

6 Engrais azoté

Une plante puise dans le sol des éléments chimiques nécessaires à sa croissance. Parmi ces éléments, l'azote, dont le symbole chimique est N, est l'un des plus importants pour la vie de la plante.

Dans le sol, l'azote est présent sous forme d'ions nitrate NO_3^- (aussi appelé azote nitrique) ou d'ions ammonium NH_4^+ (azote ammoniacal).

Aujourd'hui, les engrais azotés permettent l'apport de ces ions en fonction

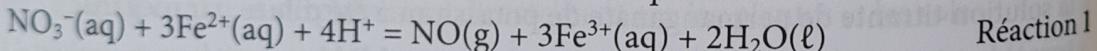
des besoins de la plante. L'utilisation de ces engrais doit être contrôlée. En effet, les ions nitrate sont peu retenus par le sol et sont entraînés dans les eaux superficielles (lacs, rivières...) et dans les eaux souterraines (nappes phréatiques). Une trop forte concentration en ions nitrate dans l'eau peut avoir des conséquences graves sur la santé des consommateurs.

Dans cet exercice, on se propose de déterminer le pourcentage massique en azote nitrique d'un engrais azoté et de comparer la valeur trouvée à l'extrait d'étiquette donné ci-contre.

La détermination de ce pourcentage est obtenue par titrage des ions nitrate de cet engrais.

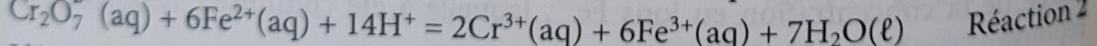
Une masse $m = 2,5 \text{ g}$ d'engrais liquide est placée dans une fiole jaugée de 250 mL . On complète la fiole jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée : on obtient une solution notée (S).

Dans un erlenmeyer, on introduit un volume $V_0 = 25,0 \text{ mL}$ de la solution d'engrais précédente (S) puis un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution contenant des ions fer II de concentration : $C_1 = [\text{Fe}^{2+}] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Un ajout de 5 mL d'acide sulfurique permet d'acidifier le mélange. L'ensemble est porté à une douce ébullition car la réaction est lente. Les ions nitrate de l'engrais réagissent de façon totale avec les ions fer II de la solution selon la réaction d'équation :



Après refroidissement, les ions fer II en excès (ceux qui n'ont pas réagi avec les ions nitrate) sont titrés par une solution de dichromate de potassium ($2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) de concentration $C_2 = 1,7 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions dichromate. L'équivalence de ce titrage est repérée grâce un indicateur coloré d'oxydoréduction : l'ortho-phénanthroline ferreuse.

L'équation de la réaction de titrage des ions fer II en excès par les ions dichromate s'écrit



L'équivalence est obtenue pour un volume $V_E = 10,0 \text{ mL}$ de solution de dichromate de potassium versé dans l'erlenmeyer.

1. Considérant la réaction 2, établir la relation à l'équivalence et en déduire la quantité d'ions fer II titrés.

2. Considérant la réaction 1, construire le tableau d'avancement de la réaction en prenant en compte la quantité de matière d'ions fer II restants obtenue à la question précédente. En déduire l'avancement final x_f de la réaction 1.

3. Exprimer la quantité d'ions nitrate dans la solution (S) puis dans les $2,5 \text{ g}$ d'engrais.

4. Calculer le pourcentage massique en élément azote N de l'engrais issus des ions nitrate et comparer au pourcentage massique en azote nitrique de l'étiquette.

Engrais azoté liquide

24 % d'azote (N) total dont :

- 11 % d'azote uréique
- 6 % d'azote nitrique
- 7 % d'azote ammoniacal

4 Liaison hydrogène dans l'eau

Exercice à caractère documentaire

Doc.

Les molécules d'eau sont formées par des liaisons de covalence dans lesquelles deux atomes distincts mettent chacun en commun un électron de leur couche externe. Un atome d'oxygène O, qui a six électrons périphériques, peut établir deux liaisons covalentes O—H avec deux hydrogène H, mais pas plus. Cependant – et cela est fondamental, comme nous allons le voir tout de suite – ces liaisons O—H ne sont pas symétriques, car l'oxygène attire plus à lui les électrons que l'hydrogène. Par conséquent, les atomes H de H_2O sont un peu appauvris en électrons, tandis que l'oxygène est un peu enrichi en électrons : on dit que la liaison O—H présente un moment dipolaire électrique. Par ailleurs, il reste autour de l'oxygène quatre électrons périphériques non engagés dans une liaison covalente. Ils sont organisés en deux paires distinctes que l'on désigne sous le terme de **doublets électroniques libres**.

Que se passe-t-il si une autre molécule d'eau s'approche ? Un des atomes H de la première molécule, qui est un peu appauvri en électrons et donc légèrement chargé positivement, est attiré par un des doublets électroniques libres de l'atome O de la seconde molécule. La force d'attraction entre les deux molécules, qui est de nature purement electrostatique, est suffisante pour aboutir à une liaison stable, que l'on note O—H---O. C'est la liaison hydrogène.

[Dans le domaine de la chimie, le grand nombre de liaisons hydrogène de l'eau lui donne des propriétés remarquables.]

Les molécules dites **hydrophobes**, ayant uniquement des groupements CH et donc incapables d'accepter ou d'établir des liaisons hydrogène avec l'eau, seront rejetées hors de celle-ci et resteront groupées ensemble. Autrement dit, elles seront insolubles. En revanche, les molécules possédant, tels certains alcools, un groupe **hydrophile** OH capable d'entrer dans le réseau de liaisons hydrogène de l'eau pourront se mélanger à l'eau.

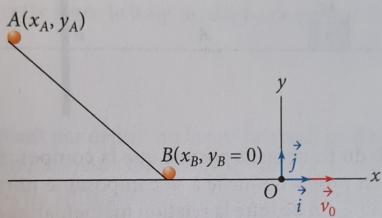
Extraits de la revue *La Recherche* n° 209.

1. Donner la représentation de Lewis de la molécule d'eau ainsi que sa géométrie. Montrer l'établissement d'une liaison hydrogène entre deux molécules d'eau.
2. La molécule d'eau est dite polaire. Pourquoi ?
3. Définir une molécule hydrophobe et une molécule hydrophile. Expliquer alors pourquoi le méthoxyméthane $\text{CH}_3—\text{O}—\text{CH}_3$ n'est pas soluble dans l'eau, alors que l'éthanol $\text{CH}_3—\text{CH}_2—\text{OH}$ y est très soluble.

5 Une bille sur un plan incliné

On suppose dans l'ensemble de l'exercice que :

- le référentiel terrestre est galiléen le temps de l'expérience ;
- la bille est assimilée à un point matériel ;
- les frottements solides et fluides sont négligeables.



Une bille est lâchée sans vitesse initiale d'un point A (de coordonnées x_A et y_A) situé en haut d'un plan incliné réglable très lisse sur lequel la bille glisse sans frottement. Ensuite, la bille roule entre les points B et O . Sur cette portion, on considérera que la valeur de la vitesse du centre d'inertie de la bille reste constante ; ainsi, on aura $v_B = v_0$.

Sur la portion AB , on peut considérer que la bille est soumise à deux forces constantes : le poids \vec{P} et la réaction du plan incliné \vec{R} .

1. Représenter, sans souci d'échelle, les forces exercées sur la bille en un point quelconque de la trajectoire AB .

2. Déterminer le travail de la réaction du support.

3. Déterminer la valeur de la variation de l'énergie mécanique du système sur la portion AB . Justifier.

L'origine des énergies potentielles de pesanteur est prise au point O d'altitude $y_0 = 0$. On a donc $E_{pp}(O) = 0$.

4. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_m(A)$ de la bille en A en fonction de y_A .

5. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_m(B)$ de la bille en B en fonction de y_B .

6. En déduire l'expression de y_A en fonction de $v_0 = v_B$.

7. Calculer y_A pour que v_0 ait la valeur de $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Donnée : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.