroc*  
*Membre Comité Scientifique COP22*  
*Membre du GIEC*

# La pertinence des pratiques agricoles actuelles vs futures?

- **Des crises majeures** : alimentaire, énergétique, climatique, environnementale qui impliquent toute l' Agriculture, du niveau local jusqu' à l' échelle globale.
- **Des systèmes agricoles** en pleine évolution pour répondre à des cahiers des charges très étendus :
  - produisant des aliments et de la biomasse (*produire plus, mieux, avec moins de terres, moins d'eau, et moins d'énergie fossile*).
  - adaptés aux changements climatiques
  - rendant des services éco-systémiques (atténuation GES, pollinisation, gestion des paysages, séquestration...)
  - moins dépendantes des intrants (azote, produits phytosanitaires...)
  - Rentables et socialement acceptables
  - sans dommage pour l' environnement (érosion, salinité, eutrophisation, perte de biodiversité...).
- **Des besoins de compréhension** systémique, des services et des processus, d' évaluation multi-critères, de prédiction pour la conception d' innovations et le respect des droits des générations futures.

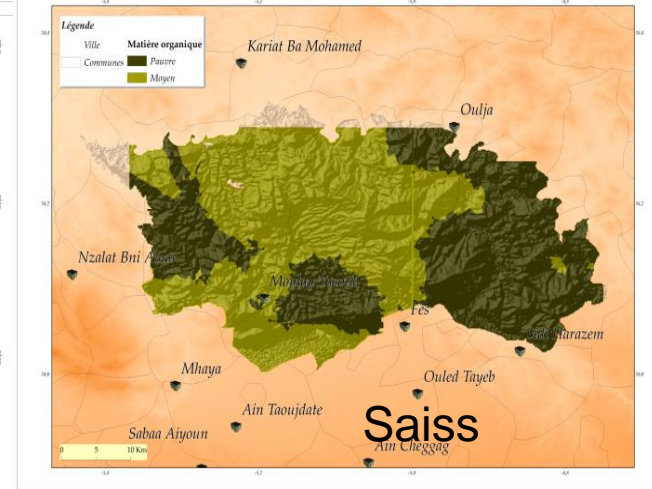
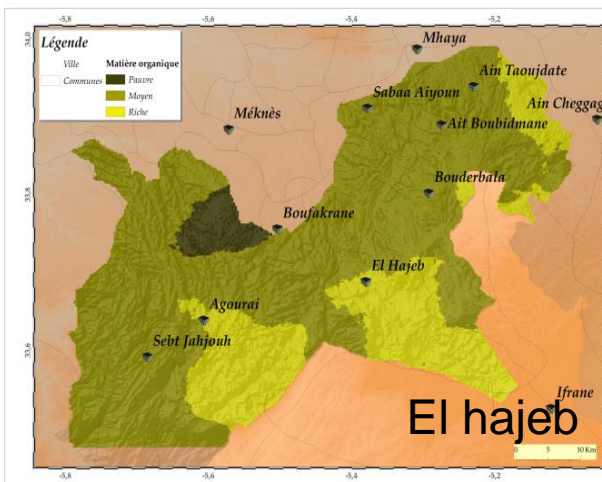
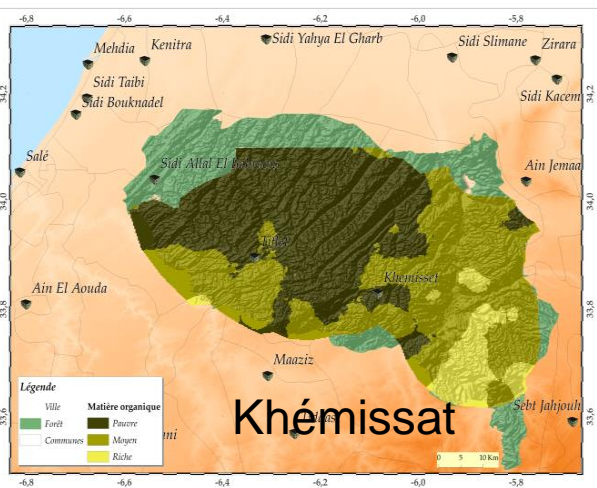
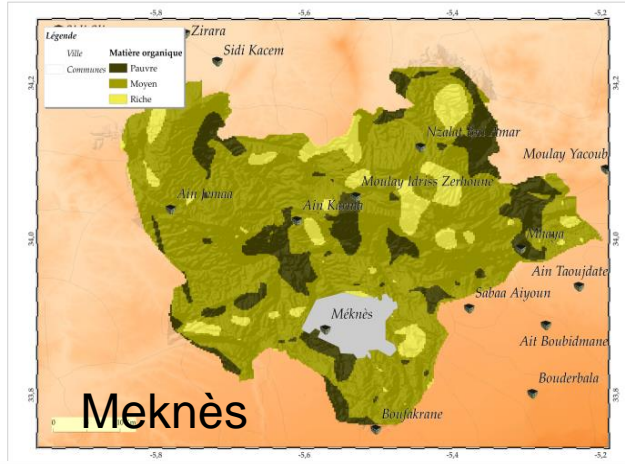
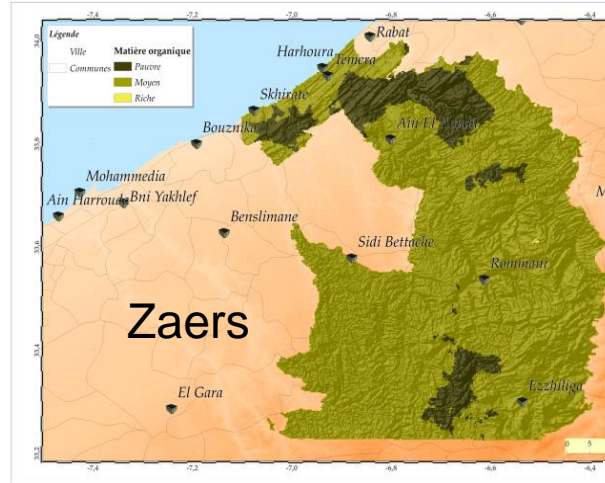
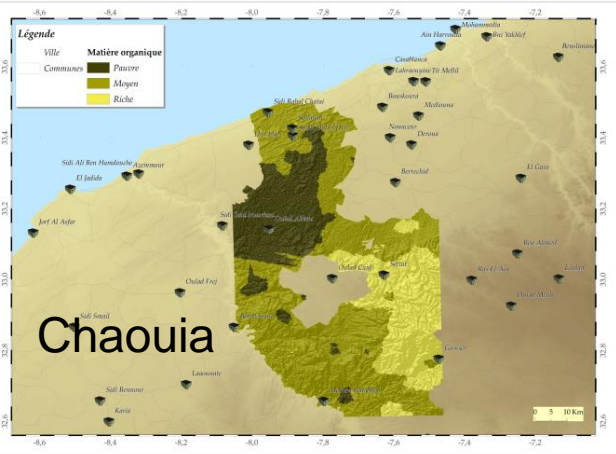
Gestion durable des sols est un enjeu planétaire  
Concilier écologie et productivité

# Erosion : dégradation multiforme des terres



*Gaspillage de ressources? Sol, Biodiversité et Eau*

# Matière organique des sols marocains



# Des sols fertiles demain : un besoin absolu...



**... pour satisfaire les besoins en quantité et qualité des populations**

## **Des impératifs**

- 1. Augmenter la productivité des sols**
- 2. Préserver les sols**

# Multifonctionnalité des sols

Certaines fonctions du sol sont **insuffisamment reconnues** par la société et de ce fait, absentes des circuits de décision (**biodiversité, réserves génétiques du sol, stockage, biogéochimiques, filtration, épuration, support, régulation du cycle de l'eau, GES, ...**)



La préservation de la capacité des sols à remplir chacune de leurs fonctions écologiques, économiques, sociales et culturelles est primordiale.

Il est essentiel de comprendre l'intégration des fonctions des sols aux différentes échelles de décision, de la gestion locale jusqu'aux politiques nationales et internationales.

Il faut proposer des techniques innovantes pour améliorer ou rétablir les fonctions d'un sol sans provoquer d'effets jugés négatifs sur d'autres compartiments de l'environnement.

Agriculture durable et résiliente

# Concepts: GIEC

## Adaptation

- Ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques.
- *Limiter les impacts négatifs – ou augmenter les effets positifs – du nouveau climat*

**Pas de métrique pour l'adaptation**

Pas suffisamment de financement de l'adaptation

## Atténuation

- Intervention anthropique pour réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre.

**Un indicateur de performance unique pour l'atténuation  
(la quantité d'émissions évitées)**



# Synergies entre l'adaptation et l'atténuation

**Atténuation**

**Adaptation**



Reduction des émissions  
des GES



Sequestration du carbone  
dans les sols et les forets



Developement d'une  
agriculture productive et  
résiliente

Gestion durable des sols est un enjeu planétaire  
Concilier écologie et productivité

# Fondements de l'Agriculture de Conservation



Rotations et  
diversification  
des cultures

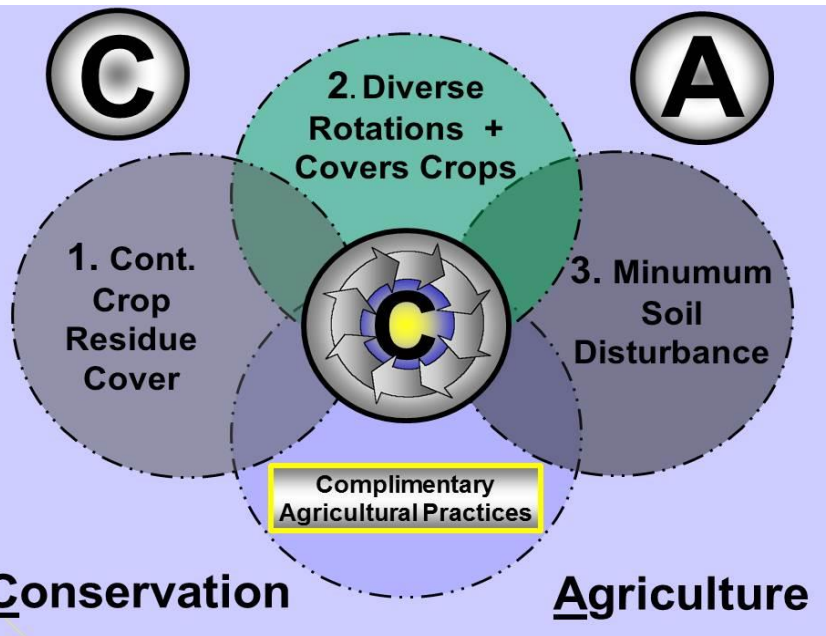


Réduction  
voire  
élimination  
du travail du  
sol



Couverture  
végétale du  
sol

# Fondements de l'Agriculture de Conservation



Gestion intégrée des cultures et des stress abiotique et biotiques:

- Stratégie de contrôle des mauvaises herbes
- Utilisation de variétés performantes
- Gestion de la fertilisation minérale
- Contrôle des maladies et ravageurs

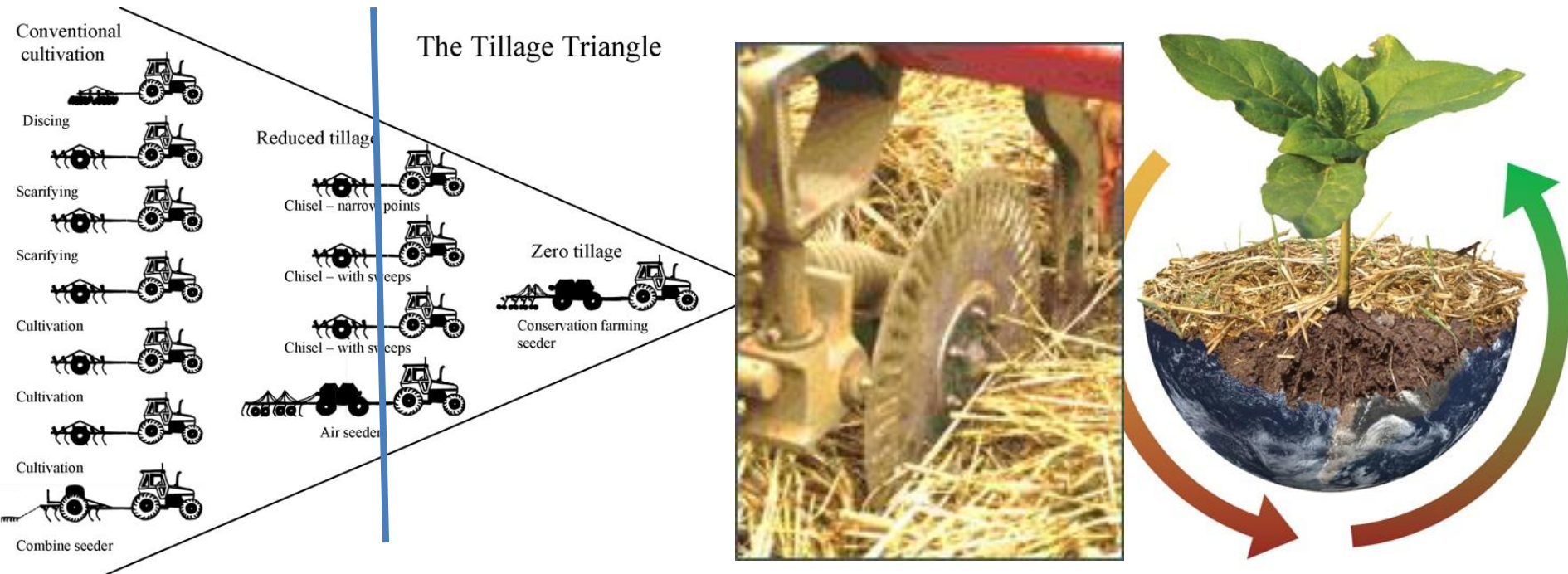
Mécanisation agricole (du semis à la post-récolte)

Gestion de l'élevage

**Systemes de production visant la double performance:  
économique & environnementale**

# Agriculture de Conservation

Semis direct

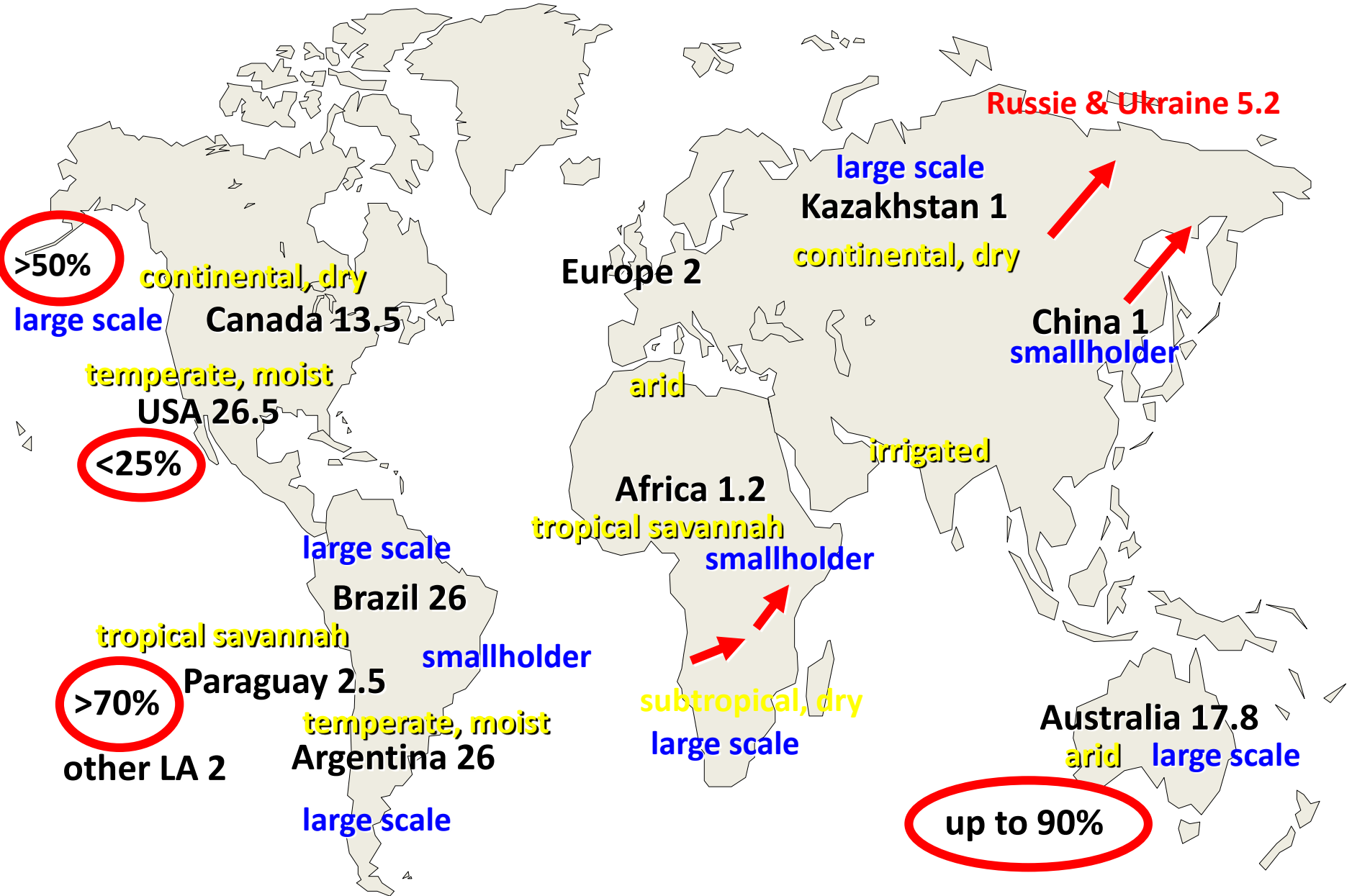


Un ensemble de **systemes** de production dans lesquels les sols ne sont pas manipulés par les outils de travail du sol et sont protégés par un couvert végétal

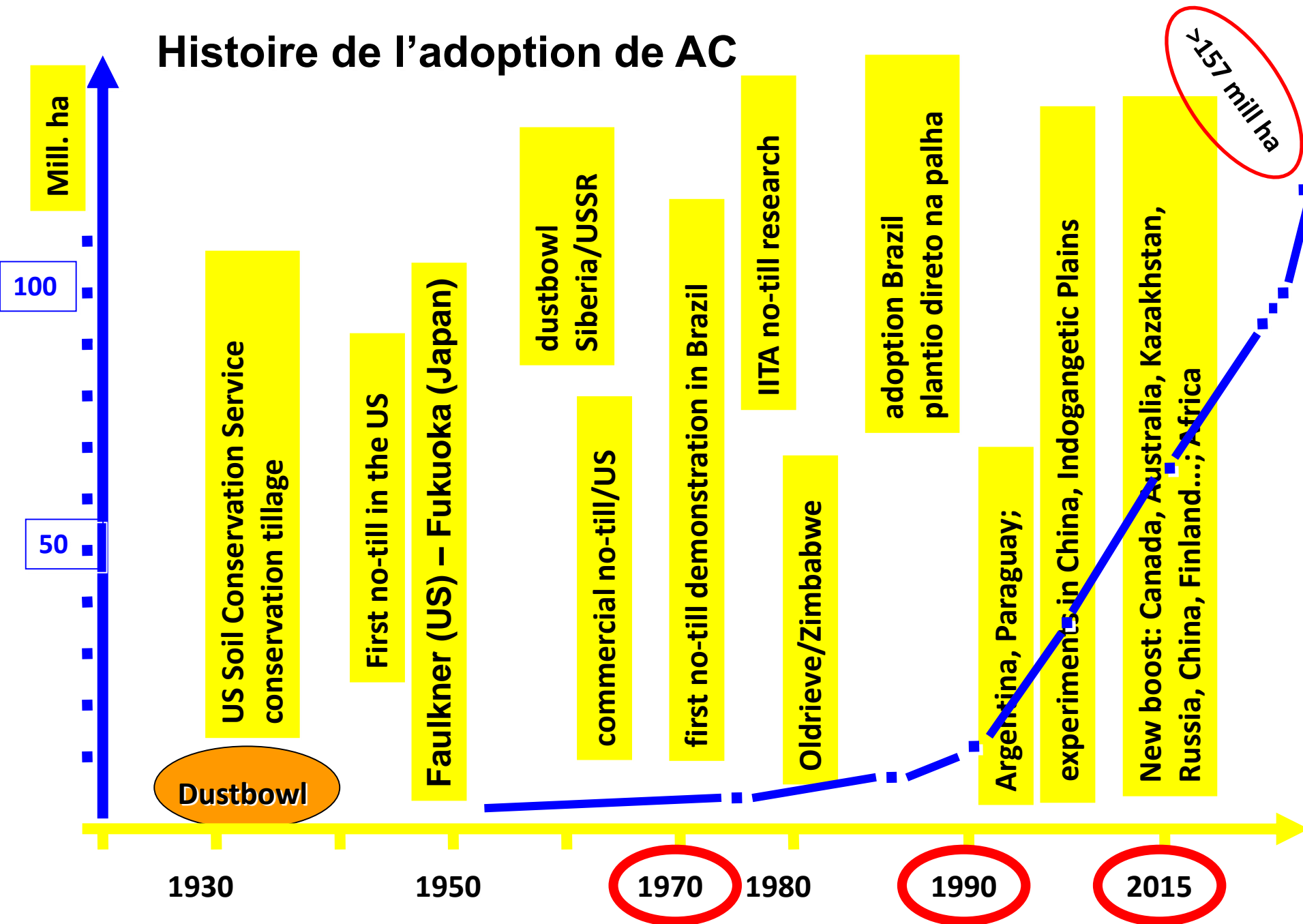
# Agriculture de Conservation dans le Monde (2013)

| Continent   | Terres agricoles sous AC (Million ha) | % des terres en AC | % des terres agricoles |
|---|---------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Amérique du sud   | 66.4                                  | 42.3               | 60.0                   |
| Amérique du Nord  | 54.0                                  | 34.4               | 24.0                   |
| Australie & NZ  | 17.9                                  | 11.4               | 35.9                   |
| Asie  | 10.3                                  | 6.6                | 3.0                    |
| Russie & Ukraine  | 5.2                                   | 3.3                | 3.3                    |
| <b>Europe</b>   | <b>2.0</b>                            | <b>1.3</b>         | <b>2.8</b>             |
| <b>Afrique</b>  | <b>1.2</b>                            | <b>0.8</b>         | <b>0.9</b>             |
| No-tillage farmers worldwide can't be wrong. <small>Kassam et al., 2015</small> |                                       |                    |                        |
| <b>Total</b>  | <b><u>157</u></b>                     | <b>100</b>         | <b><u>11.3</u></b>     |

# Agriculture de Conservation 157 Million ha

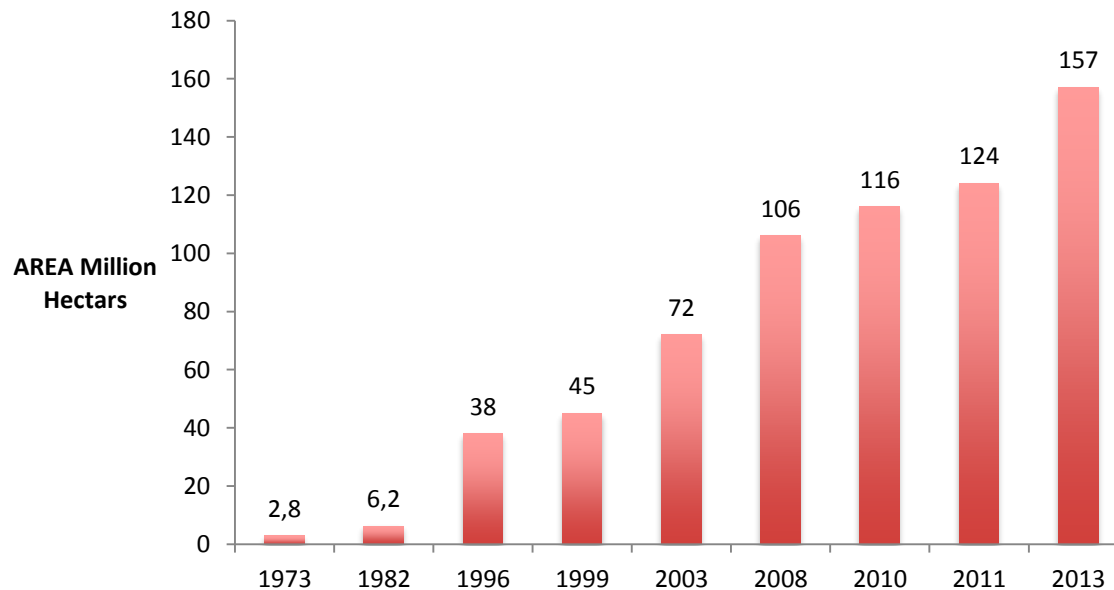


# Histoire de l'adoption de AC



# Ecologies

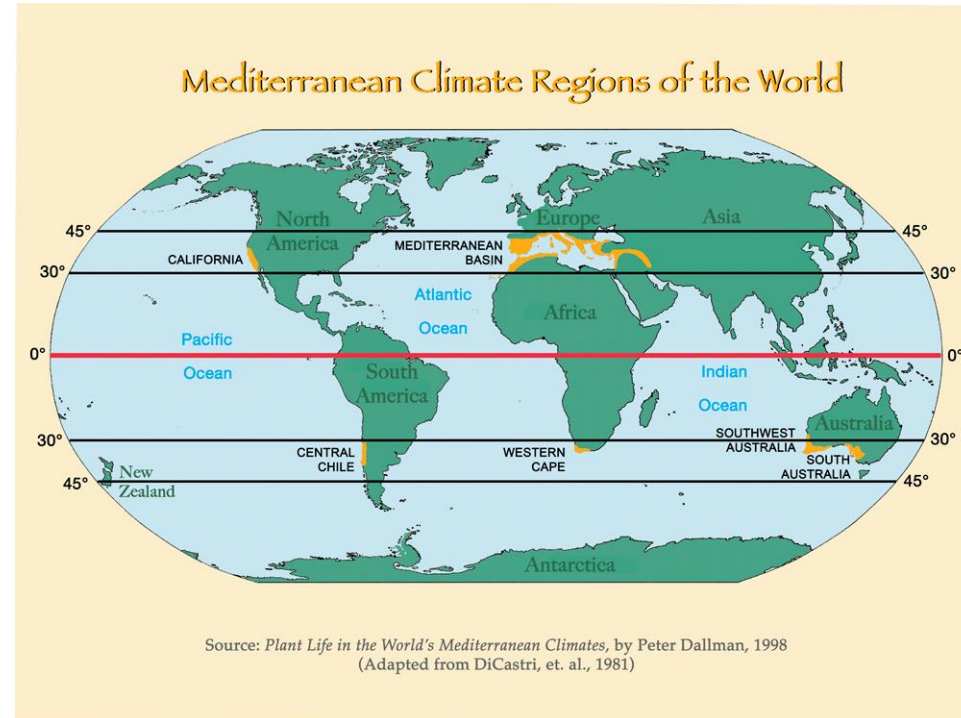
1. From Arctic circle (Finland) over the equatorial tropics (Kenya, Tanzania, Uganda), 50° latitude South (Malvinas/Falkland Islands);
2. From sea level to 3,000 m altitude (e.g., Bolivia, Colombia),
3. From extremely dry conditions in the Mediterranean environments with 250 mm or less a year (Tunisia, Western Australia), to heavy rainfall areas with 2,000 mm a year (Brazil) or 3,000 mm a year (Chile).
4. From 90% sand soils (Australia) to 90% Clay (Brazil: Oxisols et Alfisols)





# Superficie en agriculture de conservation en Méditerranéen

| Country      | Area under No-tillage<br>(in 1000 ha) |
|--------------|---------------------------------------|
| Algeria      | 5.5                                   |
| France       | 200                                   |
| Greece       | 24                                    |
| Italy        | 380                                   |
| Lebanon      | 1.2                                   |
| Morocco      | 4                                     |
| Portugal     | 32                                    |
| Spain        | 792                                   |
| Syria        | 30                                    |
| Tunisia      | 8                                     |
| Turkey       | 45                                    |
| <b>Total</b> | <b>1523.7</b>                         |



Conservation agriculture: A Low - Hanging Fruit for all.

Chile: 180 000 Ha  
South Africa: 368 000 Ha  
Australia: 17,7 Million Ha



# Atténuation : Réduction des Émission de CO<sub>2</sub> des sols



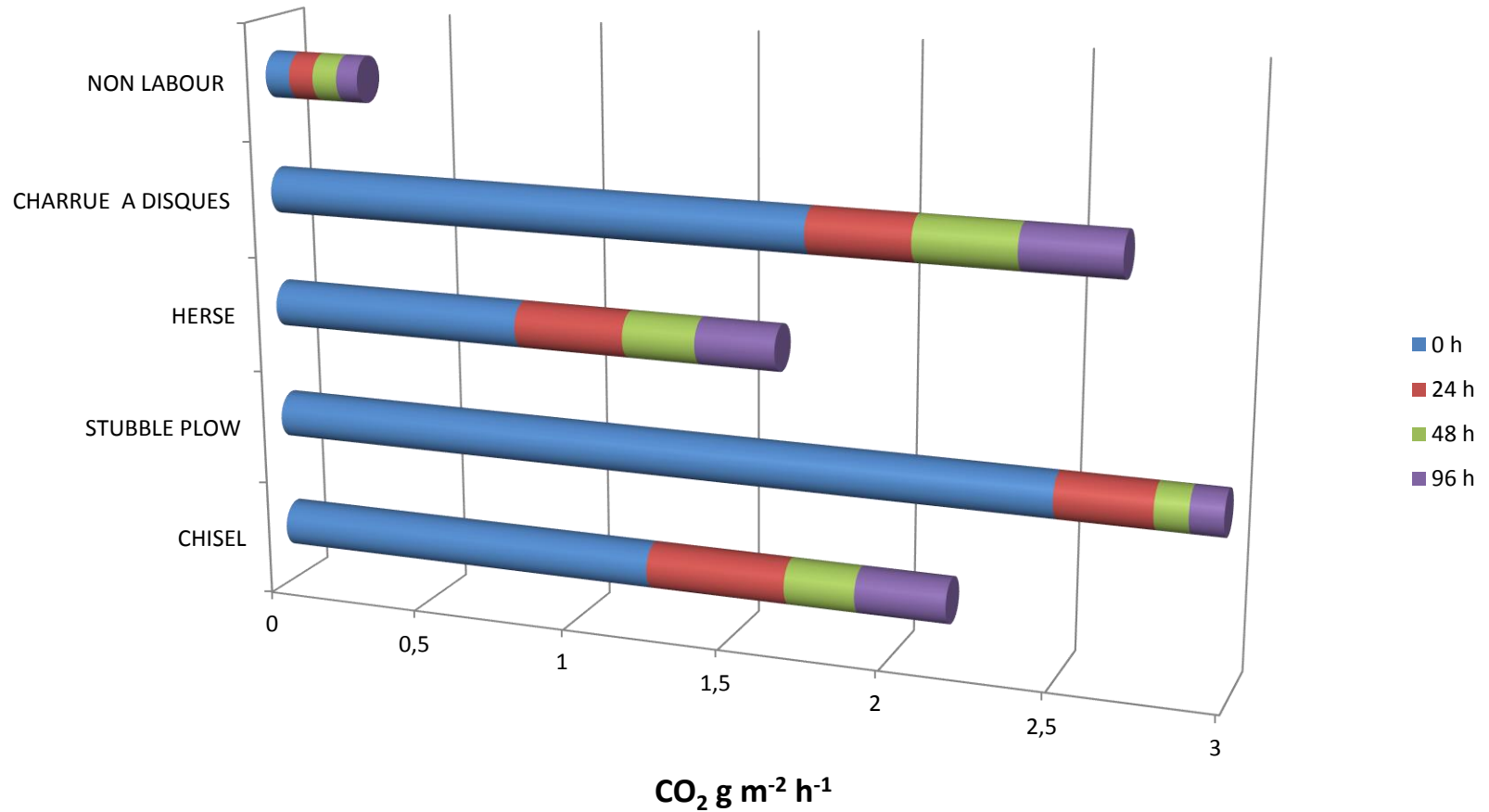
**Gain de Carbone**



**Perte de Carbone**

# Émission de CO<sub>2</sub>

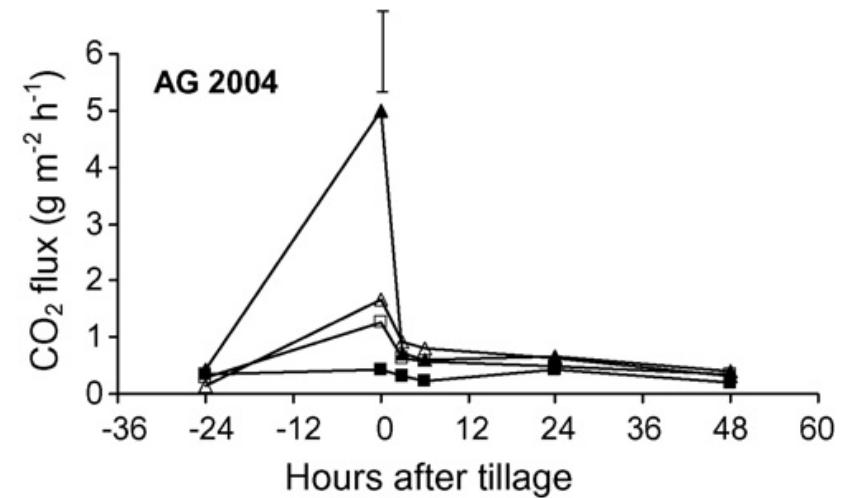
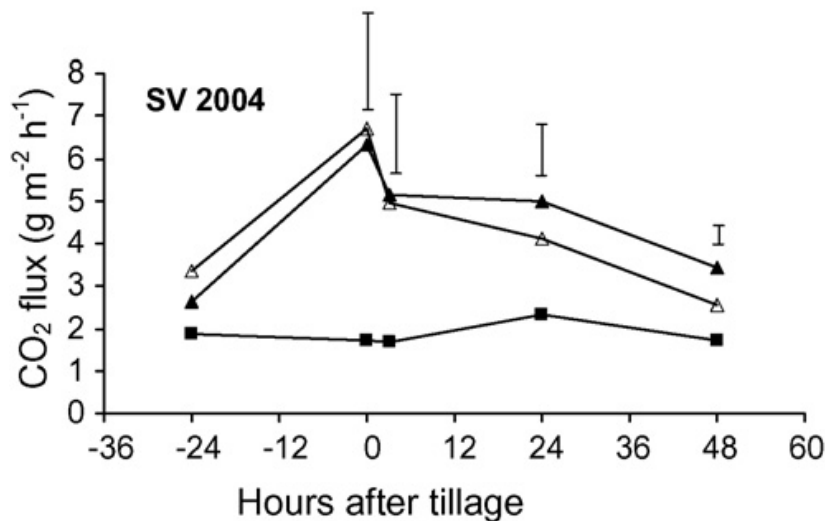
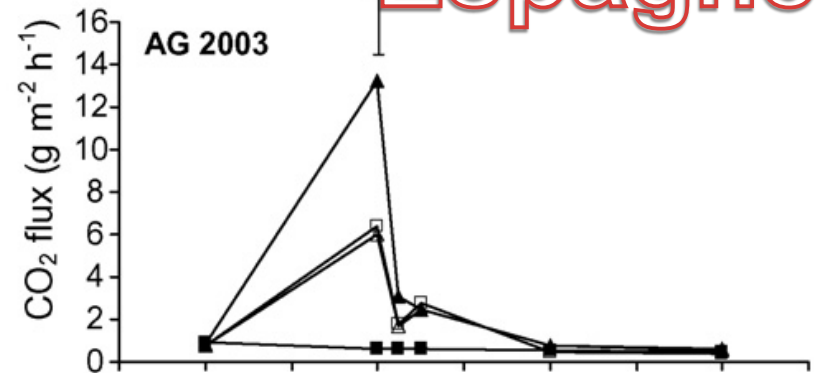
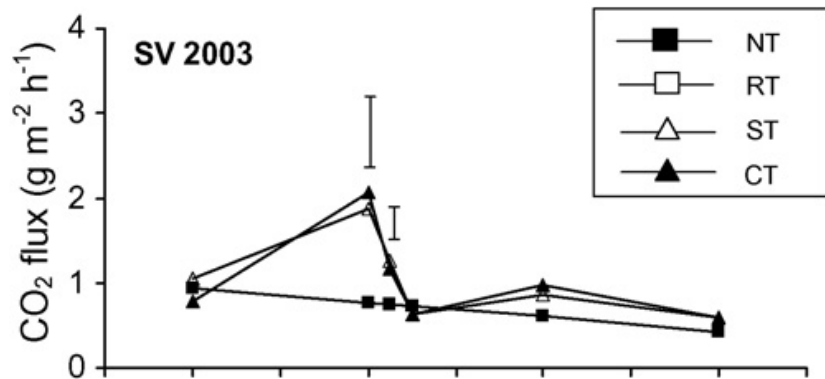
Moussadek & Mrabet 2010



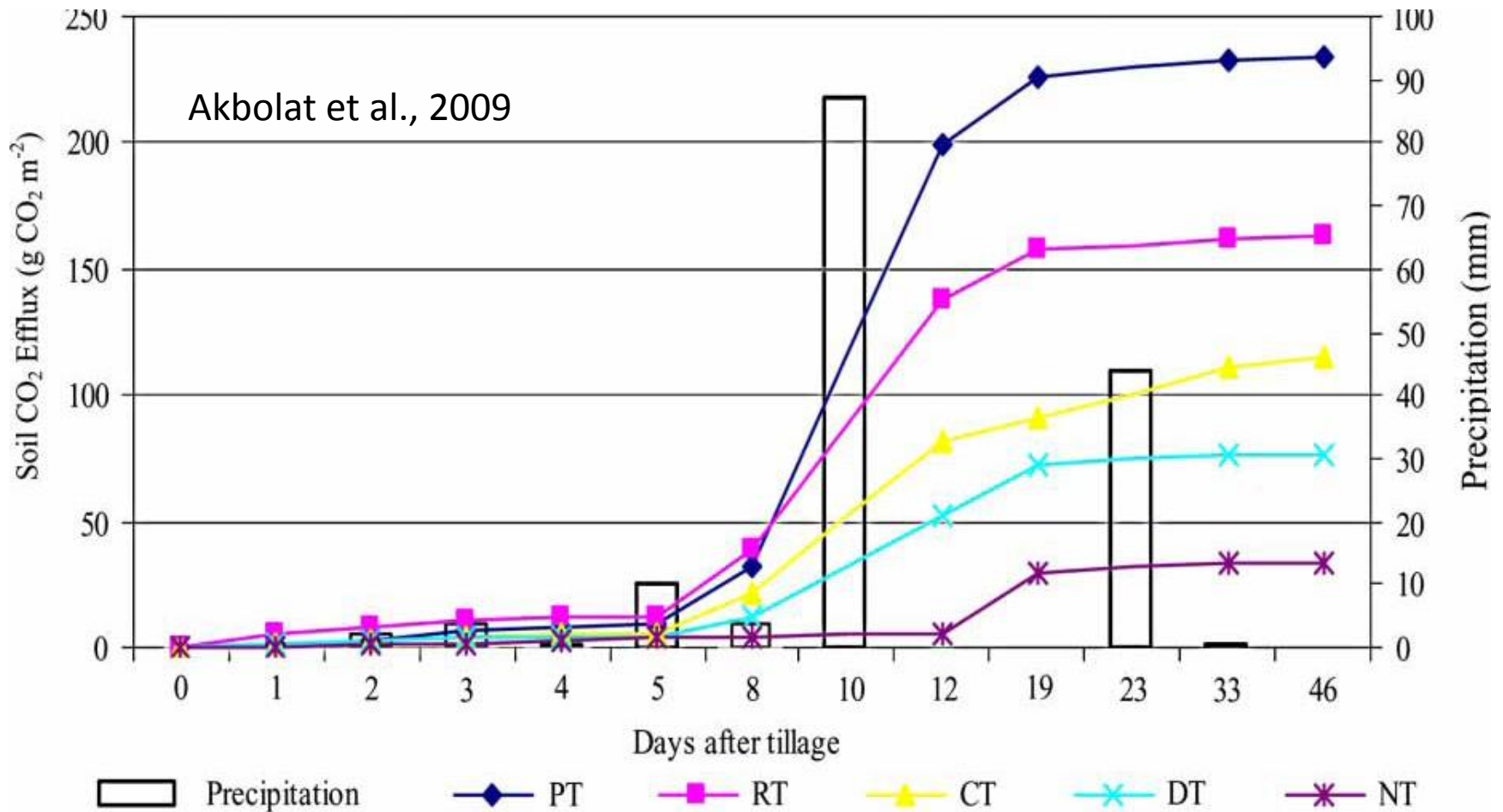
Merchouch, Maroc Vertisol

# Émission de CO<sub>2</sub>

Espagne

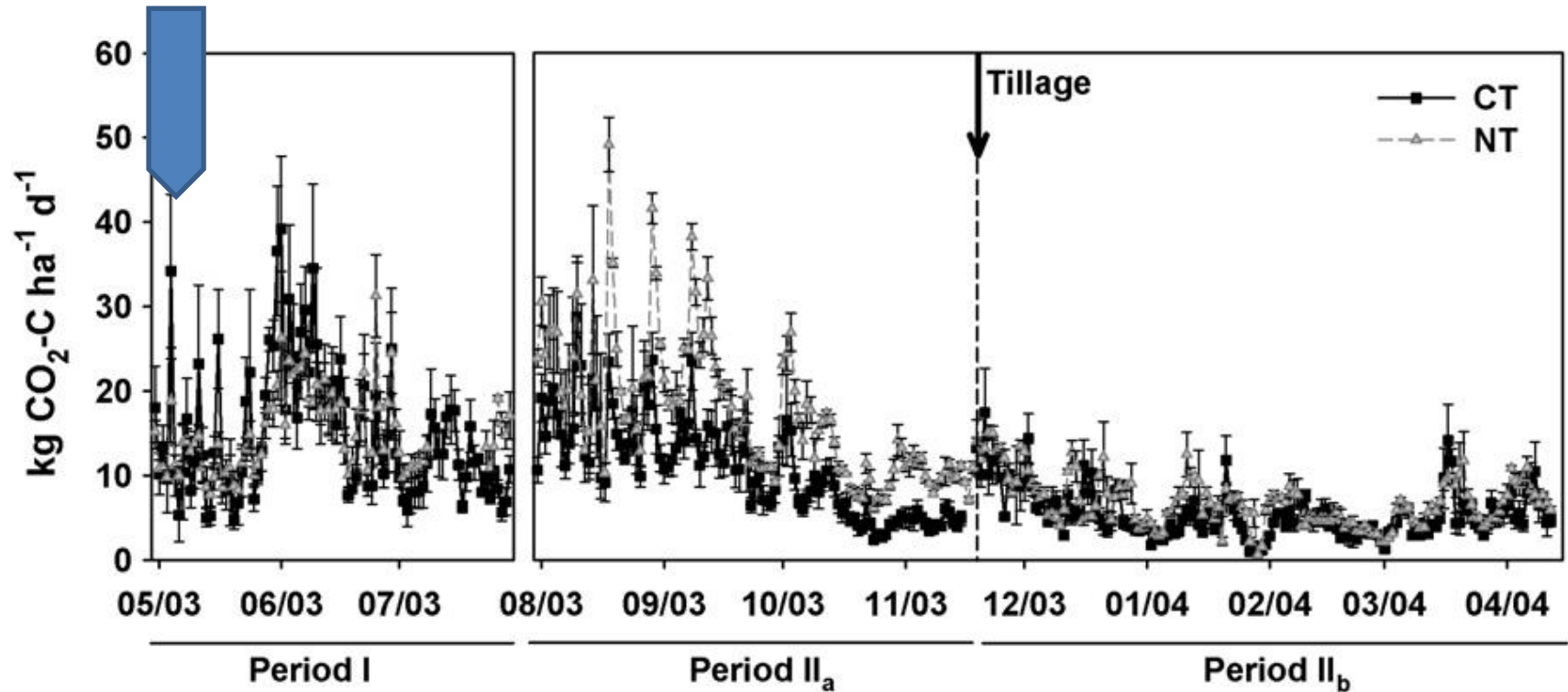


# Émission de CO<sub>2</sub>



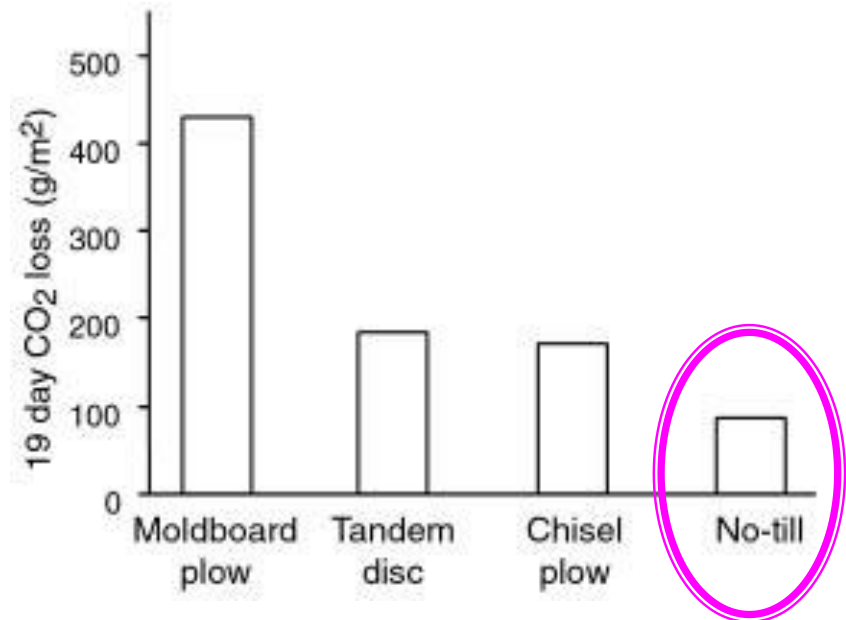
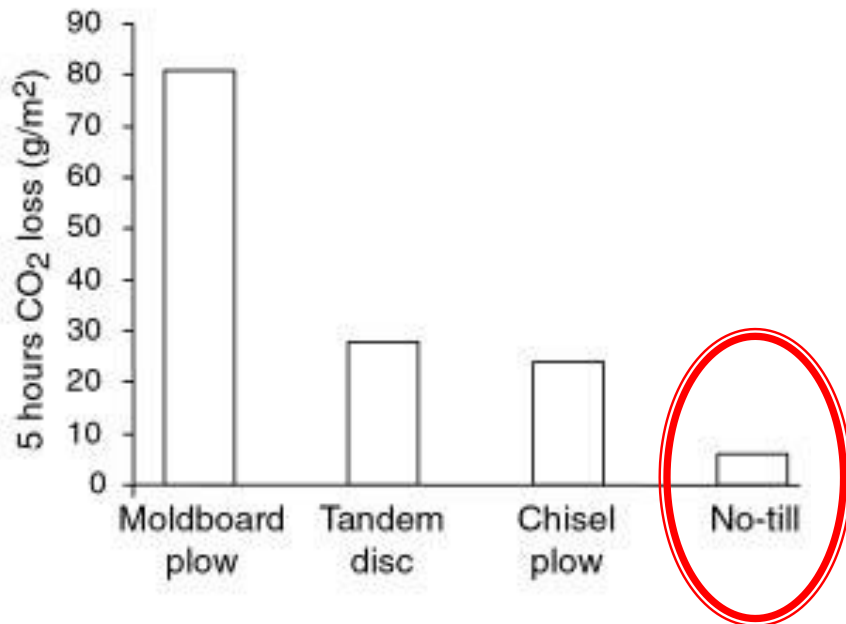
Turquie

# Émission de CO<sub>2</sub>



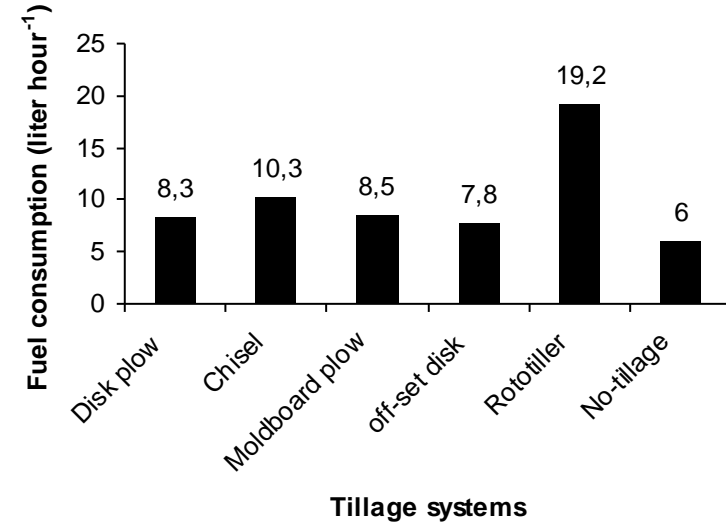
France

# Émission de CO<sub>2</sub>



# Atténuation du changement climatique par le semis direct

| Tillage systems                               | Power (Horse Power /m) | Time (Hour/ha) | Gas oil consumption (Liter / h) | Number of passes |
|---|------------------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| <b>Conventional Tillage system</b>            | <b>100-140</b>         | <b>6.5-8.5</b> | <b>31-45</b>                    | 4                |
| 1. Deep disking                               | 50-70                  | 3-4            | 10-15                           |                  |
| 2. Stubble plow                               | 20-30                  | 2-2.5          | 10-12                           |                  |
| 3. Seedbed preparation                        | 15-25                  | 1-1.5          | 6-8                             |                  |
| 4. Seeding                                    | 15                     | 0.5            | 5                               |                  |
| <b>Simplified Tillage system</b>              | <b>50-70</b>           | <b>3.5-5</b>   | <b>21-25</b>                    | 3                |
| 1. Stubble plow                               | 20-30                  | 2-3            | 10-12                           |                  |
| 2. Seedbed preparation                        | 15-25                  | 1-1.5          | 6-8                             |                  |
| 3. Seeding                                    | 15                     | 0.5            | 5                               |                  |
| <b>Traditional Tillage system</b>             | <b>30-40</b>           | <b>2-2.5</b>   | <b>11-13</b>                    | 2                |
| 1. Off-set disking for seedbed preparation    | 15-25                  | 1-1.5          | 5-8                             |                  |
| 2. Seeding                                    | 15                     | 0.5            | 5                               |                  |
| <b>No-tillage: Seeding with no-till drill</b> | <b>25-35</b>           | <b>0.6-1</b>   | <b>5-7</b>                      | 1                |



*Une meilleure atténuation du changement climatique par des économies d'énergie (et de temps).*

Bilan de carbone positif



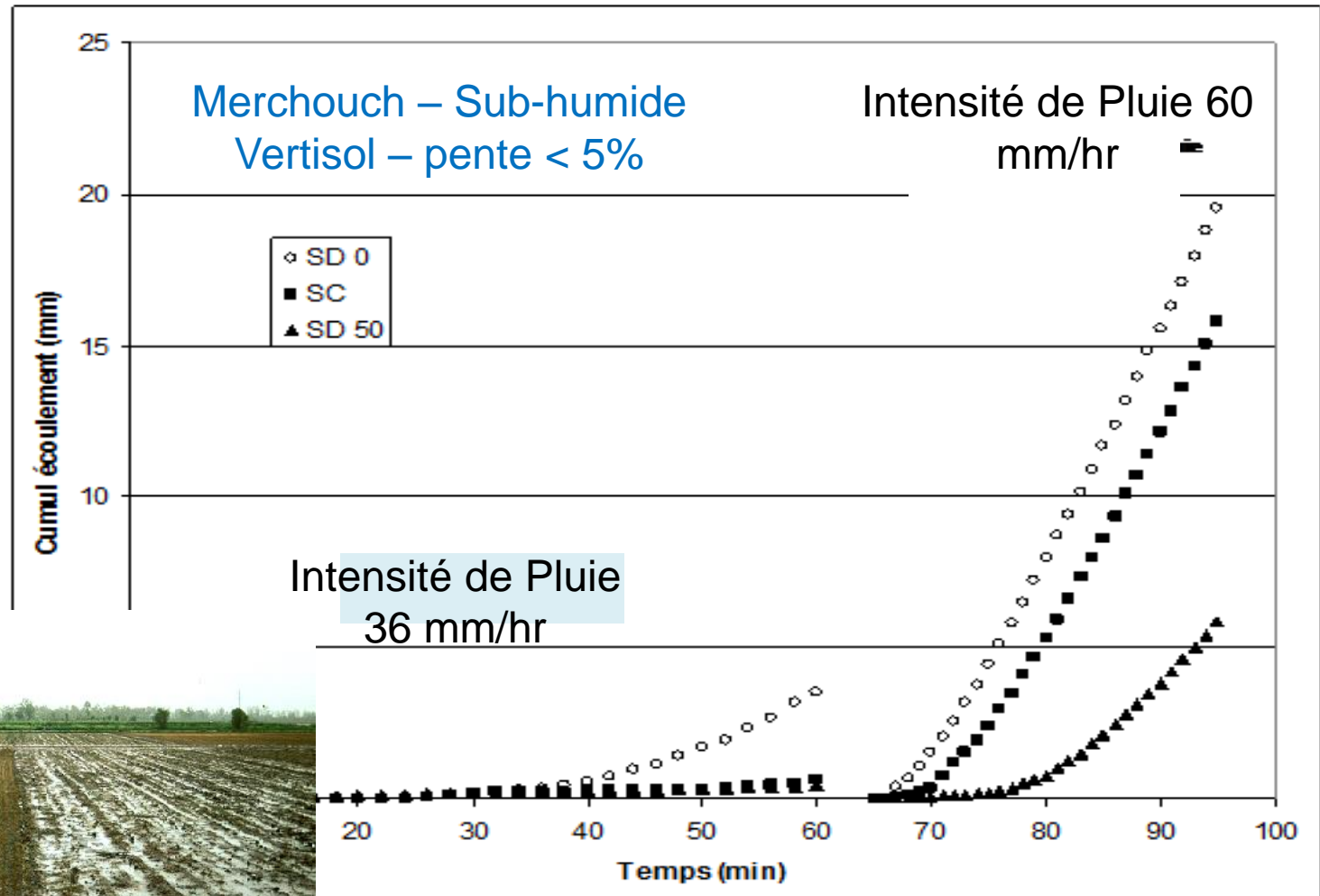
# Séquestration du Carbone dans les sols méditerranéens : CT vs NT

NT = Semis direct CT = Conventionnel

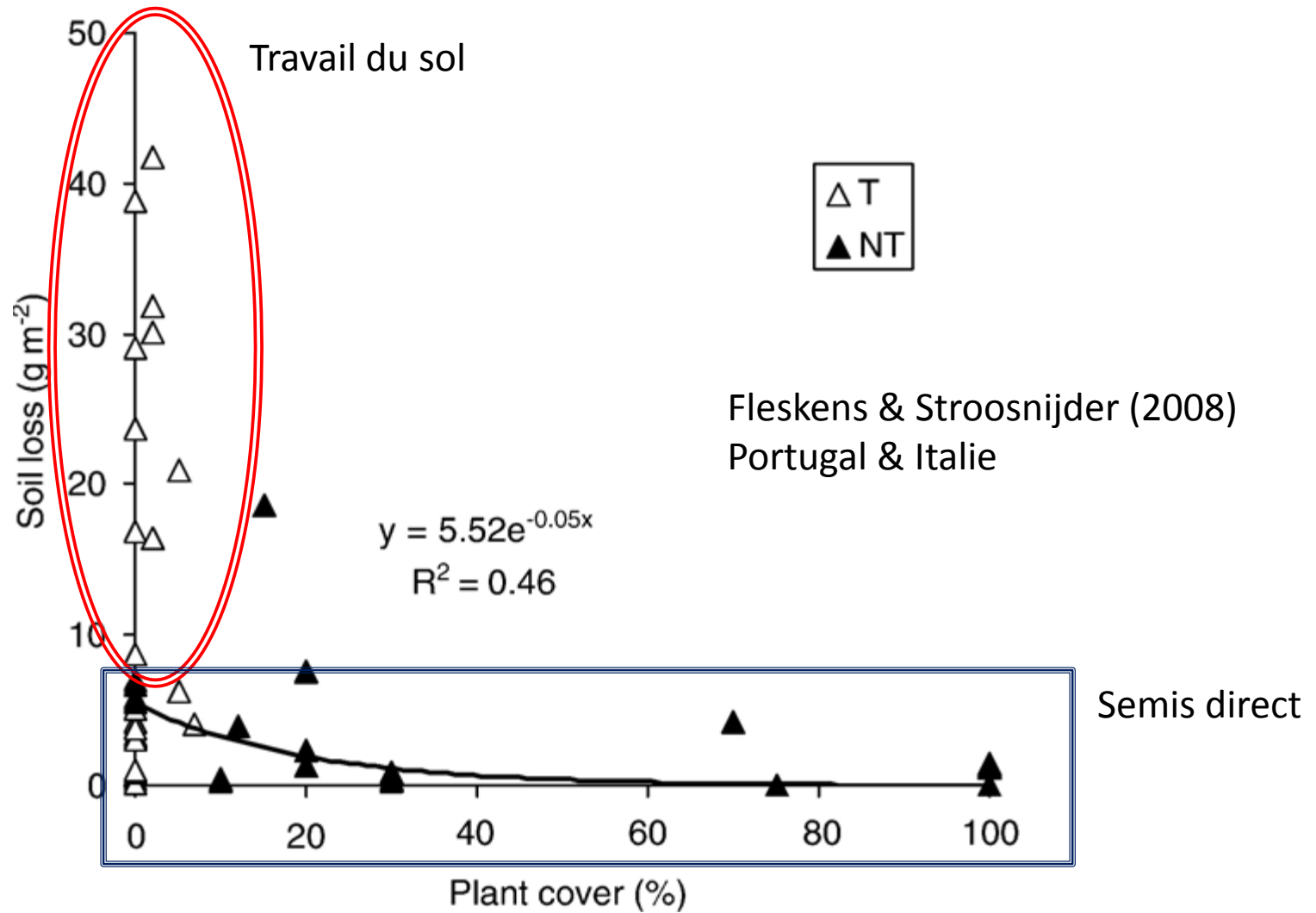
| Country  | Soil order  | Horizon (cm) | Years | NT    | CT    | References                          |
|----------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|
| France   | Alfisol     | 0-5          | 4     | 21.5  | 17.3  | Monnier et al. (1976)               |
|          | Alfisol     | 0-5          | 33    | 22.6  | 11.0  | Oorts (2006) & Oorts et al. (2007b) |
| Syria    | Inceptisol  | 0-10         | 10    | 17.5  | 11.0  | Ryan (1998)                         |
| Tunisia  | Isohumic    | 0-20         | 4     | 27.5  | 24.1  | Ben Moussa-Machraoui et al. (2010)  |
|          | Fersialitic | 0-20         | 4     | 22.4  | 15.5  |                                     |
| Morocco  | Calcixeroll | 0-5          | 5     | 17.3  | 16.6  | Mrabet (2008a)                      |
|          | Calcixeroll | 0-2.5        | 11    | 28.9  | 23.5  | Mrabet et al. (2001)                |
| Italy    | Cambisol    | 0-40         | 3     | 7.5   | 7.5   | Borin et al. (1997)                 |
|          | Entisol     | 0-10         | -     | 20.1  | 14.3  | Basso et al. (2002)                 |
| Portugal | Cambisol    | 0-20         | 3     | 14.82 | 12.94 | Basch et al. (2008)                 |
|          | Vertisol    | 0-10         | -     | 25.3  | 19.1  | Carvalho & Basch (1995)             |
| Spain    | Xerocept    | 0-5          | 18    | 22.5  | 15    | Álvaro-Fuentes et al. (2008)        |
|          | Xerofluvent | 0-5          | 15    | 18.81 | 8.8   | Álvaro-Fuentes et al. (2008)        |
|          | Calciorthid | 0-5          | 16    | 13.7  | 8.7   | Álvaro-Fuentes et al. (2008)        |
|          | Calcisol    | 0-5          | 7     | 12.55 | 10.17 | Fernandez-Ugalde et al. (2009)      |
|          | Haploxeralf | 0-5          | 14    | 11    | 7     | Hernanz et al. (2002)               |
|          | Haploxeralf | 0-10         | 8     | 11.6  | 8.8   | Medeiros et al. (1996)              |
|          | Xerofluvent | 0-5          | 3     | 17.2  | 15.7  | López-Garrido et al. (2009)         |

g/kg

# Impact du travail du sol et du niveau de résidus sur les pertes d'eau par érosion



# Pertes en sol sous oliveraie



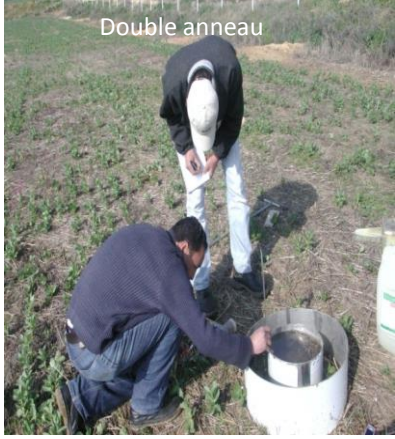
# Conservation des sols en oliveraie

| Gestion du sol              | Ruissellement (mm) | Pertes de sol (kg m <sup>-2</sup> an <sup>-1</sup> ) | Conc. Sédiment (kg/m <sup>3</sup> ) | Matière organique (kg ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|--------------------|--|-------------------------------------|---|
| Conventionnelle             | 91.1               | 1.94   | 17.3                                | 234   |
| Agriculture de conservation | 32.7               | 0.04   | 1.9                                 | 6.31  |

Gomez et al. 2009: Andalousie

Houcine ANGAR<sup>(1)</sup>, Halim BEN HADJ SALAH<sup>(1)</sup> et Moncef BEN HAMMOUDA<sup>(2)</sup>.

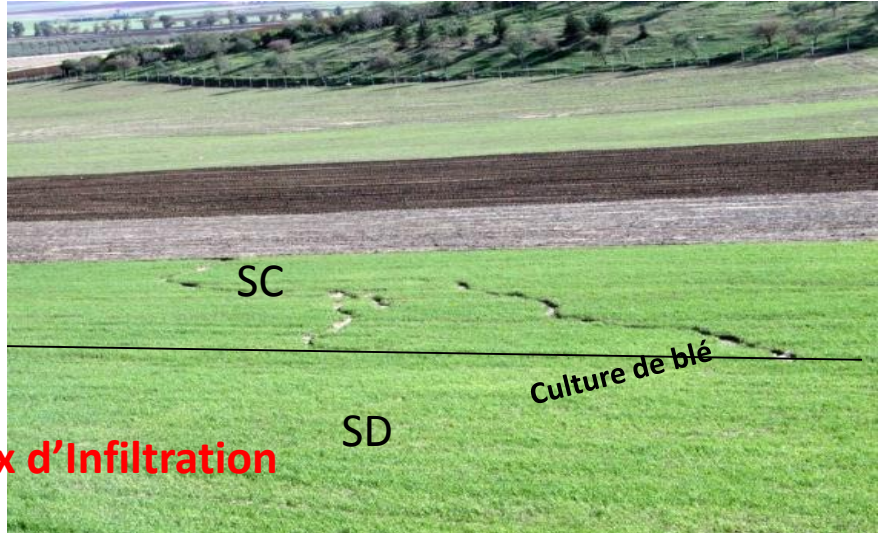
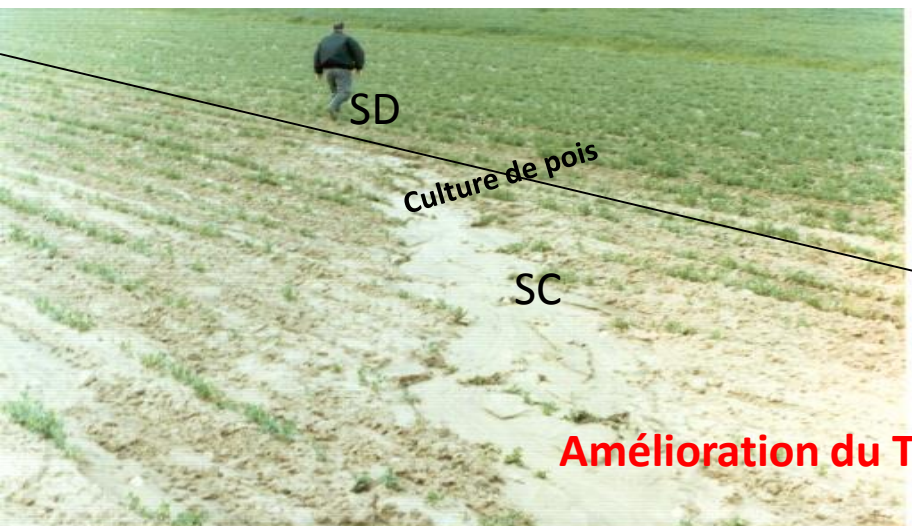
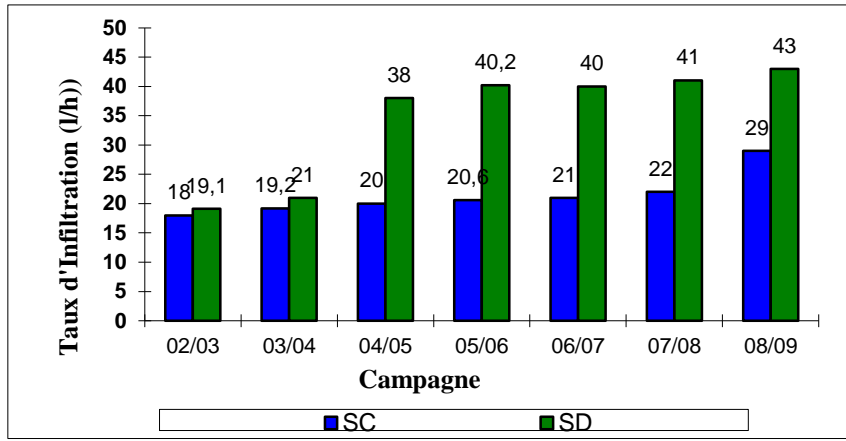
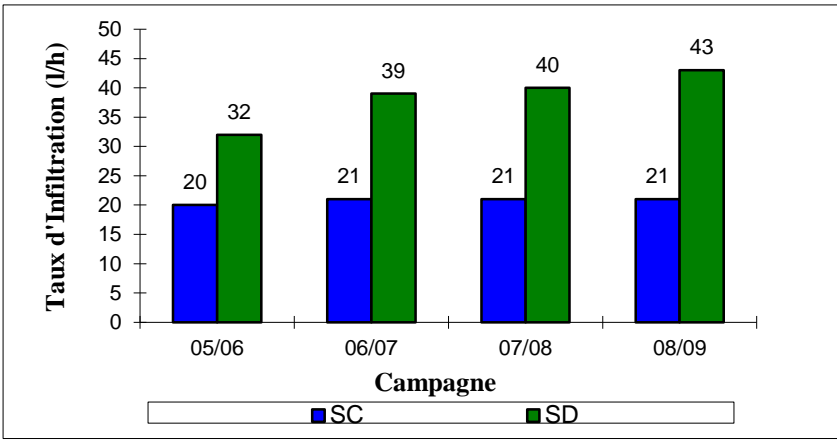
(1) : INGC, Bousalem ; (2) : ESA, KEF, Tunisie.



# Réduction de l'érosion

**Type de sol:** Argilo limoneux  
**Système de culture:** biennale (féverole / céréale)  
**Conversion en SD:** campagne 2000/2001

**Argilo Sablonneux**  
**biennale (féverole / céréale)**  
**campagne 2000/2001**



**Amélioration du Taux d'Infiltration**

# Adaptation au changement climatique

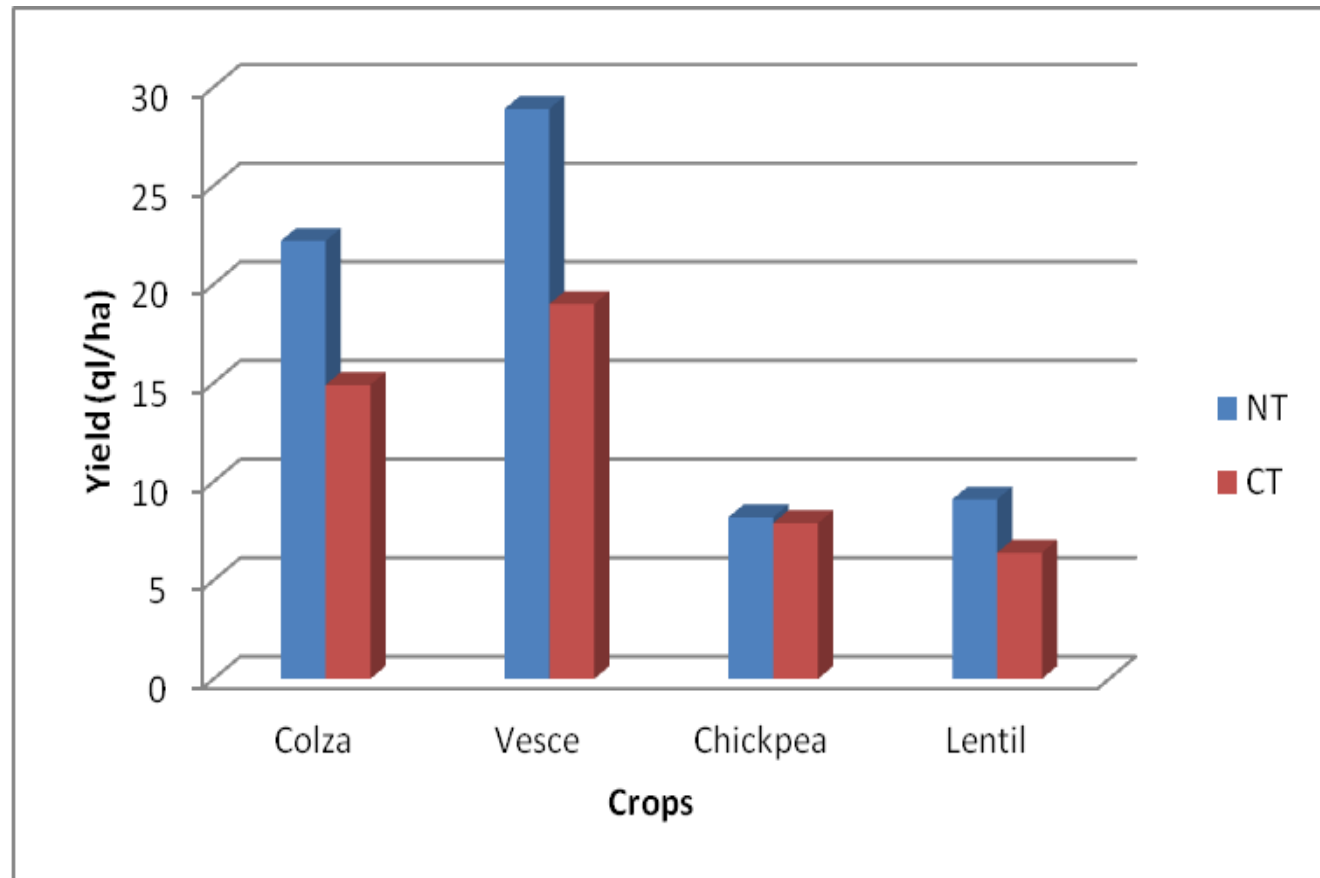
NT = Semis direct CT = Conventiennel

**Table 1**  
Regional assessment of wheat yield ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) under no-tillage (NT) and conventional tillage (CT) systems in Morocco.

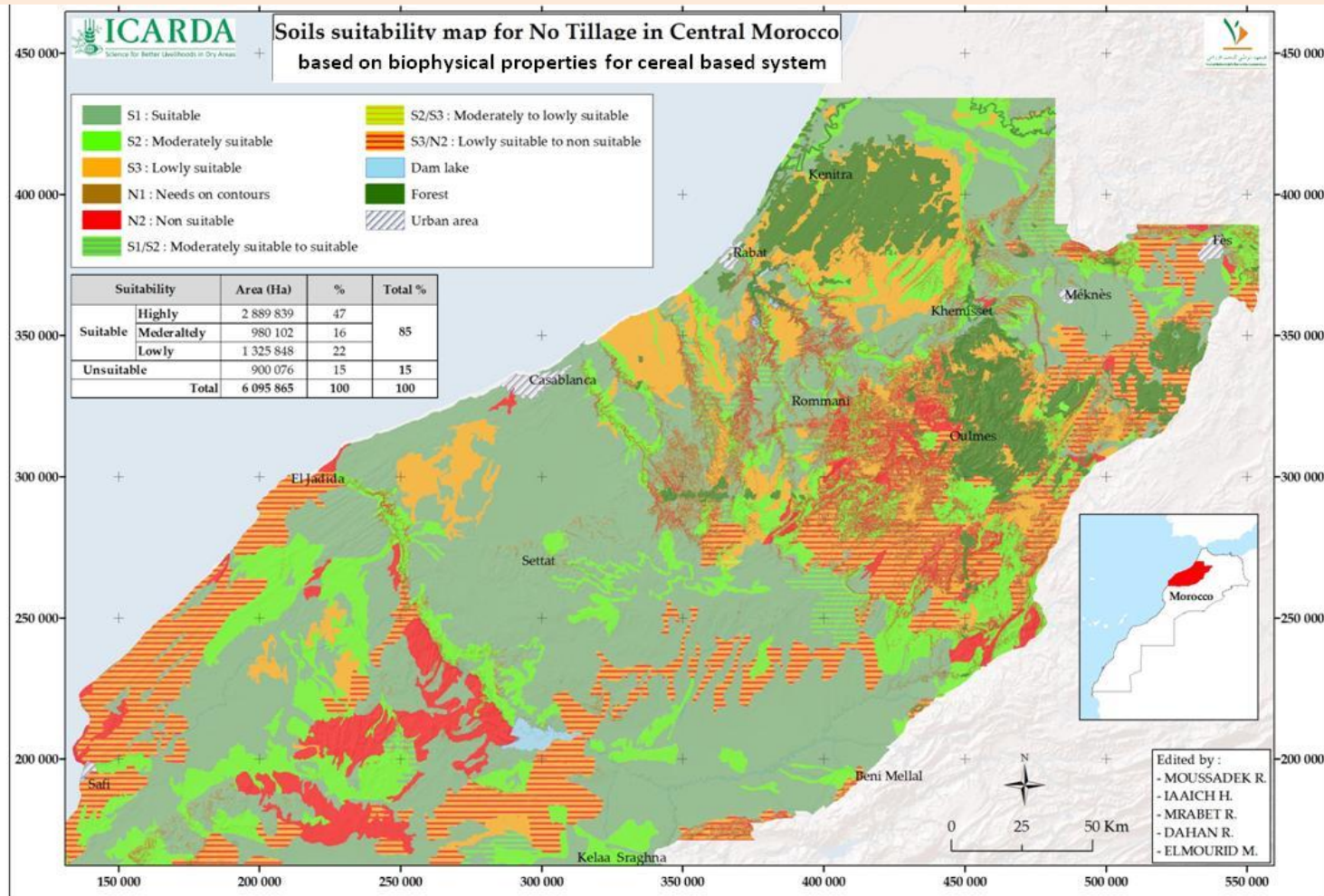
| Region and Average annual rainfall (mm) | Soil type | Rotation            | NT   | CT   | Years |
|---|-----------|---------------------|------|------|-------|
| Abda (270 mm)                           | Vertisol  | Wheat-fallow        | 3.10 | 2.40 | 19    |
|   | Vertisol  | Continuous wheat    | 1.60 | 1.60 | 19    |
| Chaouia (358 mm)                        | Mollisol  | Continuous wheat    | 2.47 | 2.36 | 4     |
|   | Vertisol  | Wheat-fallow        | 3.70 | 2.60 | 10    |
|   | Vertisol  | Continuous wheat    | 1.90 | 1.40 | 10    |
|   | Mollisol  | Different rotations | 2.21 | 1.90 | 9     |
|   | Vertisol  | Wheat-chickpea      | 1.87 | 0.76 | 3     |
|   | Rendzina  | Wheat-chickpea      | 2.53 | 1.47 | 9     |
| Zaers (410 mm)                          | Vertisol  | Wheat-lentils       | 1.97 | 1.41 | 4     |
|   | Entisol   | Wheat-lentils       | 2.99 | 2.72 | 4     |
|   | Alfisol   | Wheat-lentils       | 2.71 | 2.49 | 4     |
| Sais (438 mm)                           | Vertisol  | Different rotations | 2.55 | 2.49 | 4     |
|   | Alfisol   | Different rotations | 2.72 | 2.74 | 4     |
| Gharb (570 mm)                          | Vertisol  | Continuous wheat    | 2.80 | 2.26 | 3     |

*Une meilleure efficience d'utilisation de l'eau (augmentation jusqu'à 60% d'efficience d'utilisation de l'eau) avec une nette amélioration des rendements particulièrement en années sèches.*

# Diversification du système de production



# Perspectives



Moussadek et al., 2016

This map shows that, based on biophysical properties, **63% of about 6,1 million hectares are highly to moderately suitable to NT for cereal based system.**

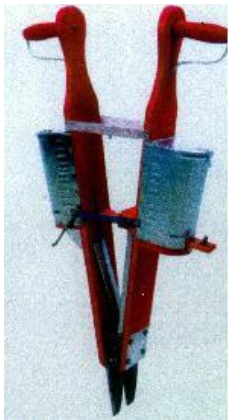


# Associations pour l'adoption du semis direct en Europe

43% des superficies agricoles potentielles pour le semis direct



# Semis direct: Solution locale



**Faisabilité sociale et économique du semis direct :  
Plus grande implication de l'agriculteur**



**Semis direct : remise en cause assez fondamentale de la manière de cultiver**

# Evolution technologique

- Du pneumatique



Manuel



# Le semis direct convient à plusieurs cultures



Riz



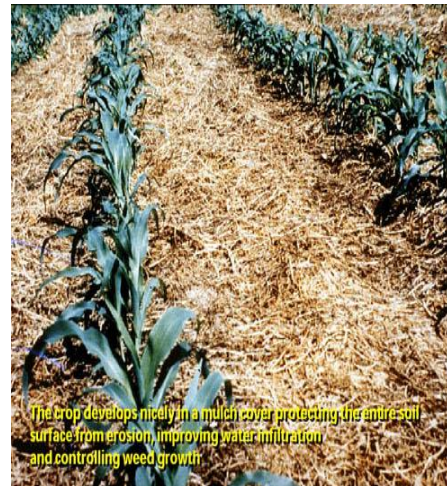
Soja



Blé



Légumineuse



Maïs



Cotton

**Le systèmes de semis direct a été adopté pour les céréales, les plantes sucrières, les cultures industrielles, les légumineuses alimentaires, le maraîchage etc**



Concombre



poivron



Salade



**Onion**



**Tomate**

# Le semis direct convient à plusieurs cultures



**Tabac**



**Luzerne**



**Manioc**

# Conclusions sur l'agriculture de conservation

- Amélioration des productivités des systèmes agricoles méditerranéens:
  - Systèmes céréaliers
  - Systèmes arboricoles (olivier)
  - Systèmes à base d'élevage
- Amélioration de la qualité des terres:
  - Réduction des formes d'érosion
  - Séquestration du carbone
  - Fertilité des sols
- Amélioration des efficacités:
  - Utilisation de l'eau
  - Energie



**Merci pour votre attention!**

**[rachidmrabet@gmail.com](mailto:rachidmrabet@gmail.com)**