

Les méthodes d'estimation de l'alimentation en azote de la vigne et des raisins : état de l'art

Cornelis (Kees) van Leeuwen et Philippe Friant

ENITA de Bordeaux, UMR EGFV, ISVV

Besoins de la vigne

- Absorption : de 20 à 70 kg N / ha / an
- Exportations : environ 10 kg N/ ha / an
- Lixiviation?

Fourniture d'azote par le sol

- NO_3^- et NH_4^+ peu retenus sur complexe adsorbant
- Une grande quantité d'azote est stockée dans la Matière Organique du sol :

Horizon avec Matière Organique	40 cm
Densité apparente	1,5
Poids terre / ha	6000 tonnes
% Matière Organique	1%
Quantité Matière Organique	60 tonnes
Quantité de carbone	35 tonnes
C/N	10
Quantité d'azote total	3,5 tonnes

- Cet azote n'est pas directement utilisable

Minéralisation de la matière organique

- La matière organique est minéralisée par la microflore du sol
- La vitesse de minéralisation dépend de nombreux facteurs (1 à 2% / an) :
 - C/N
 - Température du sol
 - Aération du sol
 - pH
 - Teneur en eau
 - Abondance de la microflore
 - Présence de calcaire actif
- Elle est en moyenne de 1,5% par an, soit une libération de 50 kg N / ha / an

Quantité d'azote total	3,5 tonnes
k2	1,5%
Azote minéral libéré par an	50 kg

Azote et effet terroir

- L'alimentation en azote de la vigne varie avec le type de sol
- L'azote joue donc un rôle important dans l'effet terroir
- Ce rôle est souvent méconnu

Effet d'azote sur le potentiel qualitatif des vins rouges

- Une forte alimentation en azote de la vigne:
 - augmente la vigueur de la vigne
 - augmente la sensibilité des raisins à *Botrytis cinerea*
 - diminue la teneur en composés phénoliques des raisins
- Une alimentation en azote modérée est favorable au potentiel œnologique des raisins, notamment lorsque l'alimentation en eau n'est pas limitante

Cabernet-Sauvignon, Saint-Julien, 1997	4H	3A	5P
Azote assimilable (mg/L)	95	154	218
Potentiel foliaire de base minimum de la saison (Mpa)	-0,23 a	-0,20 ac	-0,16 c
Poids des bois de taille (kg par cep)	0,19 a	0,31 b	0,43 c
Rendement (kg par cep)	0,77 a	1,09 b	1,10 b
Poids d'une baie (g)	1,10	1,34	1,46
Teneur en sucres réducteurs (g/L)	214	198	185
Acidité totale (meq/L)	72	84	85
Teneur en acide malique (meq/L)	25	27	31
Teneur en anthocyanes des baies (mg/L)	1231	823	748
Dégustation (classement)	1 a	2 a	3 b

Choné *et al.*, 2001

Effet d'azote sur le potentiel qualitatif du Sauvignon blanc

- Essai de fertilisation d'une vigne carencée
- Si on enlève la carence, le vin est plus aromatique

	0 N (carence)	60 N (fertilisation)
P-4MMP (ng eq/L)	405 (a)	715 (b)
P-4MMPOH (ng eq/L)	760 (a)	2059 (b)
P-3MH (ng eq/L)	3358 (a)	14812 (b)
Indice de polyphénols totaux	0,28 (a)	0,21 (b)
Glutathion	18 (a)	120 (b)

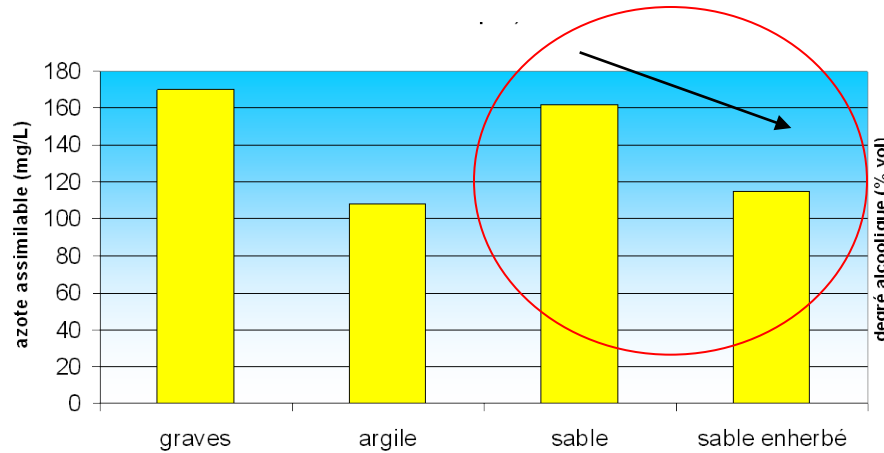
Choné *et al.*, 2006

Leviers pour modifier l'alimentation en azote

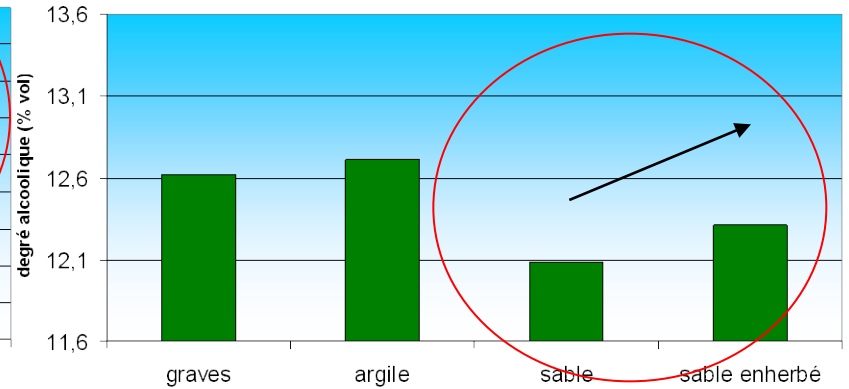
- Fertilisation
 - Organique
 - Minérale
 - Au sol
 - Foliaire
- Enherbement

Effet de l'enherbement (St Emilion)

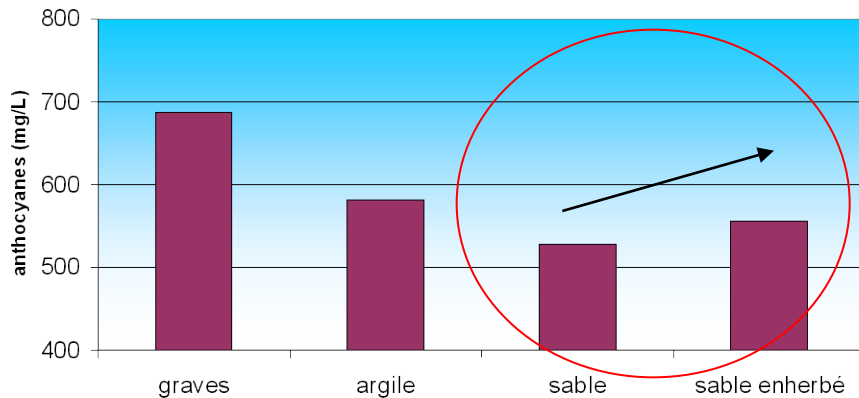
azote assimilable (Merlot 2007)



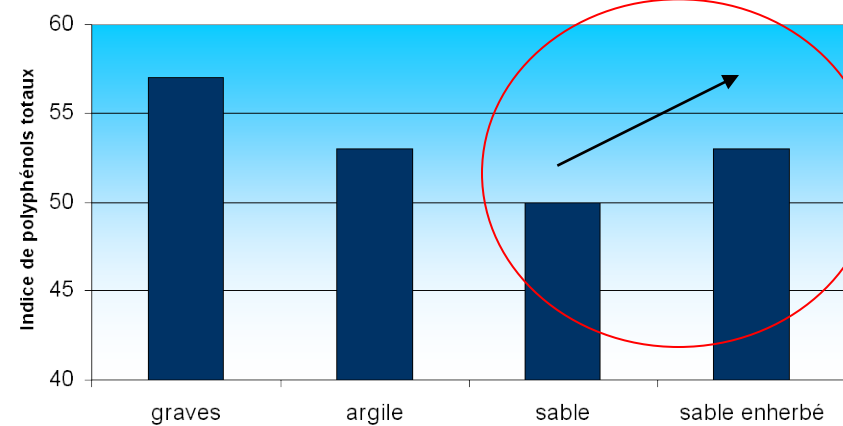
Degré alcoolique (Merlot 2007 après fermentation malo-lactique)



Teneur en anthocyanes (Merlot 2007 après fermentation malo-lactique)



IPT (Merlot 2007 après fermentation malo-lactique)



Outils de diagnostic de l'alimentation en azote de la vigne

Analyses de sols
Analyses du végétal
Proxy détection

Analyses de sol

- La teneur en azote minéral varie tout au long de la saison
- L'azote total ne renseigne pas sur l'azote disponible

Exemple sur trois sols (St Emilion) :

- sol graveleux forte alimentation en azote
- sol sableux alimentation en azote moyenne
- sol argileux alimentation en azote faible

Sol graveleux

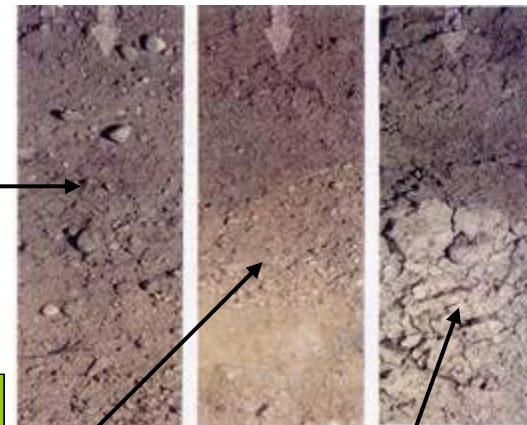
Profondeur (cm)	0-20	20-55	55-95	Total:
Eléments grossiers (%)	50%	46%	65%	
poids terre fine/ha (t)	1500	2835	2100	6435
Matière Organique (%)	1,92%	1,24%	0,66%	
Azote total (%)	0,093%	0,074%	0,033%	
Azote total (kg)	1395	2098	693	4186

Sol sableux

Profondeur (cm)	0-45	Total:
Eléments grossiers (%)	0%	
poids terre fine/ha (t)	6750	6750
Matière Organique (%)	0,91%	
Azote total (%)	0,050%	
Azote total (kg)	3375	3375

Sol argileux

Profondeur (cm)	0-20	20-30	30-60	Total:
Eléments grossiers (%)	4%	40%	0%	
poids terre fine/ha (t)	2880	600	4500	7980
Matière Organique (%)	2,13%	0,76%	0,42%	
Azote total (%)	0,095%	0,048%	0,021%	
Azote total (kg)	2736	288	945	3969



Seule la prise en compte de la microbiologie de sol permet de comprendre la distorsion apparente entre analyse de sol et statut azotée de la vigne

Indicateurs de la vie microbiologique du sol

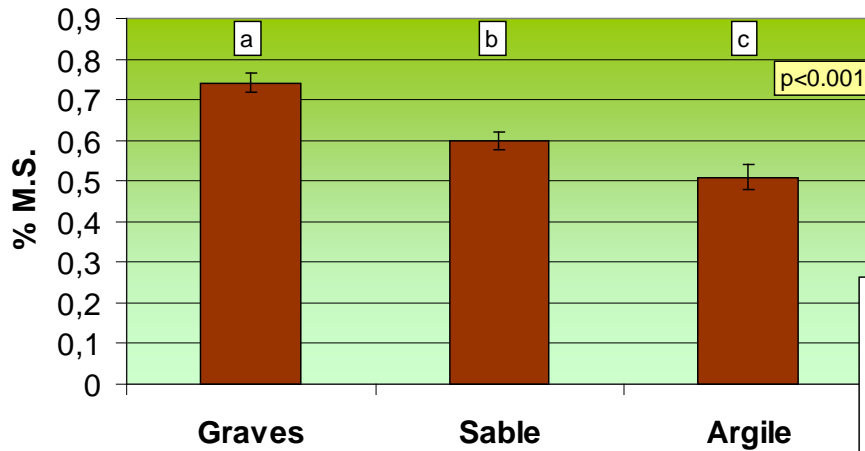
	Sol graveleux	Sol sableux	Sol argileux
Biomasse microbienne (mgC/kg de terre)	117	95	71
Indice d'Activité Microbienne (IAM)	0,050	0,045	0,026
N minéralisé en 28j au laboratoire (mg/kg)	14,8	12,6	7,4

Analyse d'organes de la vigne

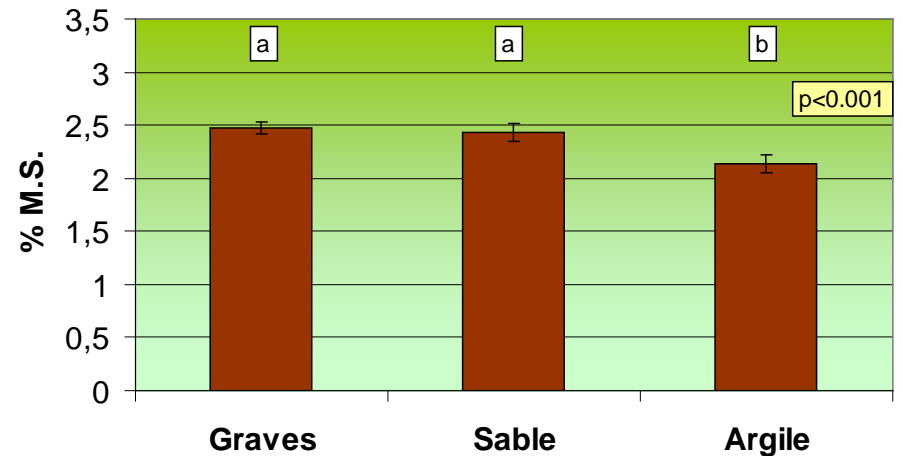
- La teneur en azote de différents organes de la vigne renseigne sur son statut azoté :
 - Pétioles
 - Limbe
 - Moût

Pétiole et limbe

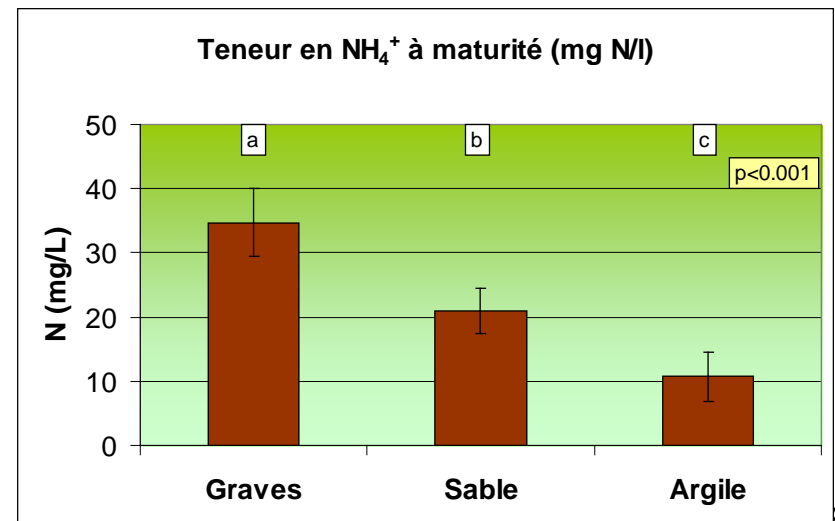
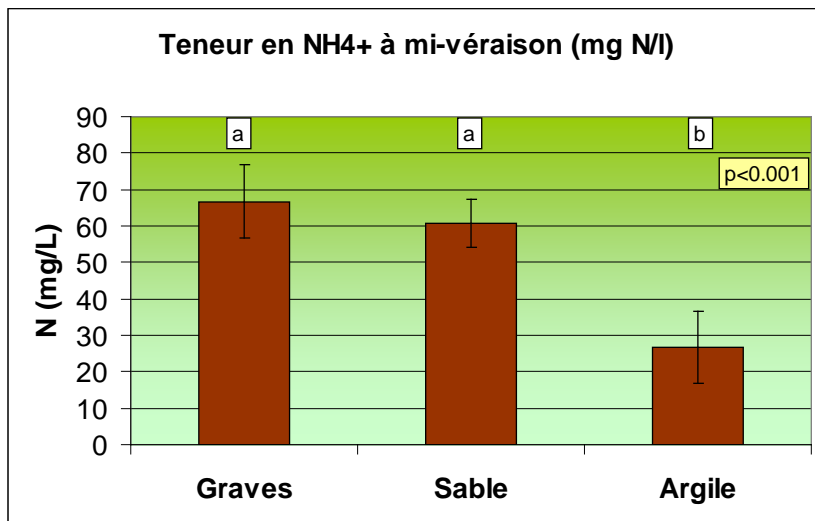
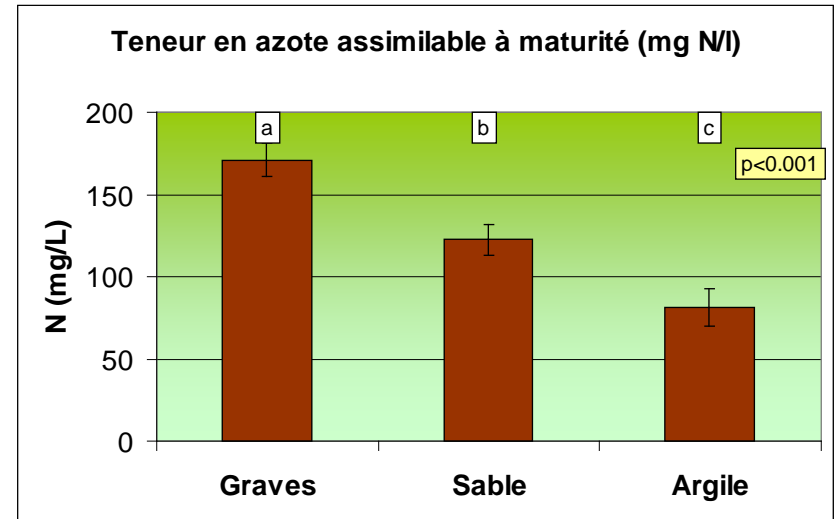
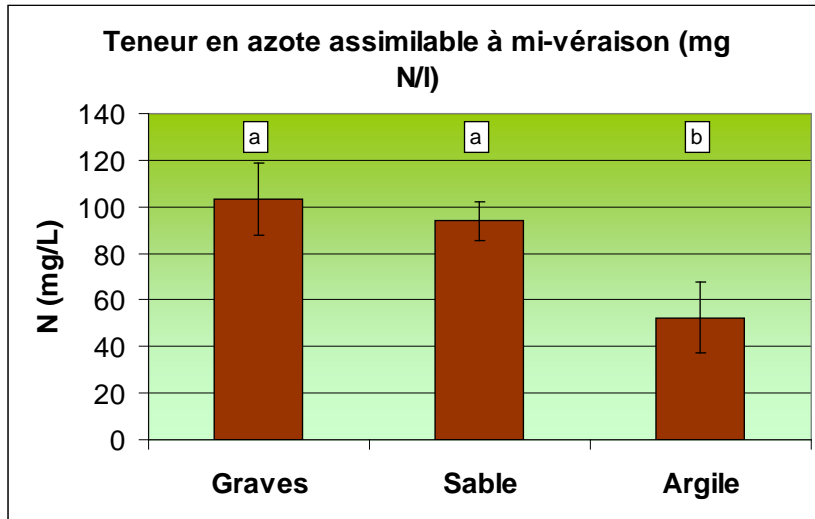
Teneur en azote du pétiole (% Matière Sèche)



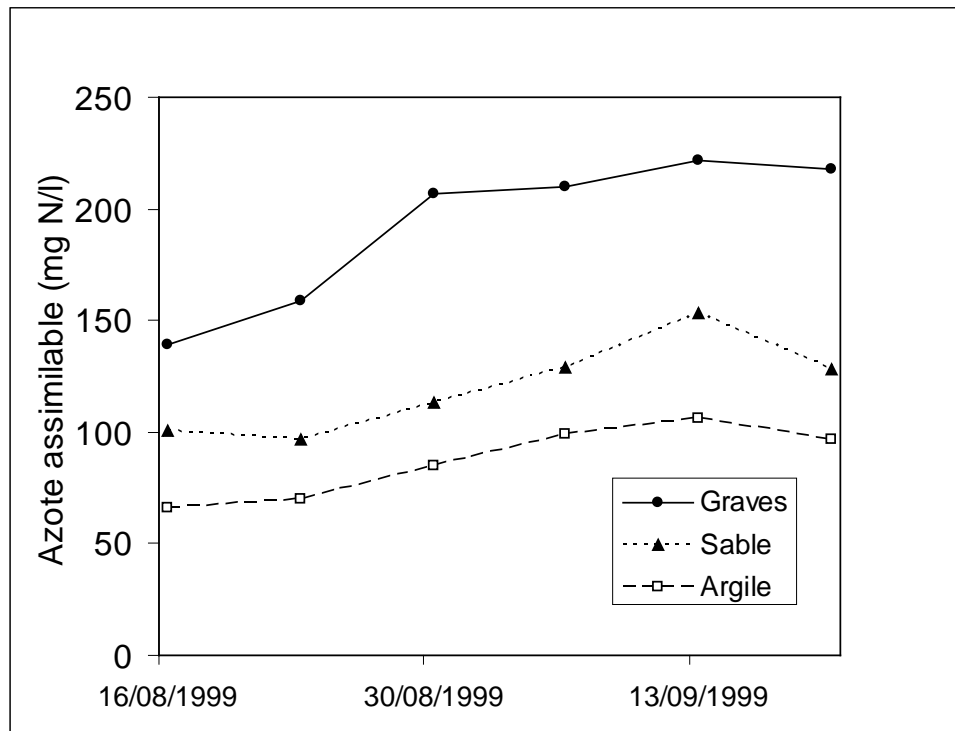
Teneur en azote du limbe (% Matière Sèche)



Azote assimilable et NH_4^+ du moût



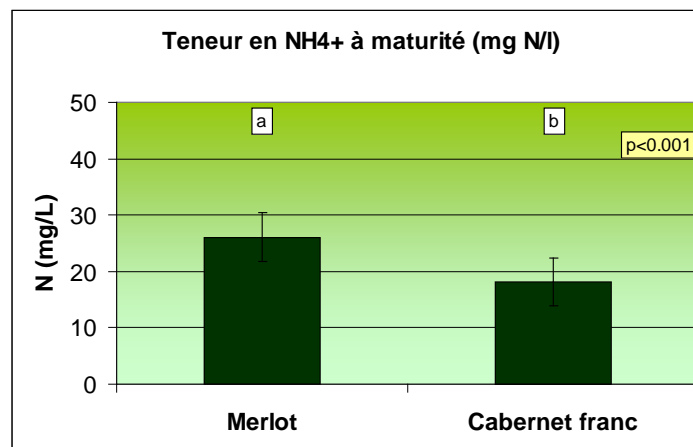
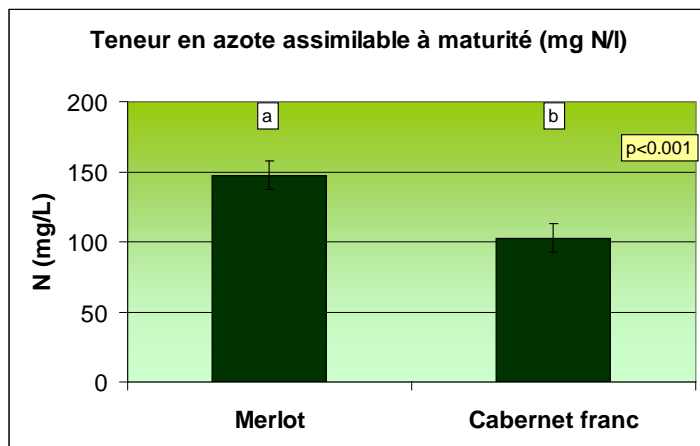
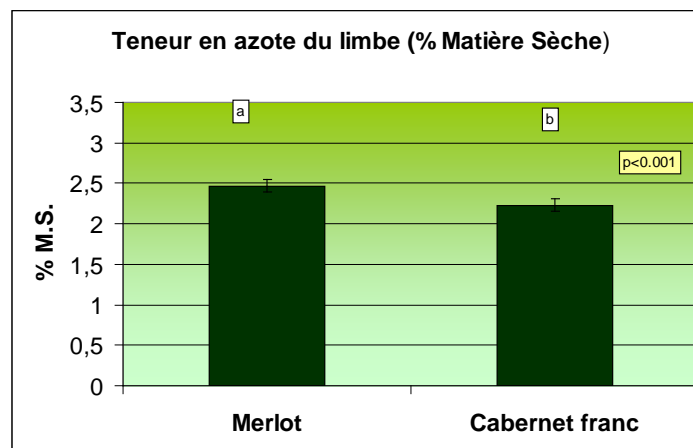
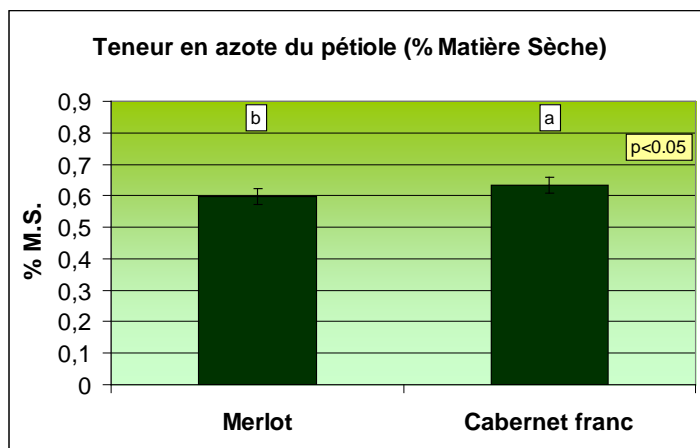
Les teneurs en azote des organes de vigne varient au cours de la saison



- Pétiole et limbe : mi-véraison
- Azote du moût : maturité

Normes d'interprétation (1)

- Difficiles à établir à cause d'un effet cépage (et porte-greffe?)



Normes d'interprétation : seulement à titre indicatif

	statut azoté de la vigne				
	très faible	faible	moyen	fort	très fort
Azote total pétiole mi-véraison (% MS)		<0,6	0,6-0,8	>0,8	
Azote total limbe mi-véraison (% MS)		<1,8	1,8-2,4	>2,4	
Azote assimilable du moût à maturité (mg N/L)	<50	50-120	120-160	160-200	>200
Indice N-tester mi-véraison	<400	400-450	450-500	500-550	>550

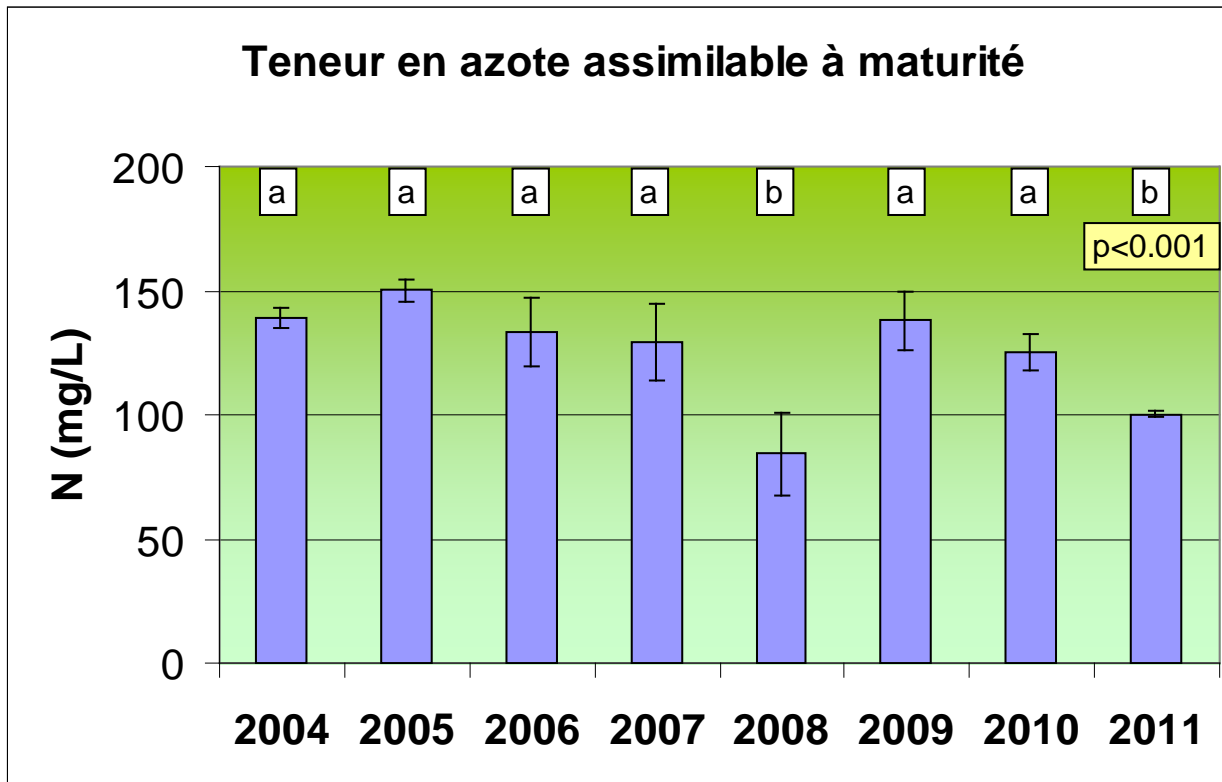
Attention: l'azote assimilable du moût est un indicateur à double fin

- L'azote assimilable est un indicateur du statut azoté de la vigne ET de la fermentiscibilité du moût
- Seuil de bonne fermentiscibilité: > 150 mg N/L
- Une teneur < 150 mg N/L n'indique pas forcément un problème viticole pour la production de vin rouge (si vigueur et rendement satisfaisants)
- Si c'est le cas, il faut ajuster l'azote dans le moût dans la cuve et **NON PAS AU VIGNOBLE**

Effet millésime

- Le statut azoté de la vigne varie avec le millésime
- En lien avec les conditions de minéralisation de la matière organique du sol au printemps
- -> L'azote intervient dans « l'effet millésime »

Exemple de l'effet millésime (Saint-Emilion)



Analyse de variance
3 facteurs :

- Effet sol :
45% de la variance

- Effet cépage :
17% de la variance

- Effet millésime:
14% de la variance

Mesures optiques et proxid t ction

- N-tester
- Green-seeker
- Multiplex



Photo: JP Goutouly

N-tester

		N- Tester		teneur en azote du moût (14/9/99)			analyse pétiolaire (véraison) N total %
		30/07/1999	17/09/1999	N total (mg N /l)	N assimilable (mg N /l)	N NH4+ (mg NH3 /l)	
0 kg N/ha	moyenne (n=5)	503	494	436	194	33	0,52
	écart type	32,7	39,2	18,09	9,13	4,18	0,08
45 kg N/ha	moyenne (n=5)	577	577	527	230	47	0,66
	écart type	23,7	31,0	20,95	9,83	2,77	0,08
test de Student :							
différence significative à α		0,01	0,01	0,0001	0,001	0,001	0,05

- Mesure l'intensité de la coloration verte de la feuille
- Très sensible à la teneur en chlorophylle, elle-même corrélée au statut azotée de la vigne
- Non destructif
- Réponse immédiate
- Interférence d'autres facteurs qui modifient la couleur de la feuille (cépage, court noué, chlorose...)

Greenseeker



Photo: JP Goutouly

- Mesure la teneur en chlorophylle et le remplissage du plan de palissage (porosité)
- Cartographie possible

Multiplex



- Différents indices liés au statut azoté de la vigne
- Cartographie possible
- Plus cher que le greenseeker

Observations au vignoble

- Un feuillage pâle, associé à une vigueur faible et un rendement faible indiquent une faible alimentation en azote de la vigne
- Un feuillage vert foncé, associé à un rendement excessif et une forte sensibilité à *Botrytis cinerea* indiquent une alimentation en azote excessive



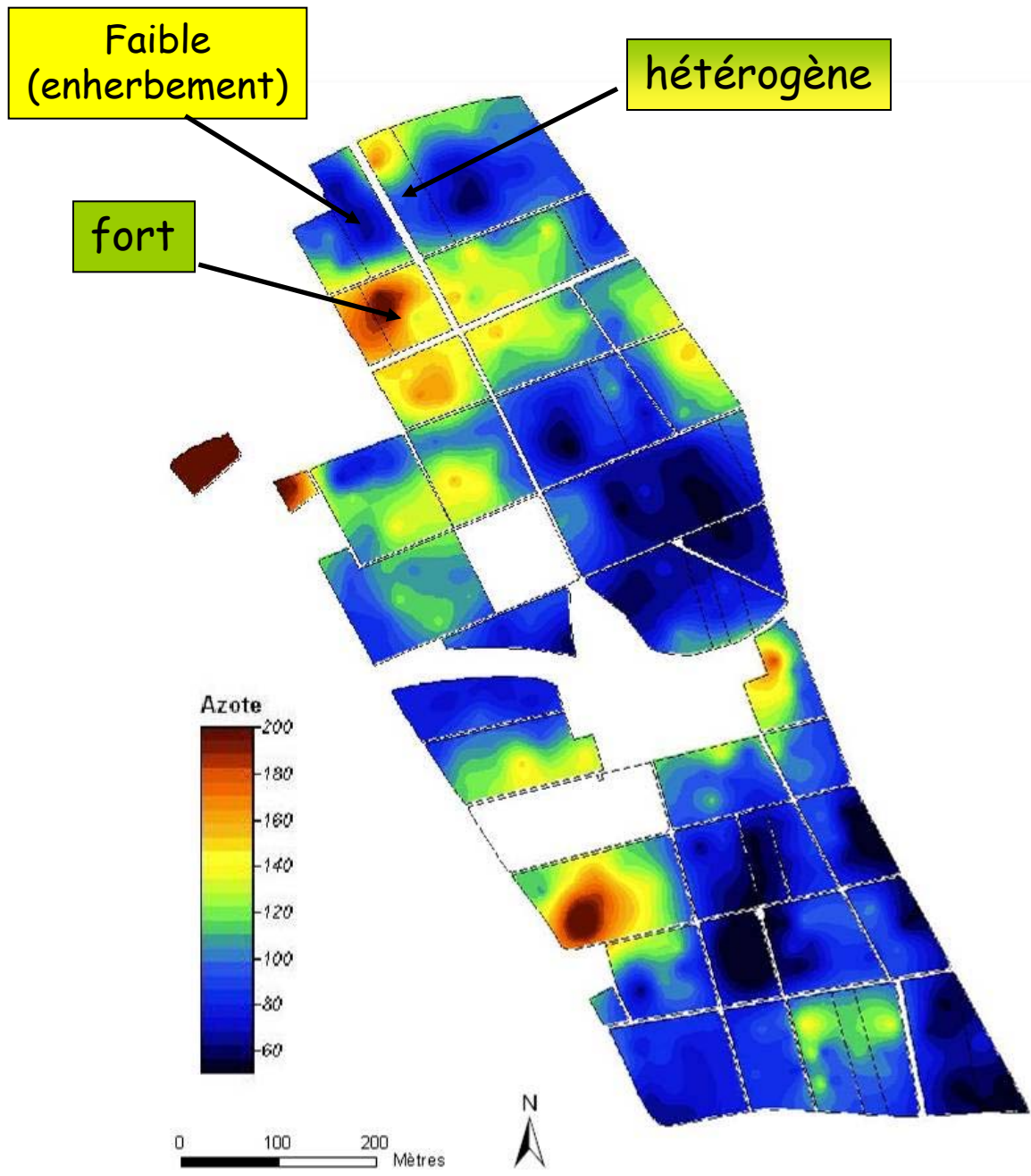
Photo: Nils van Leeuwen

Les mouvements de terrain avant plantation, une cause classique d'hétérogénéité du statut azotée intra-parcellaire



Spatialisation

- Le statut azoté de la vigne varie dans l'espace
- Entre parcelles
- A l'intérieur de parcelles
- Important facteur de l'hétérogénéité à l'intérieur de parcelles
- Connaissance précise nécessaire pour une gestion fine



Exemple de la variabilité spatiale du statut azoté de la vigne sur 37 ha

Mise en évidence avec la teneur en azote assimilable du moût (10 analyses / ha)

Conclusions

- Le statut azote de la vigne a un fort impact sur son comportement (vigueur, qualité, typicité)
- Il varie avec le sol et le millésime -> effet terroir
- Possibilité de le modifier (fertilisation / enherbement)
- Nombreux indicateurs fonctionnent
 - Azote du pétiole et du limbe
 - Azote du moût
 - Mesures optiques
- Quelques difficultés pour établir des normes
- Intérêt de croiser les indicateurs
- Enjeu de la spatialisation (viticulture de précision)