



**Evolution du processus de lessivage chez *Salix babylonica*, *Populus nigra*, *Platanus acerifolia*, *Acer monspessulanum* et *Taxus baccata* (Région Moyen Atlas-Maroc)
(Evolution of the leaching process in *Salix babylonica*, *Populus nigra*, *Platanus acerifolia*, *Acer monspessulanum* and *Taxus baccata* (Middle Atlas region, Morocco))**

Zineb Benziane Ouaritini^{1*}, Hassan Chergui¹ El Houssine Derwich²

¹ Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des Ecosystèmes Continentaux, Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, 30 000, Maroc.

² Centre Universitaire Régional d'Interfaces, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.

Received ... December 2012, Revised 17 Mar 2012, Accepted 17 Mar 2013

* Corresponding author. E mail: zineb.benziane@usmba.ac.ma ; Tel: +212 6 65 02 65 43

Abstract

Leaching is to dissolve the soluble components of the litter, and it represents the first step in the degradation of the physical allochthonous organic matter. The obtained results for this work show that the weight loss of leaves and dead needles grows with the duration of leaching, the initial concentration and the type of treatment, fresh or dried. Weight loss during leaching is a one linear phase. The speed of this process depends on the structure of the used leaves, so the soluble substances are slowly leached for needles litter, but faster for the particularly tender leaves as in the case of *Salix* and *Acer*.

Key word: allochthonous leaves; Leaching; estimating the weight loss of the leaching by direct linear model.

Résumé

Le lessivage consiste à solubiliser les composantes hydrosolubles de la litière, et représente la première étape de la dégradation physique de la matière organique allochtone. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que, la perte de poids des feuilles et des aiguilles mortes évolue avec la durée du lessivage, la concentration initiale et le type de traitement, frais ou séché. La perte de poids au cours du lessivage représente une seule phase rectiligne. La vitesse de ce processus varie en fonction de la structure des feuilles utilisées, ainsi les substances solubles sont lessivées lentement pour la litière des aiguilles, mais rapidement pour celle des feuilles particulièrement tendres comme c'est le cas du Saule et de l'Erable.

Mots clés : apports feuillus allochtones; lessivage; estimation de la perte de poids due au lessivage selon le modèle linéaire direct.

1. Introduction

Les litières feuillues constituent le lien le plus important et en même temps le plus complexe entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Elles génèrent d'une part, l'une des principales sources d'énergie [1-7] et d'autre part, une contamination naturelle des milieux aquatiques récepteurs [8-13]. Dès qu'elle parvient dans l'eau, la litière feuillue est divisée en deux fractions [7]:

- Une fraction soluble constituée essentiellement par les polyphénols, les alcaloïdes, les saponosides, les terpénoïdes, les sucres et les acides aminés, qui entrent dans le stock de matière organique dissoute du système.
- Une fraction de résidus grossiers.

Le lessivage qui consiste à solubiliser les composantes hydrosolubles de la litière, représente par conséquent la première étape de la dégradation physique de la matière organique allochtone [7].

L'objectif principale de ce travail est d'étudier la comparaison du processus de lessivage par estimation de la perte de poids selon le modèle linéaire direct chez cinq espèces végétales sélectionnées et récoltées le long du cours d'eau de la source Vittel (Tizguit) (région du Moyen Atlas, Maroc), notamment, l'If (*Taxus baccata*), le Peuplier noir (*Populus nigra*), le Saule babylone (*Salix babylonica*), l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) et le Platane hybride (*Platanus acerifolia*).

2. Matériel et Méthodes

Les espèces végétales choisies dans le cadre de cette étude sont largement répandues le long du cours d'eau de la source Vittel (Oued Tizguit, région du Moyen Atlas) et approvisionnement en grande partie le milieu aquatique en substances organiques hydrosolubles. La station Vittel est située au Moyen-Atlas à 3Km au Nord de la ville d'Ifrane, à 1700m d'altitude (Fig. 1), [14]. Cette région appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver frais. Les espèces végétales choisies cohabitent avec le Chêne, le Houx, le Cyprès, le Lierre, le Peuplier blanc et le Peuplier tremuloïde. Dans notre étude, nous avons choisi des espèces du même type de milieu afin d'éviter l'interférence de paramètres supplémentaires, notamment géologiques et pédologiques. En effet, la composition chimique des feuilles est en étroite relation avec la nature des sols [10]. Les feuilles et les aiguilles mortes ont été récoltées en automne, durant la période octobre et novembre 1996-1999, immédiatement après leur chute au sol, elles sont à ce moment encore jaunes voire mêmes vertes (chez *Taxus baccata* seules les brunes ont été retenues). Les périodes de pluies ont été évitées afin d'exclure autant que possible tout lessivage naturel.

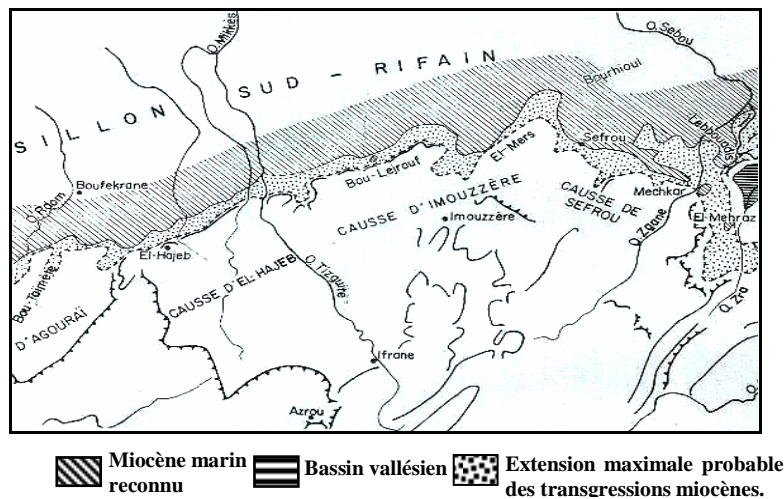


Figure. 1: Situation géologique et géographique de l'Oued Tizguit. D'après [14].

Dans la partie expérimentale, deux types de traitements ont été utilisés; des feuilles fraîches et des feuilles séchées, ainsi les feuilles et les aiguilles étaient partagées en deux lots:

- un lot séché à l'étuve à 40°C pendant 48h, constitue le lot séché.
- un lot gardé au frais à 5°C, dans des sacs de congélation jusqu'à son utilisation, constitue le lot frais.

Pour la classification des cinq espèces végétales en fonction de leurs degrés de lessivage, il a été procédé à la détermination de la perte de poids due au lessivage des feuilles et des aiguilles (exprimée en %), puis à l'évaluation de la cinétique du lessivage selon le modèle linéaire direct. Les feuilles et les aiguilles des deux lots ont été pesées par petits lots de 1 g, 2 g, 5 g et 10 g (en poids sec), puis chaque lot a été lessivé séparément à 25°C dans des béchers contenant 1 litre d'eau potable. Le nombre total de lots examinés est de: 5 essences végétales (le Peuplier, le Saule, l'Erable, le Platane et l'If) x 2 traitements (frais et sec) x 4 concentrations (1 g/l, 2 g/l, 5 g/l et 10 g/l) x 6 temps de lessivage (1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 24 h et 48 h) x 3 répétition, soit 720 lots. Dans les expériences réalisées, on a utilisé de l'eau potable au lieu de l'eau distillée, pour rester dans une zone de pH proche de celle du milieu naturel. Le phénomène de lessivage des cinq espèces végétales a été suivi selon leur perte de poids.

3. Résultats et Discussion

Pour chaque évaluation, le poids des feuilles et des aiguilles (séchées et fraîches) est calculé par interpolation au poids sec initial (estimé à partir de la droite de régression déjà calculée) après chaque temps de lessivage (1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 24 h et 48 h) ce qui nous a permis d'exprimer la perte de poids par heure. Cette perte de poids durant

les 48 heures de lessivage est attribuée aux processus physiques de dissolution des composantes solubles de la feuille, comme les sucres, les alcaloïdes, les polyphénols [7, 15]. L'examen de la figure 1 montre que, contrairement aux effets désoxygénants et toxiques [13], la perte de poids au cours du lessivage ne représente qu'une seule phase rectiligne.

Afin de comparer les cinétiques de ce lessivage, on a utilisé le modèle linéaire direct pour l'estimation de la perte de poids [16, 17]. Ce modèle est de la forme:

$$W_t = W_0 - a t.$$

Avec W_t : le poids sec résiduel des feuilles et des aiguilles à l'instant t.

W_0 : le poids sec initial.

a : La pente de la droite de régression normale.

L'application de ce modèle à nos données a été utilisée sur la première phase (48h), juste avant l'intervention de la dégradation biologique. Ce modèle nous a permis d'établir d'une part une hiérarchie en ce qui concerne le lessivage des cinq espèces entre elles, et d'autre part au sein d'une même espèce en fonction du type de traitement (frais ou séché) et des concentrations initiales des feuilles et des aiguilles utilisées (1 ; 2 ; 5 et 10 g/l).

3.1. Evolution de la perte de poids en fonction de la durée du lessivage

Chez le Peuplier par à une concentration de 5 g/l, les valeurs du poids résiduel moyen \overline{PR} sont de 95,72% (= 0,5164) ; 93,1167% (= 0,1210) ; 89,99% (= 0,02) ; 89,44% (= 1,0473) ; 83,9333 % (= 1,2042) et 78,2533 % (= 1,8992) respectivement après 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 24 h et 48 h de lessivage à l'état frais, et de 99,38 % (= 0,3568) ; 98,71 % (= 0,1127) ; 95,5033 % (= 0,6888) ; 94,9933 % (= 0,9425) ; 91,5967 % (= 0,5916) et 89,4533 % (= 0,6216) à l'état séché (Fig. 2, Tableau 1). Ainsi la durée de lessivage et la perte de poids évoluent dans le même sens.

Tableau. 1: Variation de la perte de poids chez le *Populus nigra* en fonction du type de traitement des feuilles mortes fraîches et séchées à 25°C.

Heures de lessivage	\overline{PR} (Feuilles fraîches)	\overline{PR} (Feuilles séchées)
1h	95,72% ($\delta=0,52$)	99,38 % ($\delta = 0,36$)
2h	93,12% ($\delta = 0,12$)	98,71 ($\delta = 0,11$)
4h	89,99% ($\delta = 0,02$)	95,50 % ($\delta = 0,69$)
8h	89,44% ($\delta = 1,05$)	94,99 % ($\delta = 0,94$)
24	83,93% ($\delta = 1,20$)	91,60 % ($\delta = 0,59$)
48h	78,25% ($\delta = 1,90$)	89,45 % ($\delta = 0,62$)

* \overline{PR} : poids résiduel moyen.

3.2. Evolution de la perte de poids en fonction de la durée du lessivage

Les données des courbes de tendances linéaires en fonction de la concentration initiale en feuilles et en aiguilles (Fig. 3), montrent que quelle que soit l'essence végétale examinée et le type de traitement utilisé (frais ou séché), on constate, généralement, plus la concentration augmente, plus la perte de poids diminue. Chez le Platane par exemple, les valeurs du coefficient (a) passent de 0,197/h à une concentration de 10 g/l à 0,2574/h à une concentration de 1g/l à l'état frais, et de 0,1645/h à 0,2193/h à l'état séché (Fig. 3). Nous supposons qu'avec une augmentation de la concentration des apports, l'eau devient saturée, ce qui diminue par la suite sa capacité de lessivage. Rappelons que dans le cas de cette étude, ce lessivage est purement physique étant donné que nous avons limité sa durée à 48 h, afin d'empêcher l'intervention de la dégradation microbienne et fongique. Ainsi, une eau saturée en composés organiques hydrosolubles (alcaloïdes, polyphénols, quinones, terpénoïdes, saponosides, etc.) ne peut plus continuer à lessiver d'avantage ces apports, mais ce problème ne se pose pas dans le milieu naturel surtout en amont des cours d'eau où l'eau est en perpétuel renouvellement.

3.3. Evolution de la perte de poids en fonction du type de traitement des feuilles et des aiguilles mortes

Si l'on compare le lessivage des apports feuillus sous leurs deux états, frais et séché, on constate que la quantité de substances hydrosolubles augmente chez les feuilles fraîches, et ceci quelle que soit l'essence végétale, et la concentration initiale prise en compte (Fig. 4). Chez *Salix babylonica* par exemple à une concentration de 10 g/l, la valeur de (a) passe de 0,3431/h à l'état frais, à 0,2908/h et à l'état séché (Fig. 3).

On remarque, qu'à 25°C les substances dissoutes sont donc extraites plus rapidement chez les feuilles fraîches. Ceci confirme les travaux, antérieures [18], notant pour sa part qu'à une température relativement élevée (25°C), les feuilles fraîches sont plus lessivées que les feuilles séchées. L'auteur note également chez le Saule, une perte de poids de 87,7% ; 89,60% et 82,4% à l'état frais, et de 86,6% ; 82,6% et 79,3% à l'état séché.

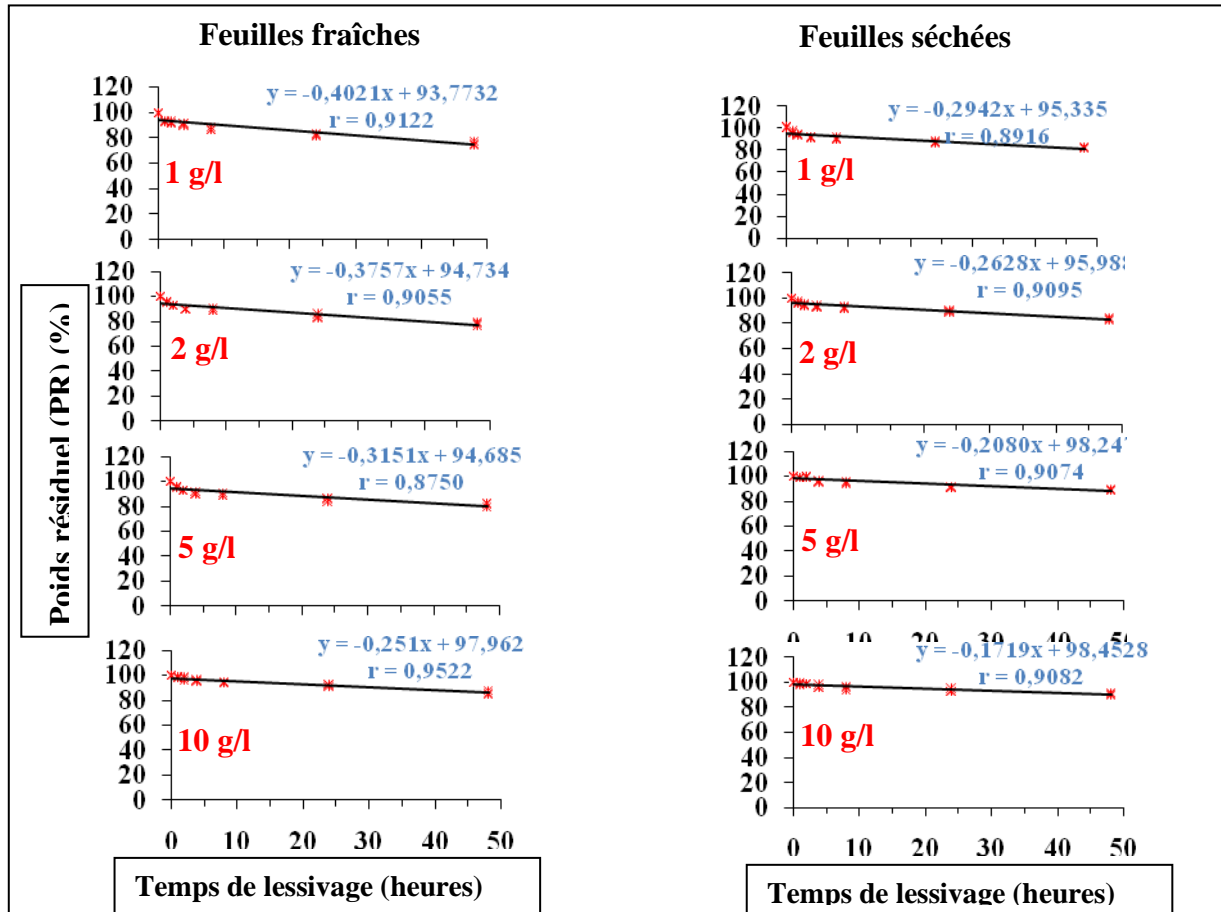


Figure. 2: Régression pondérale des feuilles mortes fraîches et séchées chez *Populus nigra*, à 25°C. *les trois répétitions sont faites sur des lots de feuilles différents.

3.4. Variation interspécifique du lessivage

Le lessivage le plus rapide a été signalé chez le Saule et l'Erable sous leurs deux états, frais et séché (Fig. 3). Les suspensions de 1 g/l, les valeurs de (a) sont de 0,566/h, 0,4147/h, 0,4021/h, 0,2574/h, et 0,1713/h respectivement chez le Saule, l'Erable, le Peuplier, le Platane et If à l'état frais, et de 0,4459/h, 0,3848/h, 0,2942/h, 0,2193/h et 0,1328/h à l'état séché (Fig. 3). Le Peuplier s'est montré par ailleurs moyennement lessivé sauf à faible concentration. A 10 g/l, la valeur de (a) passe de 0,251/h à 0,1719/h respectivement à l'état frais et à l'état séché (Fig. 3). Alors que pour une concentration de 1 g/l, le (a) passe de 0,4021/h à 0,2942/h respectivement à l'état frais et à l'état séché (Fig. 3). Les différences de lessivage entre les espèces, déjà mentionnées par d'autres auteurs [6, 15], peuvent en partie s'expliquer par la texture des apports feuillus. Les feuilles du Saule et de l'Erable, ayant une texture plus friable et tendre et une cuticule moins épaisse peuvent perdre plus facilement et plus rapidement leurs substances hydrosolubles. Ceci peut expliquer en partie la toxicité déjà signalée chez les feuilles de Saule. L'Erable est cependant moyennement toxique malgré son lessivage rapide [13]. Le Peuplier et le Platane se sont montrés, moyennement lessivés, probablement à cause de leur cuticule légèrement épaisse. L'If est finalement le moins lessivé à cause de la texture rigide de ses aiguilles imperméables, ralentissant ainsi le phénomène de lessivage. Les aiguilles des conifères sont connues par la lenteur de leur dégradation à cause de leur structure ligneuse [19]. Rappelons aussi que dans les résultats de l'impact désoxygénant, nous avons trouvé que le Peuplier était plus actif que l'Erable, malgré le lessivage rapide de ce dernier [13]. Le *Taxus* est finalement, faiblement lessivé à cause de la texture rigide de ces aiguilles imperméables ralentissant ainsi le processus d'hydrolyse.

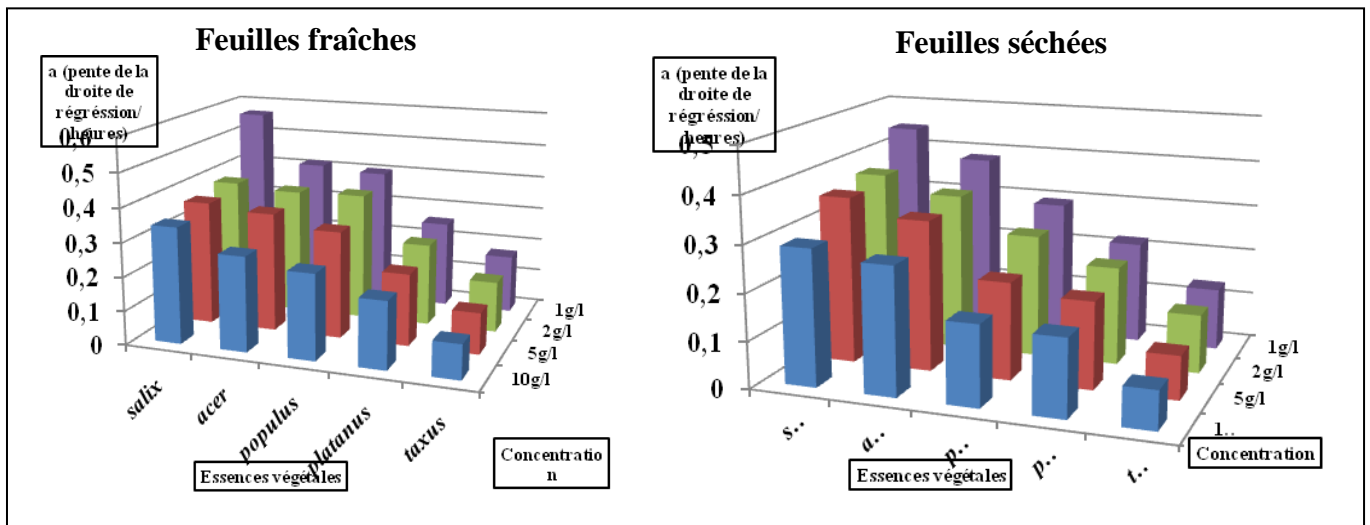


Figure 3: Variation de la vitesse de lessivage en fonction de la concentration initiale.
 *les trois répétitions sont faites sur des lots de feuilles différents.

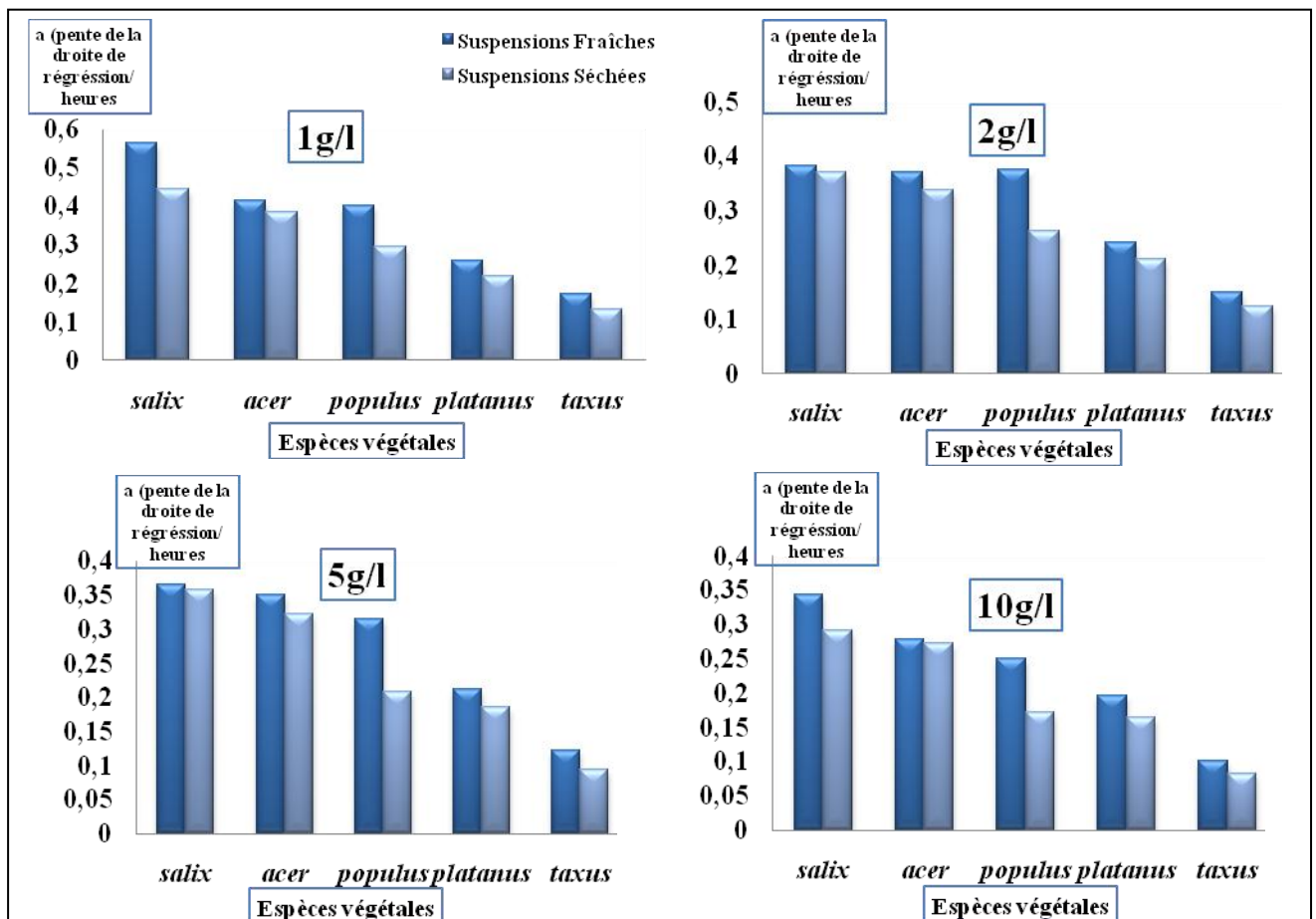


Figure 4 : Evaluation à 25°C, de la perte de poids en fonction du type de traitement des feuilles et des aiguilles fraîches et séchées

Les valeurs obtenues sont comparables en partie à ceux de [20] qui ont estimé l'action du lessivage journalier répété en milieu anaérobie (4 % pour l'Épicéa, 6 % pour l'Hêtre et 15 % pour l'Aulne). Dans ce cas aussi, le phénomène de lessivage est beaucoup plus lent et progressif pour l'Épicéa (aiguilles de conifère) que pour les autres espèces. [21, 22] donnent une valeur de 6 % au total pour l'Hêtre Américain, *Fagus grandifolia*. [23] donne pour sa part une valeur de 14 % pour un hêtre australien, *Nothofagus*, pendant 24 heures de lessivage,

alors que chez le Noyer d'Amérique, cette perte n'est que de 10 % en 6 jours. De leur côté, [15] ont trouvé une différence dans la quantité de substances lessivées pour les différentes textures étudiées. Le Pin, considéré comme une essence lente, perd 6 % en 7 jours, tandis que chez l'Aulne, cette perte de poids atteint 17,2 % en 24 heures.

En faisant une synthèse des résultats obtenus et cités dans la littérature on peut constater que du point de vue lessivage, il existe 3 catégories d'espèces :

- Rapides, où la quantité des substances lessivées est importante.
- Intermédiaires, dans lesquelles la quantité des substances lessivées est moyenne.
- Lentes, dans lesquelles la quantité des substances lessivées est faible.

Le Saule et l'Erable appartiendraient à la 1^{er} catégorie, le Peuplier et le Platane à la 2^{ème} catégorie et l'If à la 3^{ème} catégorie. Cette disparité semble être liée à la quantité des substances directement solubles, pouvant représenter dans notre cas, en moyenne jusqu'à 34,2 % du poids en 48 h de lessivage (chez *Salix* frais à une concentration de 1 g/l). En ce qui concerne le type de traitement on a noté qu'à 25°C, les feuilles fraîches sont plus lessivées que les feuilles séchées.

Conclusion

Les résultats du lessivage selon le modèle linéaire direct indiquent que les feuilles du Saule et de l'Erable présentent les valeurs les plus élevées du coefficient (a). En fait, cette perte de poids est manifestement liée à la structure et à la texture plus ou moins sclérifiée des feuilles et donc à la proportion relative du parenchyme et du squelette. Ces différences de la vitesse de lessivage entre les espèces déjà mentionnées dans la littérature peuvent s'expliquer en partie par la texture de la feuille. Par ailleurs les feuilles mortes du Peuplier et du Platane (fraîches et séchées), se sont montrées moyennement lessivées. Les feuilles de ces derniers possèdent une épaisse cuticule retardant ainsi les pertes des éléments solubles. L'If est finalement faiblement lessivé, à cause de la texture coriace de ses aiguilles qui freinent la perte de poids. Or cette espèce s'est montré considérablement toxique, constituant ainsi avec le Peuplier et le Saule, les espèces les plus actives et les plus redoutables sur la qualité de l'eau de la station Vittel.

Références

1. Sedell, J. R., Luchessa K. J. In, Armantrout, N. B., (ed) *proc. of a symp.* MD (1982) 28-30.
2. Triska, F. J., Sedell, J. R., Gregory, S. V, In R. L. Edmonds., *Synthesis series.* 14 (1982) 293-332.
3. Cummins, K. W., Sedell, J. R., Swanson F. J., Minshall, G. W., Fisher, S. G., Cushing, C. E., Petersen, R. C Vannote, R.L. In Barnes, J. R., Minshall, G.N., *Plenum. N. Y.* (1983) 399.
4. Sedell, J., Forggatt, J. L., *Verh. Internat. Limnol.* 22 (1984) 1828-1834.
5. Chergui, N., *Conférence internationale sur les Ecoton*, Sopron, Hongrie. (1988).
6. Chergui, H., Pattée, R., *Archiv. Hydrobiol.* 1 (1988) 15-25.
7. Chergui, H., Pattée, E., *Acta Oecologica.* 12(4) (1991) 543-560.
8. Trémolières, M., *Thèse d'état, Es-Sci. Univ. Louis Pasteur*, Strasgourg. (1983) 150.
9. Trémolières, M., Bieth, J. G. , *Phytochemistry.* 23(3) (1984) 501-505.
10. Trémolières, M., Carbiener, R., *Rev. Ecol. (Terre Vie).* 40 (1985) 435-449.
11. Trémolières, M., *Water. Res.* 22(1) (1988) 21-28.
12. Haddy, L., *Thèse de 3^{ème} cycle, Fac. Sci. Oujda.* (1993) 83.
13. Benziane, Z. O., *Thèse de Doct National Es Sci. Fac. Sci. DEM Fès Maroc* (2000) 201.
14. J. Martin, Edit du service géologique du Maroc Rabat. (1981) 445.
15. Pattée, E., Bornard, C., Mourelatos, S., *Rev. Fr. Sci. Eau.* 5 (1986) 45-75.
16. Webster, J., Benfield, E. F., *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17 (1986) 567-594.
17. Chergui, H., Pattée, E., *Archiv. Hydrobiol.* 120 (1990) 1-12.
18. Laabidi, K., *Thèse de 3^{ème} cycle. Fac. Sci. Oujda.* (1993) 96.
19. Bärlocher, F., Schweizer, M., *Oikos.* 41 (1983) 205-210.
20. Nykvist, N., *Studia Forestalia Suecica.* 3 (1963) 1-31.
21. Kaushik, N. K., Hynes, H. B. N., *Arch. Hydrobiol.* 68 (1971) 465-515.
22. Sanders G. W., In Le Cren, M. C., Connel, R. M. L., *The functioning of freshwater ecosystem*, IBP 22. Cambridge. (1980) 588.
23. Winterbourn, M. J., *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20 (1978) 1557-1561.
24. Petresen, R.C., Cummins, K. W., *Freshwat. Biol.* 4 (1974) 343-368.