

Modèle FIDES

Fiche de présentation

FIDES en quelques mots

Le modèle FIDES (Flux Interpretation by Dispersion and Exchange over the Short-range) est un modèle couplé de dispersion et d'échange de composés gazeux et de particules. FIDES est utilisé pour estimer le dépôt des pesticides et d'ammoniac à proximité des bâtiments d'élevage et des parcelles agricoles traitées. FIDES constitue la composante atmosphérique du modèle Nitroscape. FIDES est constitué d'un modèle de dispersion de type Gaussien et d'un modèle d'échange bidirectionnel de type résistif. Le modèle existe en mode direct ou inverse.

Mots clés : dispersion en champ proche, dépôt, modèle résistif, ammoniac, pesticides, particules

Laboratoires de développement : UMR EGC « Environnement et Grandes Cultures » - INRA / AgroParisTech

Site internet : www6.versailles-grignon.inra.fr/egc/Productions/Logiciels-Modeles/FIDES

Contacts : Benjamin Loubet (loubet@grignon.inra.fr)

Description détaillée

Domaine d'application

Le modèle FIDES est un modèle de dispersion et d'échange de polluants gazeux et de particules. Il est utilisé pour estimer le dépôt de polluants à proximité de sources (< 5 km). Il a été développé pour étudier le dépôt d'ammoniac (Loubet et al., 2001) et a été appliqué aux pesticides gazeux (Bedos et al., 2013) et aux particules (Petit et al., 2013). Le modèle FIDES constitue le module de transfert atmosphérique du modèle NitroScape. FIDES est également utilisé en mode inverse pour estimer des sources à partir des concentrations (Carozzi et al., 2013a ; Loubet et al., 2012 ; Loubet et al., 2010 ; Loubet et al., 2011).

Principe

Le modèle de dispersion est basé sur une solution « analytique » de l'équation d'advection diffusion. Cette solution est obtenue en supposant que les profils de vent et de diffusivité sont des lois de puissance de la hauteur z du type αz^b . Le modèle fait l'hypothèse d'une surface homogène : la rugosité z_0 , la hauteur de déplacement d , la vitesse de frottement u_* , et la longueur d'Obukhov L sont homogènes dans le domaine étudié. Le modèle est implémenté en deux et en trois dimensions (panache gaussien horizontal).

Le modèle de dispersion est couplé à un modèle d'échange de gaz traces à une couche incluant un point de compensation (possibilité d'émission par le sol ou la plante) et une résistance cuticulaire (dépôt sur l'extérieur des feuilles). Le module de dépôt sec inclut également une paramétrisation du dépôt sur l'eau inspiré de Liss and Slater, 1974 qui tient compte de la constante de Henry du composé. Le couplage est grâce au principe de superposition des sources décrit dans Loubet, 2000. Ce principe stipule que la concentration en un point du domaine (C_i) est égale à la somme des contributions des sources et puits (S_j) pondérées par le coefficient de transfert entre la source et la cible (D_{ij}). Sur la base de ce principe, les termes de dépôts et d'émissions du modèle d'échange sont découplés. L'équation de couplage est de la forme suivante :

$$C_i = C_i^{ref} + \sum_{j=1}^N D_{ij} \left(-\frac{C_j}{r_j^{dep}} \right) \quad i=1..N \quad (1)$$

Où r_j^{dep} est la résistance au dépôt du composé et C_i^{ref} est la concentration issue de l'ensemble des sources du domaine. Le système d'équation linéaire (1) est réalisé par des méthodes standards.

Un module de dépôt d'aérosols a été implémenté sur la base de modules standards (Seinfeld and Pandis, 1998), mais en incluant une diminution de

la diffusivité verticale liée aux effet inertiels explicité dans Bouvet and Wilson, 2006.

Le modèle est également implémenté en mode inverse pour estimer les sources à partir de concentrations mesurées (Bedos et al., 2003 ; Carozzi et al., 2013b ; Loubet et al., 2010). Un développement récent permet d'estimer simultanément les émissions d'ammoniac depuis plusieurs parcelles adjacentes de petites tailles avec des analyseurs intégratifs (Loubet et al.,

2012 ; Loubet et al., 2011).

Limites

- ↪ Les réactions chimiques dans l'atmosphère ne sont pas prises en compte.
- ↪ La surface est supposée dynamiquement homogène.
- ↪ Il n'y a pas de sédimentation du panache pour les particules.

Initialisation, paramètres ajustables, variables d'entrée / forçages

Forçage / Paramètre	Description	Valeur « standard »	min	max
<i>Forçage</i>				
u_* ^(a)	Vitesse de frottement	0.3 m s ⁻¹	0.1	1.5
z_0 ^(a)	Longueur de rugosité	10 mm (sol nu)	10	1000 (forêt)
d ^(a)	Hauteur de déplacement	0 (pas de couvert)	0	10 (forêt)
L ^(a)	Longueur d'Obukhov	-10 ⁵ (neutre)	+10 (stable)	-10 (instable)
<i>Paramètres</i>				
$R_s(\text{gaz})$ ^(b)	Résistance stomatique	60 s m ⁻¹ (blé)	0	Inf
$R_w(\text{gaz})$ ^(b)	Résistance cuticulaire	Inf (sec)	0 (humide)	Inf
d_p ^(c)	Diamètre des particules	Dépend de la source	0.01 µm	20 µm
C_{bgd} ^(d)	Concentration de fond	0	-	-
L_{source} ^(e)	Taille de la zone émettrice	100 m	0.1	5000

(a) Les caractéristiques de surface sont homogènes sur l'ensemble du domaine.

(b) La résistance stomatique est en parallèle de la résistance cuticulaire. Il n'y a pas de dépôt au sol dans le modèle actuel. En fixant R_w à une valeur infinie, et en fixant $R_s = R_c$ on a le modèle de vitesse de dépôt. $V_d(z) = 1 / (R_a(z) + R_b + R_c)$.

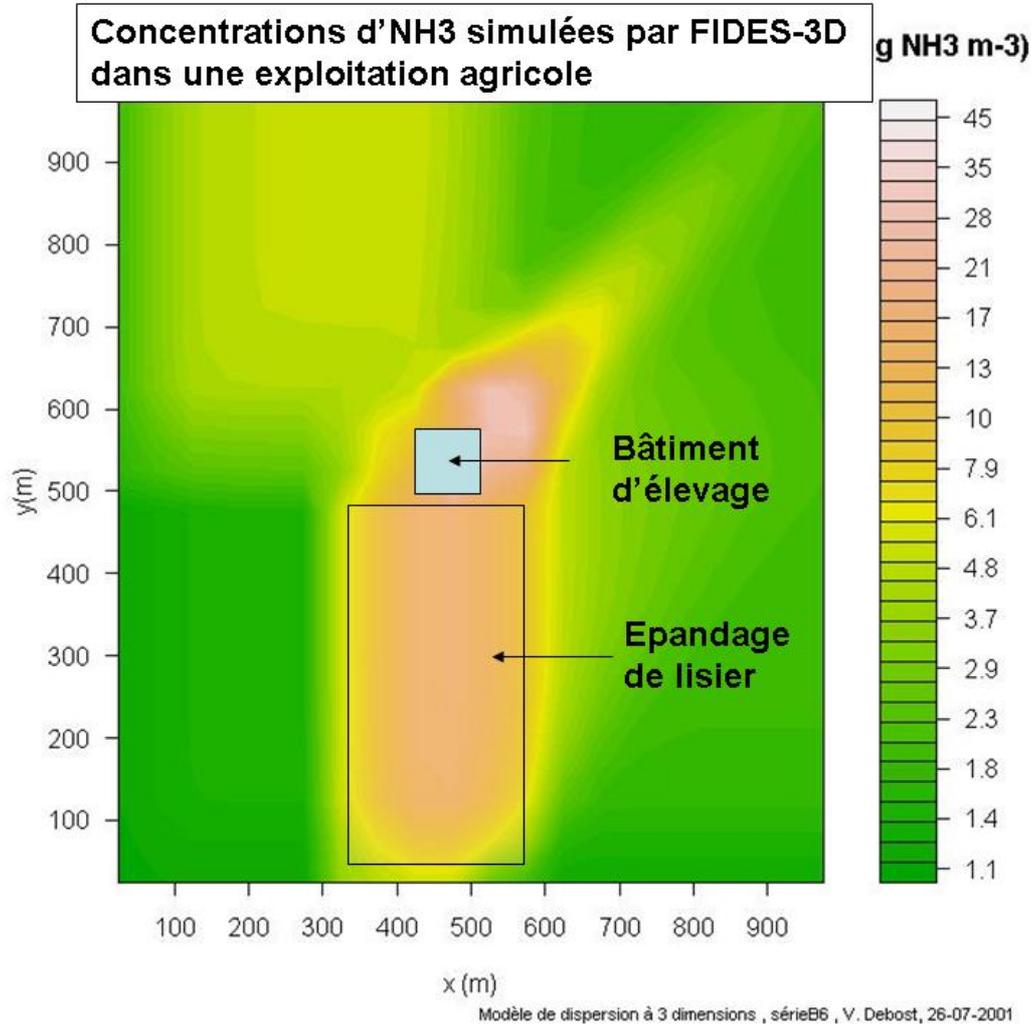
(c) Le diamètre de la particule est unique pour un « run » donné. La vitesse de dépôt correspondante est définie par $V_d = 1 / (R_a + R_b + R_a R_b V_s) + V_s$, où V_s est la vitesse de sédimentation, et R_b est paramétré d'après Seinfeld et Pandis (1998) en fonction du nombre de Schmidt et de Stokes et du nombre de Cuningam. Par ailleurs la diffusivité de la particule est modifiée pour tenir compte des effets d'inertie pour les grosses particules d'après Bouvet et al. (2006).

(d) La concentration de fond est ajoutée à la concentration issue des sources dans tout le domaine.

(e) La longueur de la source est celle dans la direction du vent.

Variables de sortie principales

Paramètre	Description
$C(x,z)$	Concentration dans tout le domaine à une hauteur donnée et à la surface
$Fz(x,z)$	Flux vertical spatialisé



Caractéristiques techniques

- Logiciel pré-requis : Excel, R, Matlab ou C++ (Visual C++ ou g++)
- Langage informatique : Visual basic, R, Matlab ou C++
- Système d'exploitation : Windows ou Linux
- Nombre de lignes de codes : environ 1000 lignes
- Présence d'un guide d'utilisation : succinct

Utilisateurs

Dept. of Soil and Crop Sciences Colorado State University Fort Collins

Arvalis Institut du végétal

Couplage

Le modèle est couplé à Surfatm (Erwan Personne, erwan@bcgn.grignon.inra.fr)

Le modèle est intégré à NitroScape (Jean-Louis Drouet, drouet@bcgn.grignon.inra.fr)

Publications - Références

- Bedos, C., Gabrielle, B., Rousseau-Djabri, M.F., Flura, D., Barriuso, E. and Cellier, P., 2003. Pesticide volatilization fluxes in relation to the behaviour of the compound in the soil: the atmospheric part, Pesticide in air, plant, soil & water system. Proceedings of the XII Symposium Pesticide Chemistry, Piacenza, Italy, 4-6 June 2003. La Goliardica Pavese s.r.l., Pavia Italy.
- Bedos, C., Loubet, B. and Barriuso, E., 2013. Gaseous Deposition Contributes to the Contamination of Surface Waters by Pesticides Close to Treated Fields. A Process-Based Model Study. Environmental Science & Technology, 47(24): 14250-14257.
- Bouvet, T. and Wilson, J.D., 2006. An approximate analytical solution for the deposition of heavy particles released from an elevated line source. Boundary Layer Meteorol., 119(1): 1-18.
- Carozzi, M., Ferrara, R.M., Rana, G. and Acutis, M., 2013a. Evaluation of mitigation strategies to reduce ammonia losses from slurry fertilisation on arable lands. Science of the Total Environment, 449: 126-133.

Publications - Références (suite)

- Carozzi, M., Loubet, B., Acutis, M., Rana, G. and Ferrara, R.M., 2013b. Inverse dispersion modelling highlights the efficiency of slurry injection to reduce ammonia losses by agriculture in the Po Valley (Italy). *Agric. For. Meteorol.*, 171-172(0): 306-318.
- Liss, P.S. and Slater, P.G., 1974. Flux of gases across the air-sea interface. *Nature*, 247: 181-184.
- Loubet, B., 2000. Modélisation du dépôt sec d'ammoniac atmosphérique à proximité des sources. Thèse de doctorat Thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse.
(http://tel.ccsd.cnrs.fr/documents/archives0/00/00/32/50/index_fr.html), 330 pp.
- Loubet, B., Générmont, S., Cohan, J.P., Charpiot, A., Morvan, T., Trochard, R., Eveillard, P., Champolivier, L., De Chezelles, E. and Espagnol, S., 2012. A new method for estimating ammonia volatilization from slurry in small fields using diffusion samplers, International Symposium on Emissions of Gas and Dust from Livestock (EMILI 2012), Saint-Malo, France, pp. 4.
- Loubet, B., Générmont, S., Ferrara, R., Bedos, C., Decuq, C., Personne, E., Fanucci, O., Durand, B., Rana, G. and Cellier, P., 2010. An inverse model to estimate ammonia emissions from fields. *European Journal of Soil Science*, 61: 793-805.
- Loubet, B., Générmont, S., Personne, E. and Massad, R.S., 2011. Can we estimate ammonia emissions by inverse modelling with time averaged concentrations? , *Nitrogen and Global Change*, Edinburgh, pp. 2.
- Loubet, B., Milford, C., Sutton, M.A. and Cellier, P., 2001. Investigation of the interaction between sources and sinks of atmospheric ammonia in an upland landscape using a simplified dispersion-exchange model. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 106(D20): 24183-24195.
- Petit, C., Loubet, B., Rémy, E., Aubry, C., Duguay, F., Missonnier, J., Cellier, P., Feiz, A.A., Blondeau, C., Maclair, C. and Durand, B., 2013. Dépôt de polluants sur les espaces agricoles à proximité des voies de transport en Île-de-France VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 15 | février 2013.
- Seinfeld, J.H. and Pandis, S.N., 1998. Atmospheric chemistry and physics. From air pollution to climate change. Wiley-Interscience, 1326 pp.