

## Exercices et évaluations à photocopier aux apprenants

### Cours 1 : Fonction des matières organiques

Activité : **Débat-discussion sur le cours N1: fonction des matières organiques\_F.Ganry**

Thème « La matière organique peut-elle être une solution de remplacement de l'engrais minéral ? La réponse à cette question n'est possible que si l'on précise l'échelle prise en compte : champ cultivé, bassin versant, exploitation agricole ou pays.

### Cours 2 : A travers des exemples d'approches, les différentes sources de MO

Activité : **Exercice 2.1\_QCM\_Effluents-agro-industriels\_D.Montange**

Activité : **Débat/Discussion\_2.1.2\_Heurs et malheurs du compostage\_D.Montange**

Débat pouvant être organisé suite à la présentation du montage sur les heurs et malheurs du compostage.

Activité : **2.2\_exercices\_Fumiers en zone soudano-sahélienne\_F.Ganry**

Activité : **2.3\_QCM\_Composts urbains en France\_Sabine Houot (2.3.1, 2.3.2)**

Activité : **2.5\_QCM\_Déchets urbains (transformation) dans les PED\_J.-L. Farinet**

### Cours 3 : Etudes de cas

Activité : **Exercice 3.2\_Contraintes de production et valorisation agricole des déchets solides et des MO dans les zones urbaines et rurales au Mali\_K.Traoré**

### Cours 4 : Concepts, modèles et indicateurs: méthodes de mesures et d'analyses

### Cours 5 : Potentiel agronomique

#### Travaux dirigés

### Cours 6 : Evaluation environnementale

Activité : **6.2\_Séquestration du carbone\_C.Feller**

Débat/Discussion : protocole de Kyoto

Activité : **Exercice 6.3\_Compostage et pertes gazeuses\_J.-M. Paillat**

### Cours 7 Normes et réglementation

Activité : **7.1\_débat/discussion\_J.-M. Médoc**

Thème « Marché mondial ou traditionnel, devons nous tout normaliser ?

## EVALUATION FINALE

## Cours 1 : Fonction des matières organiques

Activité : **Débat-discussion sur le cours N1: fonction des matières organiques\_F.Ganry**

### Débat et discussion

#### Débat-discussion sur le cours N1: fonction des matières organiques\_F.Ganry

Thème « La matière organique peut-elle être une solution de remplacement l'engrais minéral ? La réponse à cette question n'est possible que si l'on précise l'échelle prise en compte : champ cultivé, bassin versant, exploitation agricole ou pays.

#### Pré-requis au débat

Il convient de distinguer les restitutions organiques et minérales dues à la culture en place, des apports exogènes qui réalisent en fait un transfert de fertilité. L'avantage des premières en système cultural amélioré est de freiner la baisse du niveau de fertilité alors que celles-ci (exogènes) sont susceptibles d'enrichir le capital fertilité - du moins de le maintenir - mais à des degrés différents selon les dimensions de l'unité de production à laquelle on s'adresse:

- *le champ* : le champ est le support du système de culture. La continuité d'un système de culture engendre un agrosystème désigné ainsi par analogie avec l'écosystème sous végétation naturelle. A l'échelon d'une exploitation, on peut fertiliser un champ par des matières organiques provenant de cette exploitation mais toujours aux dépens d'une autre surface productive. De ce fait, **la surface exploitée est inférieure à la surface productive**. Au niveau de l'agrosystème, l'animal est perçu comme une étape dans le recyclage des résidus de récolte ;

- *le bassin versant* : ce terme désigne en géomorphologie un ensemble de sols en pente qu'on peut distinguer selon leur position topographique : (a) plateau, (b) sommet de la pente, (c) bas de la pente, (d) dépression ; ces sols sont soumis à deux processus : l'érosion et le lessivage oblique opérant ainsi un transfert de fertilité du plateau vers la dépression. Un autre transfert de fertilité peut être dû aux animaux dont le parage a lieu dans la dépression ;

- *l'exploitation* : l'exploitation est le lieu de réalisation du système de production. Les résidus de transformation des produits agricoles (rizeries, décortiqueries), les composts urbains et les produits forestiers, peuvent contribuer à maintenir la fertilité

d'une exploitation, mais, même disponibles, ils seraient insuffisants en système amélioré ;

- *le pays* : d'une façon générale, sans apports exogènes à l'unité de production considérée, les seuls produits de l'unité ne peuvent obvier aux déséquilibres minéraux apparus ou apparaissant (hormis peut-être les pays chauds forestiers). C'est ainsi qu'à l'échelle d'un pays comme le Sénégal on peut calculer grossièrement, ce que représentent les déperditions en éléments minéraux, en estimant la production végétale moyenne annuelle à 850 000 t d'arachide et 900 000 t de céréales (équivalent mil). En supposant que la situation actuelle est au mieux, à **mi-restitution**, c'est de l'ordre de 200 000 t d'engrais et 25 000 t de chaux qui sont chaque année prélevées du patrimoine foncier. Même une gestion des ressources en matière organique du pays orientée « fertilisation des sols » ne pourrait éviter ces déperditions et empêcher le bilan minéral de devenir négatif.

Activité : **Exercice 2.1\_QCM\_Effluents-agro-industriels\_D.Montange**

Le compostage des boues de station d'épuration des eaux usées est difficile car

- elles sont trop riches en carbone
- elles sont trop riches en azote
- elles sont trop denses

Pourquoi mélange-t-on les boues de station d'épuration avec des copeaux ou de la balle de riz :

- pour aérer le mélange
- pour densifier le mélange
- pour apporter de l'azote

Un tas de matières organiques en compostage dégage une mauvaise odeur quand :

- il est trop aéré
- il est trop humide
- il est trop poreux

L'hygiénisation du compost est réalisée par :

- un lavage des matières à l'eau
- un chauffage des matières à 65°
- un séchage au soleil

La chaleur dégagée par le tas de matières en compostage provient :

- des rayons du soleil
- des réactions des micro-organismes
- d'une réaction chimique

Un produit structurant sert à :

- aérer le mélange en compostage
- diminuer la porosité
- augmenter la densité

Pour faire un compost avec de la vinasse, il faut ajouter :

- du calcium
- de la paille
- de l'eau

Par rapport au tas de matières organiques de départ, le compost final est :

- plus riche en carbone organique
- plus pauvre en carbone organique
- au même niveau de carbone organique

Le tas de matières organiques en compostage est retourné régulièrement :

- pour diminuer le rapport C/N
- pour augmenter le rapport C/N
- pour améliorer l'aération du centre du tas

Pourquoi met-on les matières organiques en tas pour le compostage :

- pour éviter un trop fort dessèchement du mélange
- pour occuper moins de place
- pour permettre un suivi plus facile de la température

Pourquoi la température du mélange remonte-t-elle quand on le remue dans les premières semaines :

- parce que cela ajoute du carbone au mélange
- parce que cela apporte de l'oxygène au mélange
- parce que cela diminue l'acidité du mélange

À la fin de la période de compostage, le tas de compost est :

- plus volumineux qu'au départ
- plus petit qu'au départ
- de même taille qu'au départ

Pourquoi brûle-t-on les chaumes de blé dans les pays à climat très sec

- pour éviter la décomposition de ces chaumes dans le sol
- pour que le champ soit plus propre
- pour que le blé ne repousse pas

Quand il est bien mené, un tas de matières organiques en compostage dégage

- du méthane
- du gaz carbonique, de la vapeur d'eau
- du biogaz

## Correction :

### Activité : Exercice 2.1\_QCM\_Effluents-agro-industriels\_D.Montange

- 1 Le compostage des boues de station d'épuration des eaux usées est difficile car  
elles sont trop riches en carbone  
elles sont trop riches en azote  
**elles sont trop denses**
  
- 2 Pourquoi mélange-t-on les boues de station d'épuration avec des copeaux ou de la balle de riz :  
**pour aérer le mélange**  
pour densifier le mélange  
pour apporter de l'azote
  
- 3 Un tas de matières organiques en compostage dégage une mauvaise odeur quand :  
il est trop aéré  
**il est trop humide**  
il est trop poreux
  
- 4 L'hygiénisation du compost est réalisée par :  
un lavage des matières à l'eau  
**un chauffage des matières à 65°**  
un séchage au soleil
  
- 5 La chaleur dégagée par le tas de matières en compostage provient :  
des rayons du soleil  
**des réactions des micro-organismes**  
d'une réaction chimique
  
- 6 Un produit structurant sert à :  
**aérer le mélange en compostage**  
diminuer la porosité  
augmenter la densité
  
- 7 Pour faire un compost avec de la vinasse, il faut ajouter :  
du calcium  
**de la paille**  
de l'eau
  
- 8 Par rapport au tas de matières organiques de départ, le compost final est :  
plus riche en carbone organique  
**plus pauvre en carbone organique**  
au même niveau de carbone organique
  
- 9 Le tas de matières organiques en compostage est retourné régulièrement :  
pour diminuer le rapport C/N  
pour augmenter le rapport C/N  
**pour améliorer l'aération du centre du tas**

10 Pourquoi met-on les matières organiques en tas pour le compostage :

**pour éviter un trop fort dessèchement du mélange**

pour occuper moins de place

pour permettre un suivi plus facile de la température

11 Pourquoi la température du mélange remonte-t-elle quand on le remue dans les premières semaines :

parce que cela ajoute du carbone au mélange

**parce que cela apporte de l'oxygène au mélange**

parce que cela diminue l'acidité du mélange

12 À la fin de la période de compostage, le tas de compost est :

plus volumineux qu'au départ

**plus petit qu'au départ**

de même taille qu'au départ

13 Pourquoi brûle-t-on les chaumes de blé dans les pays à climat très sec

**pour éviter la décomposition de ces chaumes dans le sol**

pour que le champ soit plus propre

pour que le blé ne repousse pas

14 Quand il est bien mené, un tas de matières organiques en compostage dégage du méthane

**du gaz carbonique, de la vapeur d'eau**

du biogaz

Activité : **Débat/Discussion\_2.1.2\_Heurs et malheurs du compostage**  
**\_D.Montage**

Débat pouvant être organisé suite à la présentation du montage sur les heurs et malheurs du compostage.

Un agriculteur, non propriétaires de ses terres, veut apporter des fertilisants sur ses cultures. Ses terrains sont facilement accessibles, et il n'a pas de problèmes de main d'œuvre. Il peut trouver sur le marché des composts de déchets verts, des fientes de volaille, des vinasses de distilleries, des engrais minéraux.

1/ Que pouvez-vous lui conseiller, en tenant bien entendu compte de ces contraintes ?

Plusieurs hypothèses doivent être envisagées. Bien analyser les contraintes indiquées dans le texte.

2/ Dites ce qui aurait changé dans vos propositions si les terrains de l'agriculteur étaient loin d'une route carrossable.



**Correction :**

Activité : **Débat/Discussion\_2.1.2\_Heurs et malheurs du compostage  
\_D.Montange**

Réponses :

Beaucoup d'hypothèses peuvent être émises :

Le paysan n'est pas sûr de pouvoir conserver sa terre plus d'un an, il privilégiera alors l'utilisation d'engrais minéraux ou l'utilisation de produits organiques d'origine animale comme les fientes de poulet qui sont facilement décomposables.

Le paysan n'a pas suffisamment d'argent et il va donc privilégier les matières locales plus facilement disponibles.

Si par contre, le paysan est sûr de conserver plusieurs années l'usage de ces terrains, on peut lui conseiller de prendre un amendement organique comme les composts de déchets verts.

En dernier ressort, on peut lui conseiller de faire des fertilisations mixtes en utilisant un engrais facilement disponible comme l'engrais minéral NPK ou les fientes de volaille, et un amendement qui va se décomposer plus lentement et améliorer la structure du sol comme les composts de déchets verts.

2/ : on aura tendance, dans le cas où les terrains sont éloignés, à conseiller l'utilisation d'engrais minéral ou d'amendement organique plus riche comme les fientes de volaille plutôt que les composts qui eux sont très volumineux pour apporter peu d'éléments fertilisants.

Activité : **2.2\_exercices\_ Fumiers en zone soudano-sahélienne\_F.Ganry**

**Classer par ordre d'importance décroissante :**

QCM 1 – les raisons de la nécessité d'un compostage du fumier ;

QCM 2 – les contraintes à la fabrication d'un fumier de qualité en zone soudano-sahélienne.

QCM 1 : réponses possibles

A pour augmenter l'effet « engrais »

B pour diminuer les odeurs

C pour supprimer les risques sanitaires, phytosanitaires et malherbologiques

D pour favoriser l'humification dans le sol

E pour favoriser son transport (en réduisant le volume)

QCM 2 : réponses possibles

A fourrage

B pailles

C eau

D hangar et/ou stabulation

E espace non cultivé dans l'exploitation et alentour

**Correction :**

Activité : **2.2\_exercices \_ Fumiers en zone soudano-sahélienne\_F.Ganry**

**Les réponses**

QCM 1 : C, D, E, A et B

QCM 2 : 2 réponses possibles selon que l'espace est saturé (toutes les terres cultivables sont cultivées) ou en voie de saturation (il existe encore des terres inexploitées ou en friche)

Réponse 21 : A, C, B et D

Réponse 22 : C, A, B et D.

## Activité : 2.3.1\_QCM\_ Composts urbains en France\_Sabine Houot

### Les composts d'origine urbaine

1. Le compostage est un mode de traitement biologique des déchets au cours duquel :
  - Un amendement organique est produit
  - Un amendement organique, du CO<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau sont produits
  - Un amendement organique, du CO<sub>2</sub>, de la vapeur d'eau et de la chaleur sont produits
2. La production de chaleur au cours du compostage est :
  - Est accessoire au procédé
  - Est nécessaire à l'hygiénisation de la masse de déchets
  - Nuit au procédé et on cherche à la diminuer en retournant les tas en compostage
3. La production actuelle de compost d'origine urbaine en France est de :
  - 2 millions de tonnes par an
  - 10 millions de tonnes par an
  - 100 millions de tonnes par an
4. Cette production de composts représente :
  - la plus grande part des matières organiques apportées au sol en France
  - une part très faible
  - une part identique aux effluents d'élevage
5. Quels types de déchets urbains sont compostables ?
  - les ordures ménagères
  - une fraction des ordures ménagères
  - les déchets verts
6. La préparation des déchets avant compostage a pour objectifs
  - l'homogénéisation des mélanges
  - l'ajustement de l'humidité initiale des mélanges
  - l'ajustement de la porosité des mélanges
7. Au cours du compostage, la phase de fermentation est :
  - la première phase du procédé
  - la phase qui permet la stabilisation de la matière organique
  - la phase où l'activité microbienne intense provoque la montée de la température
8. Un procédé de compostage accéléré est un procédé :
  - fait rapidement pour traiter plus de tonnages
  - pour lequel l'injection d'air permet d'accélérer les transformations
  - qui ne comporte que la phase de fermentation

9. L'affinage permet de

- récupérer la fraction fine du compost
- éliminer la fraction fine du compost
- enlever les indésirables du compost

10. Quelle proportion de la matière initiale des déchets se retrouve sous forme de compost en fin de procédé :

- 50%
- 70%
- 30%

## Correction :

### Activité : 2.3.1\_QCM\_ Composts urbains en France\_ Sabine Houot

#### Les composts d'origine urbaine

1. Le compostage est un mode de traitement biologique des déchets au cours duquel :
  - Un amendement organique est produit
  - Un amendement organique, du CO<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau sont produits
  - **Un amendement organique, du CO<sub>2</sub>, de la vapeur d'eau et de la chaleur sont produits**
2. La production de chaleur au cours du compostage est :
  - Est accessoire au procédé
  - **Est nécessaire à l'hygiénisation de la masse de déchets**
  - Nuit au procédé et on cherche à la diminuer en retournant les tas en compostage
3. La production actuelle de compost d'origine urbaine en France est de :
  - **2 millions de tonnes par an**
  - 10 millions de tonnes par an
  - 100 millions de tonnes par an
4. Cette production de composts représente :
  - la plus grande part des matières organiques apportées au sol en France
  - **une part très faible**
  - une part identique aux effluents d'élevage
5. Quels types de déchets urbains sont compostables ?
  - les ordures ménagères
  - **une fraction des ordures ménagères**
  - **les déchets verts**
6. La préparation des déchets avant compostage a pour objectifs
  - **l'homogénéisation des mélanges**
  - **l'ajustement de l'humidité initiale des mélanges**
  - **l'ajustement de la porosité des mélanges**
7. Au cours du compostage, la phase de fermentation est :
  - la première phase du procédé
  - la phase qui permet la stabilisation de la matière organique
  - **la phase où l'activité microbienne intense provoque la montée de la température**
8. Un procédé de compostage accéléré est un procédé :
  - fait rapidement pour traiter plus de tonnages
  - **pour lequel l'injection d'air permet d'accélérer les transformations**
  - qui ne comporte que la phase de fermentation

9. L'affinage permet de

- récupérer la fraction fine du compost
- éliminer la fraction fine du compost
- **enlever les indésirables du compost**

10. Quelle proportion de la matière initiale des déchets se retrouve sous forme de compost en fin de procédé :

- 50%
- 70%
- **30%**

## Activité : 2.3.2\_QCM\_ Utilisation des composts d'origine urbaine en agriculture \_Sabine Houot

1. En France, dans quel cadre réglementaire doivent être utilisés les composts :

- ce sont des déchets qui doivent être épandus selon un plan d'épandage
- ce sont des produits normalisés qui doivent être conformes à une norme pour être utilisés
- ce sont des déchets qui peuvent être épandus s'ils répondent à des critères analytiques

2. La norme NFU 44 051 :

- définit des classes de qualité de composts
- définit les spécifications d'une liste de types de produits
- définit les critères d'utilisation des composts

3. Les critères microbiologiques obligatoires retenus dans la norme NFU 44 051 sont :

- les œufs d'helminthes et les Salmonelles
- *Escherichia coli* et Entérocoques
- l'ensemble des 4 types précédents

4. La réglementation française en matière de qualité de compost est :

- similaire à la réglementation européenne
- permet l'utilisation des composts en agriculture biologique
- est moins contraignante que l'Ecolabel Européen

5. Les composts sont considérés comme :

- des engrais
- des amendements organiques
- des amendements calciques

6. La matière organique (MO) joue un rôle prépondérant

- des les sols sableux car elle améliore la stabilité des agrégats
- dans les sols sableux car elle augmente la capacité de rétention en eau
- dans les sols limoneux car elle augmente la stabilité des agrégats

7. La mesure de la minéralisation de la MO des amendements au cours d'incubations en conditions contrôlées de laboratoire :

- est un indicateur de l'effet en temps court sur l'activité microbienne du sol
- est un indicateur de l'effet des apports d'amendements sur les stocks de MO dans le sol à long terme
- est un indicateur de l'effet des apports sur la fertilité des sols

8. En cas d'apport de MO à un sol :

- la totalité de la MO apportée est intégrée au stock de MO du sol
- environ 50% de la MO apportée est intégrée au stock de MO du sol, quelque soit le type de MO
- une fraction de la MO apportée qui dépend des caractéristiques chimiques du produit apporté, est intégrée au stock de MO du sol



9. Choisissez le classement d'efficacité des composts à augmenter le stock de MO d'un sol :

- compost de Déchets verts (DV) <Fumier< compost d'ordures ménagères (OMR)
- OMR<Fumier<DV
- Fumier<OMR<DV

10. Le fractionnement van Soest fractionne la MO en :

- soluble, cellulose, lignine et lipide
- cellulose, hémicellulose et lignine
- soluble, hémicellulose, cellulose, lignine

11. Comment évoluent les fractions biochimiques au cours du compostage en proportion de la MO à un instant donné :

- la fraction soluble diminue et la fraction lignine augmente
- la fraction soluble augmente et la fraction hémicellulose diminue
- les fractions cellulose et hémicellulose diminuent

12. L'évolution de la MO au cours du compostage peut être ralentie par :

- l'absence de microorganismes dans les composts
- le déséquilibre entre teneur en C et N dans les mélanges
- la taille des andains trop petite

13. Quelle est l'efficacité des composts à améliorer la stabilité de la structure des sols

- tous les composts améliorent la stabilité des agrégats
- seuls les composts très stables améliorent la stabilité des agrégats
- les composts très stables sont plus efficaces que les composts immatures

14. Les composts sont des amendements organiques :

- ils ont une faible valeur fertilisante azotée
- ils ont une valeur fertilisante azotée qui s'exprime après des apports répétés
- ils ont une valeur fertilisante azotée dès le premier apport qui augmente au fur et à mesure des apports

15. Les risques les plus importants liés aux apports de composts d'origine urbaine sont :

- les apports d'éléments traces
- les apports de pathogènes
- les apports en excès d'éléments fertilisants

## Correction :

### Activité : 2.3.2\_QCM\_ Utilisation des composts d'origine urbaine en agriculture \_Sabine Houot

1. En France, dans quel cadre réglementaire doivent être utilisés les composts :
  - ce sont des déchets qui doivent être épandus selon un plan d'épandage
  - **ce sont des produits normalisés qui doivent être conformes à une norme pour être utilisés**
  - ce sont des déchets qui peuvent être épandus s'ils répondent à des critères analytiques
  
2. La norme 44 051 :
  - définit des classes de qualité de composts
  - **définit les spécifications d'une liste de types de produits**
  - définit les critères d'utilisation des composts
  
3. Les critères microbiologiques obligatoires retenus dans la norme NFU 44 051 sont :
  - **les œufs d'helminthes et les Salmonelles**
  - *Escherichia coli* et Enterocoques
  - l'ensemble des 4 types précédents
  
4. La réglementation française en matière de qualité de compost est :
  - similaire à la réglementation européenne
  - permet l'utilisation des composts en agriculture biologique
  - **est moins contraignante que l'Ecolabel Européen**
  
5. Les composts sont considérés comme :
  - des engrais
  - **des amendements organiques**
  - des amendements calciques
  
6. La matière organique (MO) joue un rôle prépondérant
  - des les sols sableux car elle améliore la stabilité des agrégats
  - **dans les sols sableux car elle augmente la capacité de rétention en eau**
  - **dans les sols limoneux car elle augmente la stabilité des agrégats**
  
7. La mesure de la minéralisation de la MO des amendements au cours d'incubations en conditions contrôlées de laboratoire :
  - **est un indicateur de l'effet à court terme sur l'activité microbienne du sol**
  - est un indicateur de l'effet des apports d'amendements sur les stocks de MO dans le sol à long terme
  - est un indicateur de l'effet des apports sur la fertilité des sols
  
8. En cas d'apport de MO à un sol :
  - la totalité de la MO apportée est intégrée au stock de MO du sol
  - environ 50% de la MO apportée est intégrée au stock de MO du sol, quelque soit le type de MO
  - **une fraction de la MO apportée qui dépend des caractéristiques chimiques du produit apporté, est intégrée au stock de MO du sol**

9. Choisissez le classement d'efficacité des composts à augmenter le stock de MO d'un sol :

- compost de Déchets verts (DV) <Fumier< compost d'ordures ménagères (OMR)
- OMR<Fumier<DV
- Fumier<OMR<DV

10. Le fractionnement van Soest fractionne la MO en :

- soluble, cellulose, lignine et lipide
- cellulose, hémicellulose et lignine
- soluble, hémicellulose, cellulose, lignine

11. Comment évoluent les fractions biochimiques au cours du compostage en proportion de la MO à un instant donné :

- la fraction soluble diminue et la fraction lignine augmente
- la fraction soluble augmente et la fraction hémicellulose diminue
- les fractions cellulose et hémicellulose diminuent

12. L'évolution de la MO au cours du compostage peut être ralentie par :

- l'absence de microorganismes dans les composts
- le déséquilibre entre teneur en C et N dans les mélanges
- la taille des andains trop petite

13. Quelle est l'efficacité des composts à améliorer la stabilité de la structure des sols

- tous les composts améliorent la stabilité des agrégats
- seuls les composts très stables améliorent la stabilité des agrégats
- les composts très stables sont plus efficaces que les composts immatures

14. Les composts sont des amendements organiques :

- ils ont une faible valeur fertilisante azotée
- ils ont une valeur fertilisante azotée qui s'exprime après des apports répétés
- ils ont une valeur fertilisante azotée dès le premier apport qui augmente au fur et à mesure des apports

15. Les risques les plus importants liés aux apports de composts d'origine urbaine sont :

- les apports d'éléments traces
- les apports de pathogènes
- les apports en excès d'éléments fertilisants

Activité : **2.5\_ QCM\_ Déchets urbains (transformation) dans les PED\_J.-L. Farinet**

**Transformation des déchets pour leur valorisation agricole**

1. La fermentation est la seule voie adaptée au recyclage des déchets organiques car :

- Ces déchets sont riches en carbone
- Elle préserve une partie de la matière organique
- C'est la seule voie rentable

2. Pourquoi la fermentation alcoolique est elle peu développée pour les déchets ?

- Elle n'est encore appliquée qu'aux seuls déchets riches en glucides
- Elle ne s'applique qu'aux papiers et cartons
- Elle ne produit pas d'énergie

3. La digestion anaérobie nécessite un réacteur fermé car :

- Elle provoque des odeurs
- Elle ne se déroule qu'en absence totale d'oxygène
- Elle nécessite des hautes températures

4. 1000 litres de biogaz à 60% de méthane sont équivalents à :

- 500 litres d'essence
- 44 kg de butane
- 0,5 litres d'essence

5. Pourquoi le procédé de méthanisation en discontinu nécessite t'il 3 réacteurs en parallèle ?

- Pour obtenir une production continue de biogaz
- Pour faciliter le chargement/déchargement des déchets
- Pour diminuer la durée de la digestion anaérobie

6. Dans le procédé TRANSPAILLE, les déchets sont :

- Broyés et dilués
- Transportés en immersion dans un liquide permanent
- Agités par injection de biogaz

7. L'intérêt du compostage des déchets organiques réside dans :

- L'obtention d'un engrais
- La production d'énergie thermique
- La stabilisation, l'hygiénisation et la réduction du volume des déchets

8. La fermentation aérobie ou compostage se déroule en :

- Une seule phase thermophile
- 3 phases, dont une thermophile et une mésophile
- 2 phases, dont une thermophile et une mésophile

9. Au cours du compostage, la température est :

- régulée
- un indicateur de fonctionnement
- constante

10. Par rapport aux déchets initiaux, le compost représente :

- 45 à 55% de leur masse
- 15 à 25% de leur masse
- 75 à 85% de leur masse

11. Un des avantages du compostage en andains retournés est :

- L'emprise foncière réduite
- La réduction des nuisances
- La simplicité de mise en œuvre

12. Le procédé de compostage permettant de réduire au minimum la durée de la fermentation chaude est :

- Le compostage en andains retournés
- Le compostage à aération forcée
- Le compostage en réacteur fermé

13. L'une des particularités du lombri-compostage est :

- De produire plus de compost
- De permettre le compostage et le tri des ordures ménagères
- D'être adaptée sous climat chaud et sec

14. D'après une étude de cas dans une ville de 70000 habitants au Maroc, une unité mécanisée de compostage de la FFOM :

- Est économiquement rentable
- Permet un coût de traitement inférieur à celui d'une unité exploitée manuellement
- Engendre au contraire un coût de traitement supérieur

15. Par rapport au compostage, la digestion anaérobie permet :

- D'obtenir un compost de qualité similaire
- D'obtenir plus de compost mais de moindre qualité
- D'obtenir moins de compost mais de meilleure qualité

**Correction :**

Activité : **2.5\_ QCM\_ Déchets urbains (transformation) dans les PED\_J.-L. Farinet**

**Transformation des déchets pour leur valorisation agricole**

1. La fermentation est la seule voie adaptée au recyclage des déchets organiques car :

- Ces déchets sont riches en carbone
- Elle préserve une partie de la matière organique
- C'est la seule voie rentable

2. Pourquoi la fermentation alcoolique est elle peu développée pour les déchets ?

- Elle n'est encore appliquée qu'aux seuls déchets riches en glucides
- Elle ne s'applique qu'aux papiers et cartons
- Elle ne produit pas d'énergie

3. La digestion anaérobie nécessite un réacteur fermé car :

- Elle provoque des odeurs
- Elle ne se déroule qu'en absence totale d'oxygène
- Elle nécessite des hautes températures

4. 1000 litres de biogaz à 60% de méthane sont équivalents à :

- 500 litres d'essence
- 44 kg de butane
- 0,5 litres d'essence

5. Pourquoi le procédé de méthanisation en discontinu nécessite t'il 3 réacteurs en parallèle ?

- Pour obtenir une production continue de biogaz
- Pour faciliter le chargement/déchargement des déchets
- Pour diminuer la durée de la digestion anaérobie

6. Dans le procédé TRANSPAILLE, les déchets sont :

- Broyés et dilués
- Transportés en immersion dans un liquide permanent
- Agités par injection de biogaz

7. L'intérêt du compostage des déchets organiques réside dans :

- L'obtention d'un engrais
- La production d'énergie thermique
- La stabilisation, l'hygiénisation et la réduction du volume des déchets

8. La fermentation aérobie ou compostage se déroule en :

- Une seule phase thermophile
- 3 phases, dont une thermophile et une mésophile
- 2 phases, dont une thermophile et une mésophile

9. Au cours du compostage, la température est :

- régulée
- un indicateur de fonctionnement
- constante

10. Par rapport aux déchets initiaux, le compost représente :

- 45 à 55% de leur masse
- 15 à 25% de leur masse
- 75 à 85% de leur masse

11. Un des avantages du compostage en andains retournés est :

- L'emprise foncière réduite
- La réduction des nuisances
- La simplicité de mise en œuvre

12. Le procédé de compostage permettant de réduire au minimum la durée de la fermentation chaude est :

- Le compostage en andains retournés
- Le compostage à aération forcée
- Le compostage en réacteur fermé

13. L'une des particularités du lombri-compostage est :

- De produire plus de compost
- De permettre le compostage et le tri des ordures ménagères
- D'être adaptée sous climat chaud et sec

14. D'après une étude de cas dans une ville de 70000 habitants au Maroc, une unité mécanisée de compostage de la FFOM :

- Est économiquement rentable
- Permet un coût de traitement inférieur à celui d'une unité exploitée manuellement
- Engendre au contraire un coût de traitement supérieur

15. Par rapport au compostage, la digestion anaérobie permet :

- D'obtenir un compost de qualité similaire
- D'obtenir plus de compost mais de moindre qualité
- D'obtenir moins de compost mais de meilleure qualité



Activité : **Exercice 3.2 \_ Contraintes de production et valorisation agricole des déchets solides et des MO dans les zones urbaines et rurales au Mali\_K.Traoré**

1. Qu'est ce que la fertilité d'un sol ? La fertilité d'un sol est :

- a) sa richesse en éléments minéraux
- b) sa situation en régions a bonne pluviométrie avec de bonnes propriétés physiques
- c) sa capacité de production

2. Qu'est ce que la gestion de la fertilité ?

- a) c'est apporter des engrais pour produire beaucoup
- b) c'est lutter contre l'érosion pour mieux produire
- c) c'est combiner des stratégies pour mieux produire

3. La fertilisation organique est l'apport de MO et son incorporation au sol pour améliorer son aptitude à produire.

Quels sont les problèmes liés à l'acquisition de cette MO en zones urbaines et rurales?

4. Quelles sont les techniques de production de cette MO qui sont à la portée de nos agriculteurs ?

Comment les promouvoir ?

5. Vous êtes muté dans une nouvelle région pour promouvoir la production de MO en vue d'une meilleure production. Comment allez-vous vous y prendre ?

**Correction :**

Activité : **Exercice 3.2 \_ Contraintes de production et valorisation agricole des déchets solides et des MO dans les zones urbaines et rurales au Mali\_K.Traoré**

1. Qu'est ce que la fertilité d'un sol ? La fertilité d'un sol est :

- a) sa richesse en éléments minéraux
- b) sa situation en régions a bonne pluviométrie avec de bonnes propriétés physiques
- c) sa capacité de production

***La fertilité d'un sol est son aptitude a produire des plantes***

En effet, pour qu'un sol produise il faudra qu'il permette une bonne infiltration et rétention des eaux de pluies, un bon enracinement pour pourvoir l'eau et les éléments minéraux, une bonne aération, qu'il soit moins vulnérable (bonne structure) au ruissellement et a l'érosion (éolienne et hydrique) et en soit protégé.

2. Qu'est ce que la gestion de la fertilité ?

- a) c'est apporter des engrais pour produire beaucoup
- b) c'est lutter contre l'érosion pour mieux produire
- c) c'est combiner des stratégies pour mieux produire

Réponse ***La gestion de la fertilité des sols est la mise en œuvre des techniques, technologies et mesures qui permettent d'améliorer les propriétés du sol qui déterminent son aptitude a produire.***

3. La fertilisation organique est l'apport de MO et son incorporation au sol pour améliorer son aptitude à produire.

Quels sont les problèmes lies a l'acquisition de cette MO en zones urbaines et rurales?

***·En zone urbaine la MO pour la production maraîchère ou ornementale (fleurs) est principalement issue des déchets solides dont le traitement n'est pas facile. En effet, ces déchets sont mal conditionnes par les ménages et ne sont pas tries lors du dépôt. A cela s'ajoute le manque d'organisation de la filière et le peu d'investissement des pouvoirs publics et des ménages.***

***·En zone rurale, l'essentielle des déchets solides est d'origine organique mais les quantités sont faibles. La production de biomasse (céréales, coton, légumineuses, pastèques...) pour produire de la MO est faible et peu de technicité disponible pour en faire de la MO de qualité.***

4. Quelles sont les techniques de production de cette MO qui sont à la portée de nos agriculteurs ?

***parc amélioré, parc traditionnel, fosse fumière, la compostière, étable fumière, tas d'ordures, bergerie, parcage ambulant...***

Comment les promouvoir ?

***Animation-information, formation, éducation, sensibilisation, vulgarisation***

5. Vous êtes nouveau dans une nouvelle région pour promouvoir la production de MO en vue d'une meilleure production. Comment allez-vous vous y prendre ?

***Diagnostic agro-socio-économique en vue d'une typologie des exploitations agricoles car la production de fumier s'adresse à tous les types d'exploitation (A,B,C ou D) y compris les femmes. Les A et B ont des troupeaux d'animaux et dispose d'un bon niveau d'équipement et de main d'œuvre. Ensuite vient le groupe C, D et enfin les femmes. Ainsi, on ne pourra pas proposer à un paysan D le parc amélioré car il n'a pas d'équipement pour le transport de la MO et pas d'animaux pour produire du fumier. On lui proposera plutôt de faire une fosse fumière au même titre que les groupes de femme..***

***Informier/animer, former les organisations paysannes, sensibiliser, faire une bonne programmation des activités tout en tenant compte du calendrier des paysans (mœurs et coutumes, réparation des maisons, travaux champêtres etc..)***

**Tavaux Dirigés**

*Impact agronomique et environnemental de la gestion des matières organiques : application aux pays du sud.*

**TD d'application du modèle Hénin-Dupuis**

*(inspiré de Balesdent et al., in Sol et Environnement 2005)*

Un sol cultivé a une teneur en C de 10g/kg dans l'horizon labouré (profondeur : 29cm, densité : 1,32) en 2006. La parcelle est cultivée en monoculture de blé pendant 20 ans selon 4 conduites :

- paille exportée : seules les restitutions souterraines et les chaumes retournent au sol ce qui représente 3 t C/ha an
- paille enfouie (3tC/ha.an)
- paille exportée + compost d'OMR (10t MB/ha tous les ans)
- paille exportée + compost DV (10t MB tous les ans)

Les composts ont les caractéristiques suivantes :

	OMR	DV
MS (% MB)	70	50
C organique (g/kg MS)	250	300
ISB	0,35	0,65

On donne les coefficients suivants :

- $K_2$  de dégradation de la MO : 0,025 an<sup>-1</sup>
- $K_1$  paille : 0,12
- $K_1$  racines : 0,18

On rappelle l'équation du modèle Hénin-Dupuis :

$$C(t) = \frac{m}{K_2} + [C(t_0) - \frac{m}{K_2}] \cdot \exp(-K_2 (t-t_0))$$

Quels seront les stocks de C du sol après 20 ans de ces conduites de culture ?

**Correction :**  
**Travaux Dirigés**

N28							
	A	B	C	D	E	F	G
24	MS (% MB)	70	50				
25	C organique (g/kg MS)	250	300				
26	ISB	0,35	0,65				
27	MB apporté (t/ha)	10	10				
28	MS apportée (t/ha)	7	5				
29	C apporté (t/ha)	1,75	1,5				
30							
31							
32	Evolution après 20 ans des stocks de C						
33	$C(t) = \sum(K_1 m)/K_2 + [C(t_0) - \sum(K_1 m)/K_2] * \exp(-K_2 (t-t_0))$						
34	K2	0,025	-0,025				
35	Stock initial (TC/ha):	38,28					
36		Entrées	Valeur equilibre	<b>Stock après 20ans</b>			
37		S(K1 m)	S(K1 m)/K2	exp(-K2 (t-t0))	tC/ha	flux annuel	gain/perte
38	A: pailles exportées	0,54	21,6	0,60653066	<b>31,72</b>	0,50584657	-0,5
39	B: Pailles enfouies	0,9	36	0,60653066	<b>37,38</b>	0,0691445	-0,07
40	Pailles exportées+ OMR	1,152	46,08	0,60653066	<b>41,35</b>	-0,23654696	0,24
41	Pailles exportées+DV	1,515	60,6	0,60653066	<b>47,06</b>	-0,67688822	0,68
42							

Activité : **6.2\_Séquestration du carbone\_C.Feller**

Débat/Discussion : protocole de Kyoto

Problématique : Le protocole de Kyoto : les intérêts de l'agriculteur africain et plus généralement ceux du pays africain, et les intérêts de la société, sont-ils conciliables ?

Pistes à retenir : comment annoncer à ces pays moins développés qu'ils vont devoir s'industrialiser sans augmenter leurs dépenses énergétiques?

**Aide aux tuteurs** : « le protocole de Kyoto, a été ouvert à ratification le 16 mars 1998, et est entré en vigueur en février 2005. Il a été ratifié à ce jour par 172 pays à l'exception notable des États-Unis. Concrètement, tous les pays ont l'obligation de publier des inventaires de leurs émissions de gaz à effet de serre, d'établir, de mettre en œuvre et de publier des programmes nationaux contenant des mesures visant à atténuer les changements climatiques. Le protocole de Kyoto va plus loin car il propose un calendrier de réduction des émissions des 6 gaz à effet de serre qui sont considérés comme la cause principale du réchauffement climatique des cinquante dernières années. Il comporte des engagements absolus de réduction des émissions pour 38 pays industrialisés, avec une réduction globale de 5,2 % des émissions de dioxyde de carbone d'ici 2012 par rapport aux émissions de 1990. En février 2007, le nouveau rapport du GIEC conclut que l'essentiel de l'accroissement constaté de la température moyenne de la planète depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle est « très vraisemblablement » dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre émis par l'Homme. Le taux de certitude est supérieur à 90%, contre 66% en 2001 ». (Source Wikipedia)

Le Protocole de Kyoto établit des engagements ayant force d'obligation pour les pays de l'annexe 1, mais pas pour les pays du Sud, afin que les premiers réduisent leurs émissions globales de gaz à effet de serre (GES) de 5 % (au moins) sous les niveaux de 1990, durant la première période d'engagement allant de 2008 à 2012. Afin de faciliter la réalisation de ces engagements par les pays signataires, *des mécanismes, dits de flexibilité*, ont été prévus, dont le MDP (Mécanisme de Développement Propre). Le MDP prévoit le financement de réductions d'émissions par les pays de l'Annexe 1 au niveau des pays hors annexe 1 du protocole (article 12). Les projets labellisés improprement "puits de carbone" couvrent en particulier les projets de *boisement* et *reboisement* (cultures pérennes ?), mais pourraient à terme intégrer des *projets de gestion de forêts naturelles* dans le cadre de programmes, de restauration ou d'exploitation à faible impact écologique et des projets de *gestion de terres cultivées et de pâturages* (agro-foresterie).

Les pays de l'Annexe I sont d'une part, les pays développés et riches, et d'autre part les "pays en transition vers une économie de marché».

Activité : **Exercice 6.3 \_ Compostage et pertes gazeuses\_J.-M. Paillat**

1. Quelle sont les principales phases du compostage ? Quels sont les principaux indicateurs permettant de les différencier ?
  2. Quels sont les principaux gaz émis lors du processus de compostage ? Décrire brièvement leurs impacts positifs, négatifs ou neutres sur l'environnement.
  3. La transformation des composés carbonés conduit à une acidification. Vrai – faux
- La transformation des composés azotés conduit à une acidification. Vrai – faux

4. Parmi ces processus, cocher ceux qui conduisent à la production d'ammonium et ceux qui conduisent à sa consommation :

	production	consommation
Ammonification		
Assimilation		
Dénitrification		
Fixation N atmosphérique		
Nitrification		
Organisation		
Volatilisation		

5. Quels sont les réactions pouvant conduire à la production de protoxyde d'azote ?
6. Pourquoi la production de nitrates n'est-elle pas possible ou très réduite au début du compostage ?
7. Quelles sont les 3 constantes principales régissant la volatilisation de l'ammoniac ?
8. Quelles sont les conditions favorisant les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote :

	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O
Azote disponible		
Carbone biodégradable		
Convection		
Manque d'oxygène		
pH		
Température		

9. Donner les principaux facteurs contrôlant les émissions d'azote d'un tas en compostage.
10. Donner quelques éléments de la conduite du compostage permettant de conserver le plus possible l'azote dans le compost.

## Correction :

### Activité : Exercice 6.3 \_ Compostage et pertes gazeuses\_J.-M. Paillat

1. Quelle sont les principales phases du compostage ? Quels sont les principaux indicateurs permettant de les différencier ? (noté sur 3,5 points : 0,5 point par phase ; 0,5 par indicateur)

On distingue généralement 4 phases principales :

- Mésophile (montée rapide en température),
- Thermophile (plateau à température élevée),
- Refroidissement (perte de chaleur du tas assez rapide),
- Maturation (perte modérée de chaleur et stabilisation à la température ambiante).

Les principaux indicateurs qui les différencient sont :

- La température,
- La consommation d'oxygène,
- La production de CO<sub>2</sub>.

2. Quels sont les principaux gaz émis lors du processus de compostage ? Décrire brièvement leurs impacts positifs, négatifs ou neutres sur l'environnement. (noté sur 3 points : 0,25 pour le nom et 0,25 pour l'effet pour chacun des 6 gaz)

6 gaz principaux :

- H<sub>2</sub>O (vapeur) : gaz à effet de serre mais effet neutre car rentre dans le cycle de l'eau,
- CO<sub>2</sub> : gaz à effet de serre mais effet neutre car rentre dans le cycle court du carbone,
- CH<sub>4</sub> : gaz à effet de serre (21 fois l'effet du CO<sub>2</sub>),
- NH<sub>3</sub> : acidification et eutrophisation (par les redépositions), précurseur de gaz à effet de serre dans la haute atmosphère,
- N<sub>2</sub>O : gaz à effet de serre (310 fois l'effet du CO<sub>2</sub>),
- N<sub>2</sub> : neutre (près de 80% de la composition de l'atmosphère).

Peuvent également être émis en très faibles quantités : CO, NO<sub>x</sub>, gaz à effet de serre et impact sur l'ozone troposphérique.

3. La transformation des composés carbonés conduit à une acidification. **Vrai** – faux (0,5 point)

La transformation des composés azotés conduit à une acidification. Vrai – **faux**(0,5 point)



4. Parmi ces processus, cocher ceux qui conduisent à la production d'ammonium et ceux qui conduisent à sa consommation : (maximum 2,5 points : 0,5 si juste ; -0,5 si faux)

	production	consommation
Ammonification	X	
Assimilation		
Dénitrification		
Fixation N atmosphérique	X	
Nitrification		X
Organisation		X
Volatilisation		X

5. Quels sont les réactions pouvant conduire à la production de protoxyde d'azote ? (noté sur 1 point : 0,5 par réaction)

Nitrification et dénitrification.

6. Pourquoi la production de nitrates n'est-elle pas possible ou très réduite au début du compostage ? (noté sur 1 point)

En raison de la forte production de chaleur et de l'élévation de température qui en résulte et qui inhibe la flore nitrifiante.

7. Quelles sont les 3 constantes principales régissant la volatilisation de l'ammoniac ? (maximum 1,5 point : 0,5 par constante)

Constante de dissociation (équilibre ammonium-ammoniac), constante de Henry (équilibre ammoniac en phases aqueuse et gazeuse) et constante de transfert (émission de l'ammoniac gaz vers l'atmosphère).

8. Quelles sont les conditions favorisant les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote : (maximum 3,5 points : 0,5 si juste ; -0,5 si faux)

	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O
Azote disponible	X	X
Carbone biodégradable		X
Convection	X	
Manque d'oxygène		X
pH	X	
Température	X	

9. Donner les principaux facteurs contrôlant les émissions d'azote d'un tas en compostage.

(noté sur 2 points : 0,5 par facteur)

Carbone biodégradable, azote disponible, humidité, oxygène (ou porosité)

10. Donner quelques éléments de la conduite du compostage permettant de conserver le plus possible l'azote dans le compost. (noté sur 2 points : 0,5 par élément)

Augmentation du rapport C/N

Apport de carbone biodégradable

Ajout d'eau et/ou tassement si substrat sec

Eviter les retournements

Le barème suggéré permet de faire une note maximale sur 21 points, mais comme il y a des malus dans les questions 4 et 8, on peut prendre le principe de considérer la note obtenue comme équivalente sur 20.

Activité : **7.1\_débat/discussion \_ J.-M. Médoc**

Thème « Marché mondial ou traditionnel, devons nous tout normaliser ?

Il n'existe pas de réponse simple (oui ou non) à cette question ; tout dépend du marché que l'on a et que l'on vise. Le comportement de l'industriel ou du producteur sera différent s'il s'agit de produits alimentaires ou non alimentaires.

Le débat pourrait s'appuyer sur deux exemples :

1- L'un alimentaire, cas de la production de lait (concentré sucré) en Afrique, de son mode de commercialisation et des conséquences sanitaires, ou de la production de viande (halal ou non : sous débat pouvant être intéressant, mais attention aux susceptibilités religieuses. Le référentiel dans ce cas est religieux).

2- L'autre non alimentaire, cas des matières organiques et notamment des effluents d'élevages en France. Normaliser ces produits (via la transformation : compostage, traitement, ...) permet le passage d'un statut de déchet à un statut de produit (au sens de produit commercial pouvant être marqué).

En s'aidant de ces exemples, essayer de faire ressortir au cours de l'échange, les différents enjeux de la normalisation et de la certification en montrant l'intérêt de ces procédures.

# Evaluation finale

## Proposition de sujets de devoirs

### Projet 1 :

La région du Cap Vert au Sénégal est confrontée à un double problème alimentaire et environnemental qui s'aggrave d'année en année. Le problème : la ville de Dakar connaît une forte demande alimentaire et horticole qui engendre un accroissement des cultures périurbaines ; pour faire face au manque d'intrants, les horticulteurs et maraîchers recourent de plus en plus à une utilisation clandestines des eaux usées et au prélèvement des litières de Filao (*Casuarina*) dans les forêts alentour à la capitale dont la fonction première est de protéger les dunes. Les ressources locales : il existe des gisements de MO mal valorisés tels que la coque d'arachide, le fumier (Dakar est un lieu de concentration des animaux de l'ensemble du pays), les déchets urbains, les déchets de poisson...

Face à la crise alimentaire et à son corollaire la manque d'engrais, vous êtes sollicités en tant qu'expert pour faire l'inventaire des sources de matière organique potentiellement fertilisantes, et proposer des solutions pour leur mise sur la marché dans le cadre d'une réglementation (inspirée de la réglementation française). Quelle serait votre démarche ?

### Projet 2

Le Sénégal est un pays d'élevage et le fumier est un sous-produit majeur pour l'agriculture. Malheureusement, au Sénégal, tant en milieu rural qu'en milieu urbain où se concentrent les animaux, on n'enregistre aucun facteur de progrès dû au fumier ! Pouvez-vous dresser un diagnostic et proposer des solutions ?

Le sujet étant vaste, vous cibleriez vos propositions autour de deux actions :

(1) le développement d'une agriculture Bio en périurbain (par ex le haricot vert) ;

(2) l'intensification durable du système de culture céréale-arachide fondée sur l'utilisation du fumier, s'inscrivant dans la cadre d'un futur « marché du carbone » avec notamment une prévision du stock de carbone dans le sol après 20 ans de culture.

### Projet 3

Dans vos régions respectives ou au cours de vos voyages par exemple, vous avez sans doute eu l'occasion de voir une multitude de tas de déchets ou de matière organiques différents.

- Décrivez les types de déchets et MO rencontrés et évoquez votre ressenti à ce moment-là (par exemple, j'ai pensé : " vitelement qu'on brûle ces matières et qu'on s'en débarrasse..." ;

-Comment étaient-ils traités?

- Avez-vous pensé qu'on pouvez transformer une contrainte (le déchet) en opportunité (un fertilisant);

-Comment donner une valeur ajoutée à ces déchets?

-Quel type de transformation serait nécessaire?

Vous organiserez vos réponses en donnant le contexte géographique et environnemental.

Les étudiants feront appel aux connaissances acquises dans les différents cours du module. Ils devront aussi prendre des initiatives pour effectuer des recherches complémentaires sur les ressources locales. Les sujets de devoirs seront remis aux étudiants le mercredi PM. Ils seront accompagnés dans cet exercice par les tuteurs, du mercredi soir au vendredi matin. La présentation se fera en visioconférence de 11h à 14h (heure Sénégal), en présence des auteurs à Montpellier et à la Réunion. La durée de présentation sera de 30 min suivie de 30 min de discussion.

### **Remarques générales**

Le devoir final est un cas concret de problématique « MO » rencontrée sur le terrain. L'attestation de compétences délivrée à l'issue de la formation validera la capacité de l'étudiant à mettre en œuvre l'ensemble des compétences acquises pour résoudre cette problématique.

**Suggestion d'une grille d'évaluation** (à faire ...)